

**Sanguis Jovis
I Quaderni**

**I Terroir del Sangiovese in Toscana
*Conoscenza, Storytelling, Mercato***

a cura di
Roberto Miravalle



**fondazione
banfi**

Sanguis Jovis
I Quaderni

© 2021

Sanguis Jovis

I Quaderni

Numero 4

I Terroir del Sangiovese in Toscana

Conoscenza, Storytelling, Mercato

a cura di Roberto Miravalle

© 2021 **Fondazione Banfi**

Castello di Poggio Alle Mura

53024 Montalcino – Siena Italy

Presidente Fondazione Banfi

Rodolfo Maralli

Direttore Editoriale

Alessandro Regoli

Project Manager *Sanguis Jovis* – I Quaderni

Luca Devigili

Coordinatrice *Sanguis Jovis*

Chiara Naso

Registrazione Tribunale di Siena:

Autorizzazione n°1 del 3 Gennaio 2019.

Ean 9788894997033

www.fondazionebanfi.it

Progetto esecutivo a cura di

PRINGO srl

www.pringo.it



fondazione banfi

SANGUIS JOVIS

ALTA SCUOLA DEL SANGIOVESE

Sanguis Jovis

I Quaderni

I Terroir del Sangiovese in Toscana

Conoscenza, Storytelling, Mercato

a cura di Roberto Miravalle



Indice

Introduzione

- I Terroir del Sangiovese in Toscana** 9
di Rodolfo Maralli, Presidente Fondazione Banfi
- La centralità della persona e la mission di Sanguis Jovis** 12
di Alberto Mattiacci, Direttore Sanguis Jovis

Prologo

- Il terroir viticolo: mito o realtà?** 20
di Attilio Scienza, Presidente Sanguis Jovis

Parte prima

- Geologia e pedologia dei terroir del Sangiovese in Toscana** 57
di Edoardo Costantini
- Introduzione 57
 - Origine geologica della Toscana 58
 - Le rocce, i sedimenti, i suoli dei vigneti indagati e la risposta degli apparati radicali della vite 61
 - Area 1: Castiglione d'Orcia (azienda Podere Forte) 64
 - Area 2: Montalcino (azienda Banfi) 69
 - Area 3: Castelnuovo Berardenga (azienda San Felice) 78
 - Area 4: Castellina in Chianti (azienda Cecchi) 86
 - Area 5: Montepulciano (aziende Tre Rose e Vallocaia-Bindella) 89
 - Conclusioni 103

Parte seconda

Aspetti agrometeorologici **109** *di Luigi Mariani*

Considerazioni preliminari	109
Il microclima del vigneto e gli influssi delle altre scale climatiche	112
La rete meteorologica considerata	114
Le sei aziende oggetto d'indagine - classificazione climatica generale	117
Variabili agrometeorologiche di base e di alcune grandezze derivate	119
Alcuni consigli finali	132

Parte terza

Risposte vegeto-produttive del Sangiovese in relazione alle caratteristiche dei suoli **137** *di G.B. Mattii, P. Storchi*

Introduzione	137
Gli apparati radicali	141
I portinnesti	146
Attività vegetativa	148
Un esempio di intervento agronomico - La defogliazione	156
Aspetti produttivi	160
Conclusioni	164

I vini: interpretazione del terroir di sei aziende toscane

Banfi	167
Bertani Domains	175
Cecchi	183
Podere Forte	191
San Felice	197
Vallocaia	205

Il premio Rudy Buratti

**Come evolve il vino conservato su uno scaffale
di un supermercato?**

di Stefano Dalledonne

217

Introduzione

I Terroir del Sangiovese in Toscana

di Rodolfo Maralli, Presidente Fondazione Banfi

Il *terroir del Sangiovese in Toscana* è un titolo decisamente impegnativo, di quelli che creano legittime aspettative nel lettore e un forte desiderio di approfondimento nello studioso. Perché il *terroir*, indubbiamente uno degli aspetti più determinanti nell'evoluzione dell'uva prima e del vino poi, è la firma che rende ogni vino unico e irripetibile, tipico e distintivo, e sempre diverso, anno dopo anno. E che consente al Sangiovese, di gran lunga il vitigno più coltivato in Toscana, di assumere personalità e sfaccettature differenti a seconda che interagisca con le colline di Montalcino o con quelle del Chianti, sulla costa tirrenica, così come nell'entroterra di questa straordinaria regione.

Per tutte queste ragioni e per tante altre ancora, il *terroir* è, dunque, uno dei temi attualmente più discussi, dibattuti e ricercati; un tema a cui, noi della Fondazione Banfi non potevamo sottrarci e a cui, per mezzo di *Sanguis Jovis – Alta Scuola del Sangiovese*, abbiamo addirittura dedicato un'intera e intensa Summer School, la terza in ordine di tempo, una delle più riuscite di sempre.

Con questa premessa, è per me un grandissimo onore introdurre il quarto volume della collana “*Sanguis Jovis – I quaderni*”, un compendio che raccoglie le principali evidenze, i dibattiti e le conclusioni della Summer School tenutasi a Montalcino nel 2019, e che tenta di dare una risposta organica ed il più possibile esaustiva ad un tema che

è, al tempo stesso, ambizioso e di forte attualità.

Il Sangiovese, come sappiamo, è il vitigno più diffuso d'Italia, uno dei più conosciuti a livello mondiale, oltre a rappresentare il motore e l'anima delle più importanti denominazioni della Toscana. Ma è anche uno dei più "sconosciuti" in quanto a potenzialità e reazioni all'ambiente circostante, dei meno studiati e ricercati e, quindi, in perenne ritardo culturale rispetto ai vitigni concorrenti e cosiddetti "internazionali". Studiare nel dettaglio la magia dei tanti terroir che lo ospitano, le loro caratteristiche pedoclimatiche e i loro segreti, ci è sembrato, dunque, un ottimo punto di partenza per iniziare a colmare questo gap.

Ed è qui che, ancora una volta, entra in gioco la Fondazione Banfi, con la sua volontà, pionieristica ed innovativa, di colmare questo imperdonabile e storico gap culturale, per ridare a questo emblematico e nobile vitigno Italico tutto il prestigio, l'attenzione e la ricerca che merita. La nascita di Sanguis Jovis – Alta Scuola del Sangiovese, espressione della Fondazione che ho l'onore di presiedere, ha avuto dunque il merito di creare a Montalcino, dove il Sangiovese trova uno dei suoi habitat più riusciti, un polo di ricerca permanente su questo straordinario vitigno, dove attrarre ricercatori e studiosi da tutto il mondo, dove formare le classi dirigenti del futuro, dove comunicare e dove fare ricerca scientifica. Un osservatorio sul Sangiovese che guarda al futuro della ricerca e che crede nella condivisione del sapere, come mezzo e come fine ultimo per la crescita della conoscenza comune.

Questo Quaderno è appunto una sintesi, chiara, dettagliata ed esaustiva, delle lezioni tenutesi durante la Summer School 2019, "I Terroir del Sangiovese in Toscana – Conoscenza, Storytelling, Mercato" ; un corso di formazione e specializzazione altamente professionale ed innovativo nel

format, che ha riunito a Montalcino, nella suggestiva location di OCRA – Officina Creativa dell’Abitare, il meglio del mondo accademico italiano ed un gruppo selezionato di studenti e wine lovers provenienti da tutta Italia.

Prima di passare alla lettura, a nome mio personale e di tutta la Fondazione Banfi, vorrei rivolgere un sincero ringraziamento ai professori Attilio Scienza e Alberto Mattiacci, rispettivamente Presidente e Direttore di Sanguis Jovis, per il loro costante e appassionato lavoro e a tutto il qualificatissimo corpo docente che, nel corso di questa terza Summer School, ha prodotto imperdibili e irripetibili lezioni, innescato dibattiti e garantito a tutti gli studenti intervenuti un indubbio accrescimento culturale sul tema del terroir.

Un grande ringraziamento va, infine, ai Partners del progetto Sanguis Jovis; un gruppo di aziende ed istituzioni illuminate che hanno creduto e continuano a credere nel potenziale di questo progetto culturale sul Sangiovese, rendendolo possibile e facendolo crescere e progredire, anno dopo anno.

Buona lettura, meglio se con una buona bottiglia di Sangiovese a portata di mano.

La centralità della persona e la mission di Sanguis Jovis

di Alberto Mattiacci, Direttore Sanguis Jovis

Il volume che avete in mano inaugura idealmente la seconda stagione della collana de I Quaderni di *Sanguis Jovis*.

I precedenti tre volumi, infatti, hanno sistematizzato il lavoro compiuto dall'Alta Scuola del Sangiovese nel suo primo ciclo di lavoro. Due *Summer* e una *Winter School* nelle quali sono confluite le conoscenze di oltre cinquanta "docenti" -fra ricercatori, manager, imprenditori, tecnici, professori- che hanno incontrato le riflessioni di oltre settanta allievi -fra studenti e *professional*; un panel di studi scientifici, finanziati con *grant* di ricerca assegnati a giovani studiosi italiani, ha accompagnato quella fase di diffusione della conoscenza, producendone di nuova.

Questo volume accoglie, opportunamente rielaborati, i contributi di conoscenza della terza *Summer School* e sarà seguito, a stretto giro, da un quinto Quaderno, che fisserà il lavoro compiuto nella seconda *Winter School* -un'edizione emotivamente tormentata, condotta e conclusa nell'imminenza dell'emergenza pandemica. È nei piani della *Faculty Sanguis Jovis* di proseguire presto il completamento di questo secondo ciclo di attività con un sesto volume, che accoglierà i risultati dei nuovi programmi di ricerca scientifica finanziati dalla Fondazione Banfi.

Fra Umanesimo e Farmacologia

Più passa il tempo, più diventa chiaro a tutti noi il senso che il progetto *Sanguis Jovis* sta assumendo: contrastare, con azioni positive e costruttive, ispirate alla sperimentazione scientifica e alla condivisione culturale, la *banalizzazione* del vino, la sua trasformazione in una *commodity* -oltretutto, negli scriteriati intendimenti di alcuni, una commodity più dannosa che benefica.

È infatti ormai a tutti ben chiaro che da anni, all'interno del perimetro europeo, si confrontano due opposte visioni: da un lato c'è una visione che ci sentiamo di chiamare "calda" e "umanistica", idealmente collocata nei pressi del 42° parallelo; dall'altra, una "fredda" e "farmacologica", posizionata un po' più a nord-est. Ovviamente siamo consapevoli di operare una semplificazione (un po' da film western) di posizioni ben più articolate, argomentate e comunque entrambe legittime. Tuttavia, in questa epoca di polarizzazione, questo schema rende bene l'idea: fotografa i termini del confronto in essere fra due visioni della vita sociale, della responsabilità sui comportamenti individuali, della qualità di un aspetto fondamentale dell'esistenza umana, qual è il cibo e il bere. Due visioni che devono coabitare in un sistema di regole comune e condiviso, cosa affatto semplice.

La visione "farmacologica" del vino sembra intendere ogni bevanda alcolica -e, sottolineiamo, "ogni" - come un prodotto chimico dannoso e ogni persona che ne fa uso quasi come un povero disgraziato inerme, incapace di limitarsi, puerilmente indifeso rispetto agli effetti che l'eccesso di consumo -come ogni eccesso, dannoso- gli arreca. Vero è che i dati relativi alle conseguenze dell'eccesso di consumo alcolico che si riscontrano in certe regioni europ-

ee, devono indurre preoccupazione e senso di responsabilità nei policy maker locali. Tuttavia, pensare di rispondere a costumi individuali e sociali deviati, con condotte paternalistiche e proibizioniste universali -oltretutto, con la pretesa di estenderle anche altrove- è semplicemente sbagliato.

Sanguis Jovis guarda altrove; parla un'altra lingua; disegna altri orizzonti. Il nostro lavoro è indirizzato a tutte le donne e gli uomini che dedicano una quota importante delle loro vite a questo prodotto, principe dell'agricoltura di qualità, bevanda regina (ci vuole, per rispetto di genere) delle tavole di chi sa apprezzare il *bon vivre*, ovunque questi risieda, comunque la pensi. Lavoriamo con loro e per loro, per le aziende e con le aziende del Sangiovese italiano, con l'intento di sperimentare una cultura che parte dalla terra per finire nei calici. *Sanguis Jovis*, insomma, guarda alla persona.

Dall'Umanesimo alla persona: la nuova frontiera

Viviamo una fase storica molto particolare. Forse, a ben vedere, la sua prima grande particolarità è proprio nell'aggettivo "storica", cioè il fatto che stia caratterizzando un cambio di epoca, un arco di tempo, cioè, assolutamente particolare.

Come sempre accade in questi momenti speciali, le prospettive di analisi da seguire per cogliere gli *insight* rilevanti potrebbero essere molte e tutte ugualmente significative. In questa sede, tuttavia, alla luce delle opposte visioni sul vino sopra richiamate e alla *vision* di *Sanguis Jovis*, a noi sembra che analizzare questo momento storico nella prospettiva della persona umana, abbia un senso speciale. Le ragioni sono sostanzialmente tre:

-In primo luogo, va considerato che tutti i mercati sono

direttamente, o indirettamente, **mercati consumer** -nel senso che le scelte che si compiono, prima o poi atterrano sul consumatore. E chi è il consumatore se non la persona umana, colta nell'atto di destinare le proprie disponibilità economiche e finanziarie ai beni e servizi di cui ha bisogno?

-In secondo luogo, mettere al centro la persona-consumatore consente di ragionare sulla **risorsa scarsa** dei sistemi economici, che non è più, come fino a pochi anni addietro era, il prodotto, bensì la domanda. Questa, per quanto osservato al punto precedente, è rappresentata dalle persone. Le conseguenze di questo fatto per le imprese italiane di vino sono di grandissima rilevanza: se consideriamo la demografia italiana, infatti, non possiamo non vederne il tratto di regressione che la caratterizza. Diminuisce la popolazione; cala strutturalmente la natalità; un'emigrazione di qualità non appare controbilanciata da un'immigrazione di pari natura e via dicendo. Non si può non concludere, da ciò, che la domanda interna non potrà che continuare a declinare -al netto del contributo positivo offerto dai flussi turistici: e così la via obbligata per le nostre imprese è e sarà sempre, l'export;

-Terzo poi, a noi sembra evidente che, nel corso dell'ultimo decennio, la variabile che ha manifestato le **dinamiche di mutamento** più interessanti, profonde e permanenti, sia proprio la persona umana. Come forse poche volte nel passato, l'uomo è stato al centro di alcune grandi discontinuità: da un lato la globalizzazione, che non è stata solo un fatto economico ma anche -e forse soprattutto- antropologico e culturale; dall'altro, la *digitalizzazione di massa*, maturata con una velocità sorprendente in meno di un decennio e che ha letteralmente trasformato ogni persona connessa in un essere diverso dal passato.

La persona umana ha quindi già recuperato una centralità dimenticata dall'economia nel suo recente passato e ciò pone le nostre imprese di fronte a un consumatore che presenta una fisicità nuova, dei comportamenti fluidi, dei driver motivazionali inediti.

Si parlerà approfonditamente di questo nuovo consumatore nella terza Winter School Sanguis Jovis ma qui è importante segnalare il fatto e lasciare alcuni spunti di riflessione, su quali siano i tratti fisionomici di questo nuovo soggetto. Allo stato, ne vediamo sei in particolare.

Persona-Consumatore: *l'empowerment*. Il ruolo da protagonista consapevolmente assunto dalla persona grazie alla digitalizzazione e alla saturazione dei mercati consumer (enfaticizzata dalle crisi). Questa recuperata centralità soggettiva è e sarà ulteriormente enfaticizzata e consolidata dalla crescita della consapevolezza di massa sul paradigma della Sostenibilità -uno dei cui pilastri è, come noto, la centralità della persona;

Valore: la centralità del *valore percepito*. Da una società che, nel suo complesso, domandava i prodotti per quello che erano (*valore funzionale*), siamo passati a una dove il prodotto viene letto e desiderato anche per il senso che esprime (*valore comunicativo ed emozionale*). Ovviamente questo vede differenze fra i vari strati di popolazione ma è un tratto strutturale delle economie progredite;

Semplificazione della comunicazione, del consumo, dell'esperienza: una popolazione, come quella italiana, dalla bassa scolarizzazione superiore e con elevato analfabetismo funzionale, trova nell'esperienza esistenziale digitale (il cosiddetto *phygital*) una costante gratificazione, spesso preclusa nel mondo pre-digitale. Questo fa emergere una percezione di *controllo* (leggasi idea di poter dominare da soli ogni situazione), una pretesa di *immediatezza*

della risposta (dove, come e quando desiderata), l'aspettativa di interfacce *user friendly* (dove l'intuito sia sufficiente e l'esperienza estetica-intrattenimento sia gratificante);

Introversione: da *fuori a dentro*. La pandemia ha accentuato e reso in parte strutturale, un percorso di sottrazione di quote di consumo all'*outdoor* che era in atto da anni, ridisegnando funzionalmente e simbolicamente la casa, oggi luogo dove cresce la dimensione "**come al**": l'*entertainment* (es. i film come al cinema); il *wellness* (es. spinning come in palestra); la *socialità* (es. cene e partite in casa con amici/parenti); alcuni consumi (es. il cappuccino come al bar). Non va sottovalutato il fatto che la casa consente un elevato grado di *controllo* diretto, tema rilevante in un'epoca storica dominata da timori, incertezze e aspettative negative;

Accountability della relazione, nel senso della *trasparenza* del valore offerto, della *verificabilità* delle dichiarazioni -commerciali (es. performance promessa) e valoriali (es. Sostenibilità). Questo elemento, evidente riflesso del potenziamento digitale dell'individuo, allarga il concetto del *value for money* a tutte le fasce di prezzo delle categorie. Evidentemente ciò accade con accenti diversi, polarizzando ulteriormente i mercati: nel *mainstream* e *primo prezzo*, significa prezzo chiaro ed equilibrato; nel *premium* e *superpremium*, significa prestazione superiore su tutte le variabili di offerta;

Benessere come salute preventiva. L'invecchiamento della popolazione italiana, qui, si incontra con l'impatto emotivo della pandemia. La percezione di fragilità della persona è diffusa e trova costanti riscontri empirici: di qui l'attenzione a consumi alimentari maggiormente sobri (es. gli alimenti "senza"), naturali (es. il *bio*, in ogni sua declinazione), garantiti e verificabili (es. le produzioni a Indicazione Geografica) e via dicendo.

Per non concludere

Siamo in presenza di un fiume carsico, non di un lago alpino: il flusso dei cambiamenti che ci stanno riguardando come persone è in essere e divenire continuo. I mercati del vino, siano essi domestici o internazionali, *mainstream* o *premium*, proprio perché fatti di persone, sono e saranno ridisegnati nei loro tratti costitutivi.

È un fatto.

Se questa è la prospettiva -e lo è- il lavoro che *Sanguis Jovis* intende portare avanti, la nostra *mission*, sarà quello di stimolare la riflessione e la conoscenza su questo cambiamento, cercando di sviluppare nuove menti per le aziende del Sangiovese e del vino italiano di qualità.

Roma, maggio 2021

Indicazioni di lettura

- Bauman Z. (2005), *Vita liquida*, Laterza, Roma-Bari.
- Filippoti W., (2016) *Storia moderna del vino italiano*, SKira, Milano.
- Flint D.J., Signori P., Golcic S.L. (2016), *Contemporary wine marketing and supply chain management*, Palgrave Macmillian.
- Gardner H., (2006) *Five minds for the future*, Harvard Business School Press, Boston.
- Nosi C., Mattiacci A., Sfodera F. (2019), Online wine ecosystem: the digital narrative of Sangiovese, *British Food Journal*, Vol. 121 No. 11, pp. 2683-2695
- Pezzani F. (2017), *Umano poco umano. Riflessioni su moneta, finanza e macrousuratura*, Università Bocconi Editore, Milano.
- Severino E., (2021) *Capitalismo senza futuro*, Rizzoli, Milano.
- Unwin T. (1993), *Storia del vino. Geografie, culture e miti*, Donzelli Editori, Roma.

Prologo

Il terroir viticolo: mito o realtà?

di Attilio Scienza, Presidente Sanguis Jovis

I contenuti ambigui del terroir

Nell'antichità, il nome di un vino era soprattutto l'espressione di un territorio ed i suoi contenuti semantici erano legati al suo utilizzo rituale o ai rapporti che quel territorio aveva con la divinità. Anche nel Medioevo i vini più famosi come Malvasie, Vernacce, Vinsanto erano il risultato di operazioni commerciali e di comunicazione legate ad un particolare territorio, il Mediterraneo orientale. Il termine *terroir* come oggi è interpretato, risale alla metà del '800 ed è il risultato del ruolo crescente della borghesia nella società francese e della politica commerciale anglo-olandese nel diffondere i vini atlantici come il Porto ed il Sauternes. È l'innovatività del consumatore che decide finalmente il successo di un vino, non più il potere economico legato ai privilegi dei nobili, creando così la prima classificazione gerarchica della qualità e ponendo le basi per la distinzione dei territori viticoli (i *terroir*) in base alle caratteristiche organolettiche dei vini che producono. Tutta la normativa, prima francese e poi italiana, della protezione e valorizzazione delle Denominazioni d'Origine, si basa su questo nuovo atteggiamento del consumatore.

Sono i vini di Bordeaux i primi vini a comunicare la loro fama attraverso il nome di un territorio ben definito. Il passaggio cruciale è rappresentato dalle modalità con le quali il vino viene commercializzato, dalla vendita in barrique a quella in bottiglia, dove finalmente l'etichetta garantisce

l'origine e mette in gioco l'onorabilità del produttore, costringendolo a produrre vini di qualità senza l'aggiunta di additivi che allora ne coprivano i numerosi difetti.

Gli inglesi compresero che un periodo della loro storia commerciale era terminato e sposarono subito con entusiasmo la vendita di vini di Bordeaux in bottiglia, con una grande campagna pubblicitaria sui giornali, che puntava per la prima volta sul nome dello Château, sotto il nome del cru: la grande innovazione che ancora oggi è alla base dei vini di territorio che identifica nel *terroir*, lo Château ed i Grand Vins. Solo agli inizi del '900, con la prima zonazione scientifica e la delimitazione del territorio dello Chablis, vengono messe in luce le caratteristiche pedo-climatiche della zona di produzione e la loro influenza sulla qualità dei vini.

La legge sulle AOC francesi recepisce questa impostazione che viene utilizzare per creare la struttura delle Denominazioni d'origine. Dove è l'ambiguità? La nascita delle Denominazioni non avviene per la qualità del vino, quale espressione di particolari condizioni ambientali ma per gli aspetti legati alla sua commercializzazione. I *terroir* più famosi nel passato non erano quelli che consentivano la produzione di vini di qualità particolari, ma erano lungo le strade di traffico (Borgogna), vicino ai porti di imbarco (Bordeaux, Vernazza), lungo i fiumi navigabili (Reno), attorno alle città (Milano e Roma,) dove si poteva vendere il vino a basso prezzo perché allora il costo dei trasporti e del confezionamento era molto superiore al valore del vino stesso.

Il terroir: un soggetto antropologico

Le numerose definizioni di *terroir* tendono ad enfatizzare gli aspetti genetico-ambientali (vitigno e pedoclima) e a confinare il saper fare del viticoltore ad un ruolo ancillare.

Questa impostazione risente del retaggio culturale della viticoltura europea fino alla metà del '900, condizionata da un lato dalle conquiste del pensiero positivista attraverso le acquisizioni del progresso scientifico e dall'altra dall'individualismo dei viticoltori, legati a modelli di produzione arcaici e di autoconsumo. Lo sviluppo culturale attorno ad un nome condiviso di territorio viticolo, la presa di coscienza di alcuni valori che individuano le peculiarità di un vino, la nascita di una strategia comune di difesa e di valorizzazione, non sono determinate dal vino in sé, ma da valori insiti nella popolazione che lo produce.

La vite si diffonde dopo la caduta dell'Impero Romano per effetto, ancora una volta (come era capitato spesso nella sua storia), di un dio, di una religione. Il vino diventa un soggetto sociale della civiltà europea. Dapprima la diffusione della coltivazione della vite è un fenomeno iterativo, locale, legato al bisogno di disporre di vino per il consumo alimentare in piccole comunità agricole, ma la crescente presenza di piccoli cenobi benedettini trasforma la viticoltura in un fenomeno collettivo fondamentale per l'economia di intere regioni dove la vite assume il ruolo di "coltura guida" ed i suoi prodotti non sono più solo destinati al consumo locale, ma anche all'esportazione. Questi rapporti tra le molte comunità di religiosi che si erano installate soprattutto lungo le grandi direttrici dei pellegrinaggi cristiani, in un'Europa ancora senza confini, sono alla base non solo della diffusione di quei vitigni che erano stati creati lungo i confini dell'impero romano, ma di un nuovo ciclo di incroci, più consapevoli che nel passato, nella scelta dei genitori, che vede nel Pinot e nel Traminer i protagonisti assoluti, soprattutto in quelle zone dove maggiore era la presenza del monachesimo benedettino.

Questo è un aspetto della storia sociale del vino che se-

gna una profonda faglia tra l'origine dei vitigni dell'Europa continentale e delle regioni attorno alle Alpi, interessate dalle grandi vie di collegamento tra il sud ed il nord e quelli dei territori che si affacciano al Mediterraneo, nei quali meno importante è stato il processo di domesticazione locale della vite e per contro era prevalso l'apporto culturale e genetico dell'esperienza coloniarica greca e bizantina.

Bisogna rifarsi all'antropologia di Levy-Strauss, al valore dei simboli, del *legein* (legame, catena, dalla stessa radice di *lagos* = religione, comunità), ai contenuti della tradizione per capire che il suo valore è nella connessione, nella partecipazione non nella trasmissione. Cosa è un simbolo? Dal greco *syn-bàllein*, significa alleanza, procedere assieme verso un obiettivo condiviso; può essere omologato all'interno di un territorio ad una sorta di "patto di sangue", che *in primis* lega tra loro tutti gli abitanti di un territorio, non solo quelli che producono vino. Da questi, il patto si estende ai consumatori.

È nella interpretazione collettiva di un territorio, non nella azione rivendicata da qualche "eroe" o nello studio sistematico delle sue risorse ambientali, che si forma quel fenomeno collettivo, inconscio, che è alla base dei contenuti originali di un vino di territorio, che lo rende così diverso da un vino "globalizzato". Sul rapporto "tradizione - innovazione" in enologia si è aperto in questi anni un serrato dibattito in una logica di contrapposizione che non contribuisce certo ad indirizzare le scelte necessarie nella produzione per intercettare i gusti dei consumatori. Contrapporre vitigni autoctoni a vitigni internazionali, lieviti spontanei a lieviti selezionati, barrique a grandi botti, biologico a convenzionale ed altro ancora, significa rinunciare al passato ed a ciò che si è costruito faticosamente per proporre continuamente nuove soluzioni la cui vita media

è come nella moda, molto breve e non consente per questo di creare invece un nuovo stile.

Paradossalmente la tradizione muore, come è successo in molte viticolture dell'Est europeo, perché non erano riuscite a migliorare ciò che avevano ereditato dai loro padri. La soluzione è forse nel modo con il quale si reinterpretava la tradizione, in una sorta di tradimento fedele, che mantiene ciò che vale e modifica quella parte del processo che non incide sulle caratteristiche positive di un prodotto. L'incognita è il mercato globalizzato, poco propenso ad apprezzare le diversità e che rifiuta ciò che non conosce.

Il terroir fa ancora la differenza?

Non è una domanda retorica, se si considera una recente definizione dell'OIV, ispirata al concetto francese di tipicità di un vino, che ha cercato di darne una risposta convincente, dopo i numerosi tentativi che si sono succeduti in questi anni, da parte di diverse scuole scientifiche. Gli studi dei *terroir* viticoli, affrontati in questi anni con approcci metodologici di crescente complessità, nel tentativo di carpire il segreto che lega le caratteristiche sensoriali di un vino all'origine del suolo dove il vitigno è coltivato, hanno certamente contribuito a rimuovere alcuni aspetti negativi dell'interazione tra il vitigno e l'ambiente che limitavano l'espressione vegeto-produttiva delle varietà. Cercando di far prevalere gli argomenti tecnici su quelli giuridici delle delimitazioni territoriali, hanno soprattutto sottolineato il ruolo sempre più importante del consumatore nelle decisioni di acquisto di un vino, non solo per i suoi contenuti organolettici, ma anche per i valori simbolici legati al luogo di produzione.

Se analizziamo il termine “eccellenza”, con il quale si definisce il livello della qualità di un vino, ci rendiamo conto che questo può essere attribuito solo a pochi vini dalle caratteristiche particolari, risultato di un progetto di produzione che si realizza controllando ogni sua fase nei minimi dettagli. Il verbo “eccellere” deriva dal latino *ex-cellere*, che vuol dire “spingere fuori”. Non identifica quindi un livello più alto nello stesso ambito, ma lo “spingere fuori” significa entrare in un ambito diverso. Per passare dalla qualità all’eccellenza non è sufficiente dare delle indicazioni sul vino, ma anche comunicare le intenzioni e l’impegno di chi è determinato a raggiungerla, i valori, la visione da cui derivano, occorre presentare non solo il prodotto ma anche il produttore e le modalità con le quali il prodotto nasce.

Quindi la qualità di un vino, basata sulle sue caratteristiche sensoriali può essere sufficiente o buona, ma per essere eccellente deve avere un’aggiunta di valori immateriali che non risiedono nel vino, ma nello spirito, nell’umanità di chi lo ha prodotto e nel rapporto tra l’umanità di chi lo ha prodotto e l’umanità di chi lo beve. Dobbiamo tuttavia evitare che la promozione dell’eccellenza si risolva in retorica a proposito di valori immateriali, in una ripetizione di slogan, di derive concettuali spesso etiche.

Il primo elemento immateriale che percepisce il consumatore è la credibilità e l’affidabilità del produttore. L’esperienza insegna che un buon vino nasce da un processo realizzato in un certo contesto, da un produttore che offre garanzie di credibilità, affidabilità e competenza nel processo produttivo, nel controllo dei suoi punti critici (scelta delle combinazioni d’innesto, dei cloni, delle fittezze d’impianto, delle tecniche di coltivazione, etc.).

Se l’eccellenza è un sistema che riguarda tutta la filiera del vino, questo sistema può essere realizzato solo dalla

zonazione viticola che mette a disposizione del produttore e del vinificatore tutti gli strumenti della conoscenza per ottimizzare il rapporto tra vitigno e l'ambiente pedoclimatico. L'eccellenza si declina su due parole chiave, il *terroir* ed i *crus*, francesismi di cui tutti conoscono il significato ma che spesso rimangono solo espressioni evocative, se non vengono trasformate in categorie dell'operare.

Il *terroir* viticolo è un concetto recente che assolve a necessità pratiche e ideologiche. Sul versante ideologico deve riuscire a persuadere il consumatore dell'originalità di alcuni suoi vini, prodotti in ambiti delimitati. Su quello pratico ha invece la finalità operativa di favorire una migliore espressione qualitativa del vitigno in determinate condizioni pedo-climatiche. La definizione tradizionale di *terroir* è però monodimensionale in quanto basata essenzialmente sugli effetti del suolo e del clima, sul vino, in una scala spaziale ridotta, mentre appare sempre più importante il ruolo delle capacità dell'uomo nella modulazione della grande complessità dell'interazione tra il vitigno ed i fattori ambientali. Anche il ricorso ad un approccio organolettico per definire una tipicità, nel significato weberiano del termine, cioè di riconoscibilità, non è sufficiente ai fini della comunicazione dei valori intrinseci di un territorio viticolo. È opportuno definire una nuova strategia per allargare i suoi contorni identitari includendo domini culturali dove il paesaggio è parte integrante dei contenuti emozionali del vino, assieme ai suoi trascorsi storici. In particolare, va comunicato il carattere atemporale del vino, espressione di un *terroir* inimitabile, delimitato e riconoscibile, dove i vini nascono e vivono sul filo dei secoli, da pratiche locali e costanti, dall'effetto rassicurante sui consumatori.

La nozione di *cru*, prima di rappresentare una vigna o una sottozona, identificabili da un toponimo, che richia-

ma presso il consumatore un vino dalle caratteristiche particolari e da una disponibilità mercantile limitata, è la constatazione dell'esistenza di un rapporto originale tra le peculiarità pedoclimatiche, le capacità interpretative del viticoltore e la tradizione enologica locale che si manifestano in descrittori sensoriali riconoscibili. Affermava Rousseau, nel 1758, che "la natura nasconde agli uomini le vere bellezze alle quali essi non sono abbastanza sensibili e che si sciupano oppure passano."

Nuovi valori

Se ci astraiano dall'espressione topografica, geografica, di un *terroir*, e lo osserviamo per i significati profondi che emana, esso ci appare come una tavola, dove il *logos*, (la parola, il pensiero) si materializza in un vino. Era una tavola dove erano incisi i comandamenti che Mosè offrì al popolo ebraico, una tavola è l'altare del sacrificio, dove si sancisce il patto tra gli uomini e la divinità; una tavola è quindi il territorio viticolo, dove si concretizza l'alleanza tra il produttore ed il consumatore nel rispetto delle regole della Denominazione e delle sempre più fragili risorse ambientali.

Questo rispetto si può definire come l'etica di una Denominazione d'origine, e si manifesta concretamente nel prezzo di un vino, che il viticoltore di una Denominazione famosa è tenuto a mantenere elevato, perché non è solo frutto delle leggi della domanda e dell'offerta, ma è l'espressione di un *terroir* inimitabile e della sua fedeltà incrollabile a quei valori che hanno permesso di mantenerne inalterate le caratteristiche strutturali del territorio e la qualità irripetibile dei vini.

Questi connotati di un paesaggio viticolo, fortemente identitario, sono sempre più legati ai contenuti culturali ed

all'organizzazione sociale. Non è il *genius loci* che anima il territorio viticolo, ma il *genius saeculi*, lo spirito del tempo, che ci consente di narrare e di pensare.

Il neuromarketing, che si basa sullo sviluppo delle scienze cognitive, utilizza il racconto per attivare un processo di sinestesia, attraverso il quale uno stimolo visivo (il paesaggio con i suoi iconemi) o un'evocazione culturale viene associato alle sensazioni sensoriali del vino ed al desiderio di reiterare l'esperienza gustativa, in sequenza lo stimolo a pensare.

Orazio raccomandava nella sua *Ars Poetica* di unire l'utile al dilettevole (*miscere utile dulci*): interessare il consumatore con la narrazione, assemblando in modo sapiente, un po' di divertimento ad un po' di insegnamento. La grande storia della viticoltura italiana è in definitiva il risultato di tante piccole storie, ancora da raccontare, di un arcipelago di comunità, di risonanze, isole culturali, borghi lontani che si sono formati dalla stratificazione di esperienze e di popoli attorno ai luoghi di grande transito e di commercio. A queste popolazioni, che hanno conservato intatti i riti immutabili della potatura, della vendemmia e della vinificazione, noi dobbiamo le più antiche tradizioni enologiche d'Italia.

Gli elementi naturali del paesaggio acquistano però un significato solo in relazione ai contesti storici e culturali. Il paesaggio è allora uno spazio costruito, dove l'opera dell'uomo entra a farne parte. Il paesaggio non è solo quello che si vede: i fenomeni territoriali sono governati da strutture latenti che non appaiono allo sguardo e devono essere indagati con strumenti adeguati.

I metodi della storia quantitativa sono il nuovo punto di riferimento nel superamento di una visione troppo antropocentrica dell'ambiente geografico: i problemi dell'indu-

stria non vengono così separati da quelli dell'agricoltura. Si sviluppa il concetto di agrosistema, il cui studio esige competenze specifiche nel campo dell'ecologia, nella geografia degli insediamenti, nelle scienze naturali. L'analisi del contesto è la chiave di lettura per comprendere i rapporti tra le società antiche e l'ambiente che le ha ospitate, dove le microstorie sono i contenitori reattivi che interagiscono in un *puzzle* di difficile composizione: le organizzazioni agrarie, le strutture insediative, le forme architettoniche con le componenti idro-geomorfologiche, climatiche e biologiche (i vigneti). Il muro di sostegno di un terrazzo o un vigneto rispettoso della morfologia di una pendice, non sono sovrapposizioni ma la crescita dell'esistente.

Due parole nuove sono nel frattempo entrate nel vocabolario di chi si occupa di produzioni agricole: ecocompatibilità e multifunzionalità. La prima identifica una viticoltura capace di produrre uve sane e di alta qualità, con soglie di residui di fitofarmaci sotto gli standard, che tuteli la salute del viticoltore, mantenga alta la biodiversità del territorio viticolo (compresa la biodiversità culturale ed il paesaggio), preservi e valorizzi la fertilità naturale del suolo. Il viticoltore in definitiva vuole avere una sorta di legittimazione sociale a produrre vino. La zonazione viticola e la viticoltura di precisione rappresentano gli strumenti innovativi per perseguire questi obiettivi.

La multifunzionalità invece definisce, nell'ottica di una viticoltura ecocompatibile, il ruolo che questa ha in un contesto economico e sociale di un territorio, integrandosi con le altre attività produttive. Per la sua realizzazione è necessario individuare un percorso comune tra enti locali, la filiera allargata del vino, la ricerca e la formazione, per la tutela dell'ambiente e per il suo sviluppo. Il futuro della viticoltura non sarà più nella separazione tra la produzione

ed il consumo: sarà necessaria una visione olistica del mondo dove l'espressione "sviluppo" sostenibile non deve più essere considerato un ossimoro, ma un traguardo raggiungibile attraverso i risultati della ricerca e dell'innovazione. Il ruolo della comunicazione generalista sarà strategico perché consentirà al consumatore di conoscere in tempo reale i successi che si raggiungeranno con l'applicazione dei protocolli di certificazione di ecocompatibilità nella produzione del vino e consolidare così il suo rapporto fiduciario con il mondo della produzione.

Quali strategie per ritornare al terroir?

Cosa salverà il mondo? Il lavoro? La finanza? L'organizzazione? La solidarietà? La bellezza? Una nuova prospettiva sembra nascere dall'alleanza del paradigma rinascimentale neoplatoniano, centrato sulla bellezza e quello illuminista, frutto della razionalità. Chi meglio di un paesaggio viticolo identifica questa alleanza? Cosa ha visto l'Unesco nel paesaggio della Val d'Orcia (Fig. 1) se non questa sintesi tra bellezza e razionalità? Nel rapporto tra le comunità agricole dell'Italia e lo spazio territoriale, inteso prima di ogni cosa come realtà sociale, il vigneto rappresenta l' "elemento strutturante", una sorta di centro rituale, carico di implicazioni economiche, politiche e simboliche.

Per gli antropologi i centri rituali terreni hanno una consistenza materiale (un manufatto in legno o in pietra, un luogo carico di significati simbolici come un vigneto) e costituiscono una vera e propria "funzione di ancoraggio sul territorio", rappresentando un centro di aggregazione sociale dai contenuti trascendentali. Non si discosta molto da questa analisi il mosaico delle viticolture italiane, ciascuna una sorta di crinale tra popolazioni e lingue diverse,

Figura 1
I valori del terroir



che porta con sé i segni più profondi anche se meno visibili, di una difesa della “piccola patria” e della sua indipendenza, talvolta conflittuale nei confronti delle comunità vicine? Paesaggio quindi inteso come monumento, luogo dello spirito, da *monumentum*, parola latina che racchiude la radice indo-europea *men*, da cui *mens*, l’intelligenza, la ragione e *memini*, ricordarsi, pensare, riflettere.

Osservando una carta geologica dell’Italia essa ci colpisce per una distribuzione caotica dei colori, come un complesso mosaico. Raffigura le famiglie delle matrici geologiche, le unità stratigrafiche, le tipologie delle rocce e testimonia la grande e variegata ricchezza dei suoli che hanno dato origine: rappresenta circa il 50 % della diversità pedologica mondiale. Ma non solo, il nostro Paese è anche il più ricco di biodiversità viticola, con circa 2.300 vitigni, dei quali 494 iscritti al Registro Nazionale delle Varietà e quindi ammessi alla coltivazione. Se incrociamo questi dati otteniamo un caleidoscopio di interazioni di territori e varietà, che rendono l’Italia un giacimento di esperienze

enologiche e culturali che non ha eguali nel mondo.

Lo studio dei paesaggi viticoli per il loro carattere fortemente identitario, nelle implicazioni connesse alla qualità del vino, è sempre meno orientato verso aspetti deterministici ed economici e sempre più legato ai contenuti culturali ed all'organizzazione sociale. Inoltre, essendo il paesaggio una relazione tra un soggetto spaziale osservato ed un soggetto umano osservante, si crea un'interferenza insopportabile dal punto di vista dell'approccio analitico cartesiano, che ispira tutto il nostro metodo scientifico, in quanto la scienza del paesaggio è da intendere come scienza della complessità che deve tener conto di diverse sfere di conoscenza (scienze umane e materiali, affettività e razionalità, fisica dello spazio e metafisica dell'estetica).

Nell'immaginario collettivo, aspetti estetici e caratteri sensoriali appaiono spesso inconciliabili. Cosa hanno invece in comune? Nella storia, arte e scienza si sono sempre intrecciati: pensiamo al Rinascimento, poi le strade si sono separate. Perché l'arte conta meno o perché la scienza è divenuta poco accessibile? La difficoltà risiede nel far interagire le cosiddette "due culture", dove si presta più attenzione alla cultura umanistica che non a quella scientifica, nonostante il nostro sia un mondo tecnologico. Le cose non sono miracoli, il fuoco non è portato da Prometeo, la scienza procede con un duro lavoro di teoria e di pratica ma la cultura è ancora dei miti. La bellezza, valore fondante, può diventare l'elemento della fusione tra ambiti disciplinari così diversi. "L'arte di vedere, il piacere di capire": con questa frase si possono interpretare i sentimenti di quelle persone, che speriamo siano sempre più numerose, che di fronte ad un paesaggio viticolo si chiedono quali siano state le origini di quei suoli, dei vitigni che concorrono alla produzione di quel vino, della storia degli uomini

ni che hanno nel corso dei secoli modellato le sue forme.

Il paesaggio deve testimoniare l'autenticità di un vino autentico, dal greco vuol dire autore, che opera da sé, avere cioè autorità su sé stessi (*autos* = sé stesso ed *entos* = dentro), autentico vuol dire “vera interiorità”, non quello che vogliamo apparire, quindi correlato al vino genuino, l'espressione di un territorio ben definito, difeso. Per questo il paesaggio viticolo diventerà sempre più il vettore essenziale della conoscenza dei vigneti e dei vini di una zona e quindi il supporto più importante per tutte le strategie enoculturali. Il potenziale metaforico che possiede un vigneto è molto forte.

Questo trasferimento delle sensazioni dal paesaggio concreto verso l'immaginario è una procedura consueta operata da un vigneto. Il vigneto è prima di tutto una metafora di grande equilibrio: per l'immagine che affiora da una natura antropizzata, di un'armonia tra l'uomo e la pianta, una sorta di complicità. Ma è anche una metafora eloquente di dinamismo. Il paesaggio è portatore di entusiasmo, ma nello stesso tempo di rigore e di stabilità che conforta e stimola il consumatore. Attenzione però ai risvolti negativi di un paesaggio poco rispettato o di un vigneto mal tenuto: possono esprimere un conflitto irrisolto tra modernità e natura o essere portatori di un messaggio controproducente.

Il contributo della zonazione viticola nella definizione del terroir

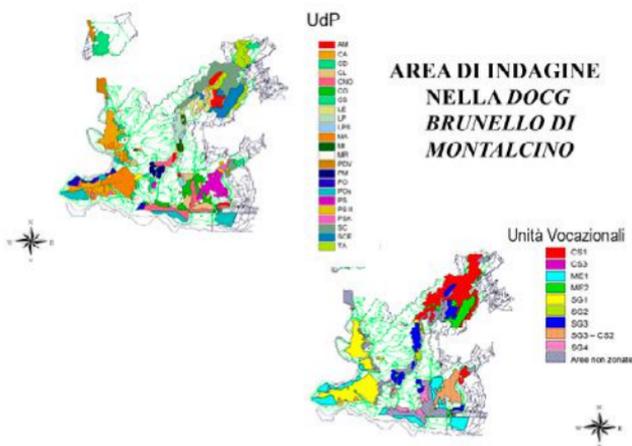
La zonazione viticola è lo strumento moderno per valutare l'interazione tra il vitigno e le condizioni pedoclimatiche dell'ambiente ed ottimizzarla con la tecnica colturale. L'espressione qualitativa dell'uva, media le emozioni suscitate dai vigneti inseriti in un contesto paesaggistico, in

una sintesi tra natura e cultura, offrendo indicazioni per salvare rappresentazioni simboliche ed esigenze ambientali, per raccordare istanze estetiche a fatti economici, per rispettare tensioni produttive e bisogni turistici. Vuol dire soprattutto salvaguardare gli iconemi, unità elementari di percezione del paesaggio che stanno perdendo rapidamente la loro identità, subiscono sovrapposizioni, smarriscono il loro messaggio semiologico: “l'uomo non osserva qualcosa, ma soltanto quello che lo interessa.”

Sarebbe infatti opportuno che le sottozone identificate con la zonazione siano legate ad alcuni tratti significativi del paesaggio, gli iconemi appunto, alle espressioni di tipicità del vino prodotto in quel luogo (Fig. 2).

Il termine tipicità, neologismo che si rifà ai contenuti del pensiero di Max Weber, dove il termine tipico, ideale, rappresenta un modo per classificare la conoscenza e designa l'appartenenza di un soggetto ad un genere identificativo di facile riconoscimento.

Figura 2
Il contributo della zonazione viticola nella definizione del terroir



Purtroppo, la parola *tipico* come oggi è usata dalla comunicazione, nasconde un'ambiguità dal punto di vista linguistico e concettuale. Per i francesi identifica un prodotto territoriale difficilmente ripetibile altrove ed associato ad un determinato *terroir*, per noi il termine è spesso confuso con antico e quindi legato a naturalità e genuinità, anche se l'abuso che viene fatto dall'industria alimentare è sinonimo di standardizzazione.

La zonazione viticola, si propone di ridare alla parola *tipicità* il suo significato originario identificando all'interno di un territorio delimitato delle sottozone, dei veri e propri *cru*, con un profilo sensoriale originale, in un modo quasi istintivo, come accade nel riconoscimento di una persona dai tratti salienti del suo viso o un quadro dall'insieme delle sue caratteristiche cromatiche e tipologiche. Dunque, *tipicità* legata al territorio, anche se mediata dai suoi vitigni più rappresentativi, una proprietà d'appartenenza del vino di un determinato territorio ad una categoria particolare, conseguenza non solo di un'origine geografica, ma di fattori umani e rivendicata da una comunità portatrice di memorie, che sono evidenziabili nei tratti dei relativi profili sensoriali dei vini che la zonazione ha messo in evidenza.

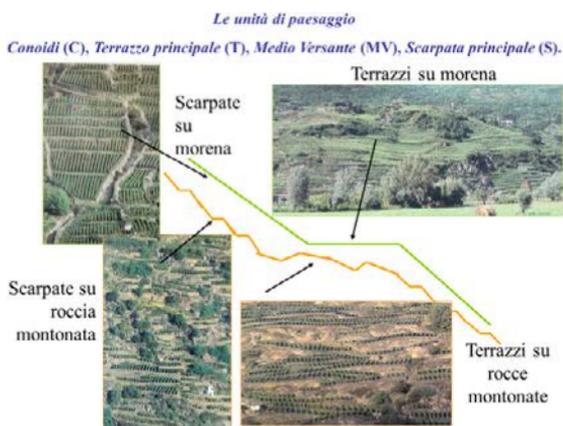
La zonazione è quindi soprattutto uno strumento scientifico per caratterizzare e conoscere il rapporto tra i vitigni e gli ambiti pedoclimatici dove sono coltivati. Da un lato per migliorare la qualità intrinseca dei loro vini e dall'altro per consentire l'inserimento dei vigneti in un contesto ambientale del quale vanno protetti alcuni aspetti di grande valore naturalistico e paesaggistico. Una sintesi quindi che porta all'armonia ed alla bellezza dei suoi vini e dei suoi luoghi.

L'individuazione di sottozone, dove i vini hanno profili organolettici riconoscibili e contribuiscono alla formulazione di una carta dei *cru*s, ambienti delimitati che

con i loro toponimi vernacolari potranno comparire sulle etichette dei vini. In questa direzione si stanno muovendo alcune Denominazioni importanti quali il Barolo o il Soave, che hanno individuato all'interno del loro territorio, con gli strumenti della zonazione e della notorietà mercantile, le cosiddette Unità Geografiche Aggiuntive (U.G.A.) (Fig. 3).

Lo sviluppo della spettrometria di massa consente di analizzare in grande dettaglio il profilo chimico di un vino e di correlarlo alle caratteristiche pedoclimatiche del luogo di produzione, individuando quei marcatori chimici che ne evidenziano le peculiarità sensoriali. La ricerca condotta recentemente dalla FEM sugli spumanti trentini e della Franciacorta è, a questo proposito, esemplare. La metabolomica al servizio delle zonazioni di precisione. Vicino ad una natura ancora di ricca di componenti strutturali (la varietà delle rocce, la morfologia delle colline, le forme del paesaggio rurale) e biologiche (la grande biodiversità vegetale e animale), c'è un altro "fattore critico di successo" di primaria

Figura 3
Le Unità di Paesaggio



importanza nella competitività globale, che viene messo in evidenza dalla zonazione e che può essere posto alla base nelle aziende vitivinicole, di una nuova cultura d'impresa.

In Italia, a parte qualche lodevole eccezione, a differenza della Francia, non è facile per i viticoltori percepire che la qualità dei loro vini è “sotto i loro piedi”, che risiede cioè nella peculiarità delle caratteristiche pedoclimatiche dei loro vigneti.

Terroir e denominazioni d'origine: sintesi o conflitto nella ricerca della verità che è nei vini?

Se si associa il significato di alcune espressioni come originalità, identità, naturalità, tradizione e tipicità, (valori che sono alla base di un prodotto agroalimentare di qualità), alla percezione che il consumatore ha oggi dei vini Doc, ci si accorge che questa corrispondenza è solo semantica, non di contenuti. Le cause di questa frattura sono molteplici ma quella che avuto un ruolo determinante nel mancato successo della stragrande maggioranza delle denominazioni italiane, è stata l'assenza di una cultura del *terroir* nei produttori, cultura che invece è alla base della protezione e della valorizzazione dei vini territoriali francesi e che si sviluppa nel rapporto tra le caratteristiche dell'ambiente e quelle del vitigno. Questa cultura non è riuscita trovare spazio in Italia, perché, tolte alcune lodevoli eccezioni, la produzione del vino è stata interpretata come un esercizio demiurgico, dove la tecnologia aveva il ruolo fondamentale e l'uva, con le sue caratteristiche compositive, era solo una matrice da correggere in vario modo, per ottenere vini che assecondavano le esigenze mutevoli del mercato.

Alla base di un processo produttivo come quello del vino, così legato alla civiltà delle popolazioni mediterranea-

nee, ci deve essere un principio etico con il quale forse il legislatore 60 anni fa sperava di dare un “anima” alla legge delle Doc, ma che purtroppo così non è stato.

La coltivazione della vite di per sé non dispiega un vino di qualità (non esiste quindi per definizione un “vino naturale”), come l’albero non dispiega da sé un tavolo o una barca. Dall’apparire di questa realtà non risponde l’albero ma il tecnico che operando sulla natura arborea, la porta fuori dalla sua essenza naturale, per disporla in altri prodotti dai quali appare e si svela ciò che la tecnica chiama prodotto. In questa forza dispositiva che fa della natura un fondo disponibile, è custodita l’essenza produttiva della tecnica: l’albero viene tagliato come l’uva viene vinificata e le sue parti, come i nuovi costituenti del mosto, vengono congiunte in rapporti differenti dalle origini e nascono così il tavolo, la barca, il vino.

La natura lignea - come l’uva - è chiamata ad apparire in altro contesto e ad assumere un significato che non possedevano quando erano albero nel bosco o grappoli nel vigneto. Appare un nuovo composto che la natura prima dell’intervento tecnico non lasciava presagire, ma custodiva nella sua latenza. Quel passaggio dalla latenza alla non - latenza, in greco si chiama *alètheia*, la verità. Ma siamo sicuri che nel fare il vino siamo riusciti a svelare la verità che preesisteva nell’uva e che era l’espressione di quel particolare luogo dove si era sviluppata, a comprendere quella provocazione che chiama il nascosto a dispiegarsi? O piuttosto abbiamo fabbricato la verità imitando, con maggiore o minore successo qualcuno che invece è riuscito a cogliere la natura del luogo?

Lo studio di un territorio viticolo attraverso lo strumento della zonazione ed un nuovo umanesimo nella formazione dei tecnici, rappresenta l’uso corretto della tecnica

che contribuisce alla scoperta di quella verità che è insita nell'uva e che viene così resa manifesta in un grande vino.

Ma la passione non può prescindere dalla responsabilità sociale del lavoro del viticoltore, che nasce dalla consapevolezza che la “terra non ci è stata lasciata in eredità dai nostri padri, ma l'abbiamo presa in prestito dai nostri figli”. Il rispetto della terra significa chiederle solo quello che ci può dare e questo atteggiamento sublima il lavoro, in un'alleanza con la terra. Solo così forse troveremo la forza per cancellare le troppe Denominazioni, create spesso per fini elettoralistici, talmente poco amate dagli stessi produttori da non essere neppure rivendicate da loro stessi.

Il ruolo del terroir nella lotta alle frodi ed alle sofisticazioni

La diffusione del vino, nella società europea soprattutto delle grandi città, ha posto nel passato alcuni problemi quali l'uso di additivi chimici usati per mascherarne il sapore e la grande incertezza a determinare l'origine dei vini, specialmente quelli più famosi, in quanto era invalsa la consuetudine di dare ai vini con determinate caratteristiche organolettiche, il nome delle regioni dove in passato questi erano stati prodotti per la prima volta. In particolare, il fenomeno era molto diffuso per gli Champagne prodotti in Italia e Germania o per gli Sherry ed i Porto prodotti in Australia. Curiosa è a questo proposito la posizione di Marx nel III volume del Capitale, dove nel caso di vini pregiati, è il monopolio (legato alla rarità del prodotto ed alla sua origine geografica) che crea la rendita e spesso una demarcazione giuridica di un territorio, consentendo così ai produttori all'interno della zona, di gestire con il controllo dell'offerta, il prezzo del vino. Anche se fu il Porto il primo territorio ad essere delimitato e protetto nel 1675,

furono i francesi gli antesignani della messa a punto del sistema protezione e controllo della qualità e dell'origine. La novità non risiedeva però nel delimitare una zona più vocata ma nel distinguere tra una qualità innata, legata cioè alle caratteristiche del *terroir* ed una qualità acquisita che era invece il risultato delle tecniche utilizzate nella trasformazione dell'uva in vino. Questa distinzione che appare quasi accademica e che non è ancora presente nella nostra legislazione, ha consentito di applicare alla fase di produzione e di trasformazione, diverse normative di difesa. Per difendere la qualità innata, per esempio, la normativa impone alcune caratteristiche che deve avere il vigneto (densità di impianto, vitigni, tecniche colturali, produzione ad ettaro, etc.), mentre la qualità acquisita viene protetta da leggi contro la sofisticazione (aggiunta di acqua, controllo dell'estratto e di alcuni parametri come l'acido acetico, etc.). La prima denominazione a tutela dell'autenticità fu quella dello Chablis istituita nel 1901. In Germania il problema centrale era invece quello dell'aggiunta di zucchero al vino e quindi la classificazione non si basava sui luoghi di produzione, ma sulla qualità organolettica (diversi livelli di zucchero) del prodotto finito. La prima legge in proposito fu istituita nel 1879.

Il terroir ed il senso dell'identità quale paradigma del vino italiano

Lo stile è l'originale espressione di un periodo culturale, di un prodotto, di un modo di fare musica o di vestirsi. Ci chiediamo se il vino prodotto oggi in Italia, ne trasmette uno, riconoscibile. Purtroppo, la risposta è negativa: il nostro Paese presenta una molteplicità di stili non solo tra le diverse Denominazioni ma addirittura tra i vini di una

stessa DOC, dove la tipologia dei vini prodotti spazia tra un gusto internazionale ed il ritorno ai vitigni autoctoni. Mettiamoci nei panni di un consumatore tedesco o inglese in procinto di degustare un Cabernet dall'intenso gusto vanigliato o uno Chardonnay dalla impronta legnosa, prodotti in molte zone viticole italiane, ma indistinguibili da molti altri vini provenienti da tutte le parti del mondo, assieme ad un Barolo o ad un Soave o un Aglianico. Il mercato internazionale costruito con abilità dai Paesi del Nuovo Mondo sul modello francese ha decisamente condizionato le scelte tecniche dei produttori italiani che pur di correre dietro ai gusti altrui, hanno abbandonato il loro stile.

Un grande artista ha affermato che per diventare universali è necessario essere locali: il vino italiano ha bisogno di non perdere il suo stile originario, autentico, il cui *imprinting* qualitativo lo faccia riconoscere dal consumatore straniero e lo faccia per questo scegliere tra altri mille per la sua irripetibilità. Certo non è facile conciliare le due tendenze contrapposte che manifestano i mercati anglosassoni e che diventano sempre più pregnanti anche sul nostro: da un lato una forte spinta a semplificare ed innovare i messaggi della comunicazione, dall'altro la tendenza quasi di segno opposto, volta a soddisfare un irriducibile richiesta di novità. "Prova qualcosa di nuovo oggi" è il messaggio della più grande catena di distribuzione inglese. Può sembrare paradossale ma questa tendenza sta portando molti Paesi a valorizzare il concetto di territorio e più in generale il nesso tra la viticoltura ed una originale interpretazione enologica dell'uva. Dunque, tipicità legata al territorio, una proprietà di appartenenza del vino italiano ad una categoria particolare, conseguenza non solo di una origine geografica ma di fattori umani e rivendicata da comunità portatrici di memorie. Dobbiamo ridare allora alla parola

tipicità il suo significato originario, che faccia identificare quasi in modo istintivo un vino italiano.

Fortemente connessa al territorio ed alla difesa delle tradizioni e dell'ambiente, è la produzione dei vini cosiddetti "naturali," espressione della viticoltura biologica e biodinamica, fenomeno che presenta contorni molto vasti per sigle e ancora poco definiti per contenuti, ma indica come il consumatore culturalmente più evoluto avverte l'esigenza di utilizzare nuovi criteri di scelta che vadano al di là di quelli tradizionali (prezzo, provenienza, vitigno, marchio) e che siano in grado di offrire significati sociali ed ecologici ai loro acquisti.

Il termine "eco-compatibile" o "eco-sostenibile" (Fig. 4) nasconde però, al di là dei nobili propositi, il tentativo più o meno esplicito di esorcizzare la crescente banalizzazione del vino nel mondo e di offrire l'occasione ad una ristretta cerchia di consumatori di distinguersi attraverso la scelta di questi vini, distinzione però esercitata non per la qualità intrinseca del vino ma solo dal loro elevato potere d'acquisto. Nell'eterno dualismo tra conservatorismo e progressismo, queste espressioni di viticoltura di moda presentano aspetti interessanti per il rispetto integrale della complessità del terreno, ma anche l'adozione di pratiche esoteriche che portano ad un rigido ed acritico inquadramento intellettuale del produttore e del consumatore. Produrre vino rispettando le risorse del territorio in senso lato, vuol dire anche tentare una sintesi tra le emozioni suscitate da un paesaggio e le caratteristiche sensoriali del vino prodotto in quell'ambiente ed attraverso questa mediazione tra natura e cultura, offrire indicazioni per salvare rappresentazioni simboliche ed esigenze ambientali, per ricordare istanze estetiche a fatti economici, per rispettare tensioni produttive e bisogni turistici.

Figura 4
Viticultura ecocompatibile (da Lonardi, comunicazione personale)



Gli elementi del terroir e lo spazio-socioculturale del vino

Tra i produttori di vino, si assiste ad un'esaltazione spesso solo verbale della tradizione, che però per conservarsi pura dovrebbe restare distante dal mercato e da una pervasiva pratica liberistica, che ha come solo scopo l'efficienza e la creazione di ricchezza. In particolare, sembra manifestarsi il predominio di una certa versione mortificata della tradizione che guarda al passato solo per celebrarlo e che espelle dal proprio orizzonte culturale la reciprocità tra sfera economica e sfera sociale che è alla base della formazione stessa della tradizione.

Una efficace esemplificazione del significato di tradizione proviene dal recente interesse per i vitigni autoctoni o antichi o tradizionali, che diventano il paradigma per la comprensione di altri fenomeni di moda nel settore vitivinicolo ed un'occasione per proporre qualche elemento di

meditazione sul tema. Il ritorno dei vitigni antichi alla coltivazione va interpretato nel segno della tradizione come un tradimento fedele della tradizione stessa, solo se la loro coltivazione e vinificazione non ricalca gli schemi del passato, ma utilizza correttamente l'innovazione tecnologica per offrire ai consumatori vini moderni, salubri, adatti al gusto ed alle abitudini alimentari dei nostri giorni.

Vanno però rispettati alcuni prerequisiti, come esplicita la semantica della parola tradizione. Nell'azione di recupero e di valorizzazione di questi vitigni si presuppone un'azione collettiva, nell'interpretazione dei valori di ciò che si vuole trasmettere e non l'appropriazione solitaria di qualche viticoltore che trasforma la scoperta di un vitigno autoctono in un affare aziendale. Nella parola tradizione va colto anche il ritorno ai valori universali e atemporali, che sono insiti nella parola, nei confronti della globalizzazione che ha ormai fortemente intaccato anche le radici della nostra viticoltura.

Con la presenza in molti vini italiani di percentuali più o meno grandi di vitigni cosiddetti internazionali, con l'impiego indiscriminato della barrique, con la proliferazione di additivi ed coadiuvanti e la standardizzazione delle operazioni fondamentali nel processo di trasformazione dell'uva, abbiamo modificato il gusto dei nostri vini, operato sul sapere trasmesso e sull'esperienza tramandata in modo subdolo, nello stesso modo con il quale i prestiti linguistici inquinano l'integrità delle lingue. Queste considerazioni fanno comprendere che la produzione del vino in molte parti del mondo è ormai una vera e propria mistificazione della tradizione: l'enologo francese che riproduce ovunque il modello bordolese, perché conosce solo quello e che trasforma tante viticolture europee e sudamericane in periferie di Bordeaux, è solo un esempio di un fenomeno

più ampio, al quale, per il principio di azione e reazione, alcuni viticoltori radicali, detti anche etici, dotati di particolari sensibilità, rispondono a questa perdita di identità, con il ritorno alla tradizione viticola più arcaica, che non appartiene peraltro alle loro origini, senza una corretta interpretazione che consenta di cogliere in quelle scelte non solo ritualità esoteriche, ma soprattutto la funzionalità nei confronti di una qualità genuina, i cui risvolti di umanità spesso sfuggono al giudizio degli “esperti”.

Lo stile è l'originale espressione di un periodo culturale, di un prodotto, di un modo di fare musica o di esprimere un'arte visiva. Ci si chiede se, con il vino prodotto dalle numerose denominazioni d'origine italiane, ne trasmettiamo uno riconoscibile, come ad esempio ha fatto la Francia con i vini di Borgogna o di Bordeaux. Purtroppo, la risposta è spesso negativa: l'Italia presenta una molteplicità di stili non solo tra le diverse denominazioni ma addirittura tra i vini di una stessa DOC, dove la tipologia dei vini prodotti spazia tra un gusto internazionale ed il ritorno ai vitigni autoctoni. Tra i tanti vini prodotti da uno stesso vitigno e quelli più noti e diffusi nel mondo, che non sono più di dieci, la novità è appunto data dallo specifico ed univoco territorio di provenienza.

Dopo anni spesi alla ricerca della cosiddetta *consistency* (uno stile consolidato, svincolato dagli andamenti stagionali e dalle caratteristiche del pedoclima), il Nuovo Mondo ha scoperto l'importanza del territorio. Con il termine di *regional heroes* (eroi regionali) vengono chiamati i vini australiani che provengono da un preciso luogo di provenienza. Analogamente le AVA (*American Viticultural Area*) sono un'istituzione recente e importante in California ed in Oregon. Attualmente sono un centinaio di cui 11 nella Napa Valley e 12 nella contea di Sonoma e si ispirano

alle Denominazioni d'Origine europee. Questo ritorno alle origini nelle modalità con il quali si designa un vino, con il luogo della sua produzione, rivaluta il ruolo delle tradizioni o meglio di una sua corretta interpretazione, per proteggerci dagli effetti della globalizzazione, senza però farci imprigionare dal fondamentalismo di chi ha rifiutato l'innovazione portata dal progresso scientifico.

Comprendere le risorse pedoclimatiche di un territorio viticolo, valorizzarle con una scelta genetica e con tecniche colturali adeguate, vuol dire sfuggire alla crescente banalizzazione dei vini sempre più espressione della tecnologia enologica. Non è peraltro facile per il produttore italiano, a parte qualche eccezione, credere nei valori trasmessi dal territorio come invece hanno sempre fatto i francesi fino dall'epoca medioevale. Per noi la tradizione, fino al secolo scorso, si è limitata a trasmetterci numerosi vitigni, una viticoltura promiscua e la trasformazione enologica quasi come una necessità per l'agricoltore, che nel vino identificava soprattutto un integrativo energetico alla sua povera dieta quotidiana.

Del legame tra territorio e vino si è iniziato a parlare in Italia, molto timidamente alla fine degli anni '20 con i "vini tipici" e solo nel 1965, sul modello delle AOC francesi, è stata introdotta la normativa sulle Denominazioni d'origine. Anche se il mondo in continuo cambiamento rende incerti i legami culturali ed induce la gente a mettere in discussione le proprie radici, costringendola ad adottare regole altrui, il modo per evitare che la standardizzazione possa portare alla scomparsa di culture è quello di inventare nuove forme culturali, quello che gli antropologi chiamano *edge effect*, effetto di bordo, espressione usata per descrivere quel che accade quando due culture differenti si incontrano: ai margini spesso succedono le cose più interessanti.

L'Italia è il risultato di tanti apporti culturali provenienti da ogni angolo del Mediterraneo: un margine che con il tempo è diventato un centro e che ha elaborato, mescolando in forme originali, ciò che giungeva da sistemi diversi. Un esempio musicale può far ben comprendere questa affermazione. Nelle Suite per violoncello di Bach, c'è un movimento di danza chiamato sarabanda. La sarabanda ha avuto origine dalla musica dei Berberi per accompagnare una danza lenta e sensuale. Passata in Spagna, fu proibita perché considerata indecente, lasciva. Gli spagnoli l'hanno portata nelle Americhe ed in Francia, divenendo una danza di corte. Nel 1720 Bach ha usato la sarabanda come uno dei movimenti delle sue suite. A chi appartiene allora la sarabanda? Adottata da tante culture diverse, ognuna l'ha investita di significati particolari: in realtà questa musica è ora di tutti, ma solo Bach l'ha nobilitata. Così è per il vino italiano.

E il risultato di apporti di vitigni e tecniche viticole dalle origini lontane e misteriose, che presi singolarmente appaiano incompiuti e solo nella nostra viticoltura trovano una sintesi perfetta, una *fusion* tra prodotti, stilemi, linguaggi, che bene appaga i desideri di eclettismo e di sincretismo del consumatore moderno. Eclettico è colui che si muove con disinvoltura combinando stili diversi, sincretico perché riesce a fonderli in modo armonico, realizzando una sintesi seduttiva.

Se la risorsa principale della tradizione è nella sua capacità di tutelare e tesaurizzare le diversità, è proprio nell'uniformità della trasmissione acritica del passato che muoiono le tradizioni.

Per riuscire a dare alla nostra viticoltura un nuovo futuro non dobbiamo contare né sul tradizionalismo, né sull'innovazione tecnologica, ma partire da una corretta

interpretazione della tradizione concentrando la nostra attenzione su due nodi cruciali della filiera vitivinicola: la formazione degli enologi e la comunicazione dei valori della nostra viticoltura.

La nascita della scienza enologica coincide nell'800 con l'azione terapeutica del tecnico nei confronti delle numerose "malattie del vino" e di conseguenza sui difetti gustativi che queste provocano. Un cambiamento di prospettiva è avvenuto circa un secolo dopo, in gran parte per merito di E. Peynaud, che ha trasformato l'enologia in una pratica estetica, atta a ridurre gli effetti della casualità sul gusto del vino. Ma il rischio è ora quello della normalizzazione gustativa che porta appunto al discorso estetico dell'enologia, facendoci passare dall'era dei vini voluti all'era dei vini subiti. Il virtuosismo tecnico è abile oggi a mascherare l'impoverimento crescente dell'orizzonte gustativo, con la costante ricerca delle novità per stimolare l'immaginario del consumatore.

Abbiamo bisogno per questo, non di un enologo demiurgo, impegnato in decine di consulenze, ma piuttosto di un interprete quotidiano dei cicli naturali della vite e dell'evoluzione del vino in cantina, che possa interpretare i diversi *terroir* dell'azienda e valorizzare la diversità compositiva dell'uva attraverso interventi di tecnica enologica non standardizzati ma personalizzati ad ogni partita di uva che entra in cantina. Per questo la formazione dell'enologo dovrebbe garantire in futuro una buona preparazione tecnica cercando però nei programmi di insegnamento di ridurre il divario crescente tra tecnica e cultura/natura, per sottrarsi a quel pensiero unico che pretende di regolare i comportamenti produttivi della cosiddetta viticoltura tradizionale che si oppone ad una colonizzazione che,

attraverso la forza economica della stampa specializzata dei Paesi del Nuovo Mondo, tende a delegittimare i valori della tradizione europea dove, ad esempio, il successo dei vitigni autoctoni viene comunicato come il rimpianto e la nostalgia di un'epoca passata, una moda effimera.

Emozioni, simboli e comunicazione del vino

Assistiamo ad un grande cambiamento nei modi di giudicare un vino: nel cinema o nella narrativa, la critica rappresentava il punto finale di un vino, come di molti libri letti o di molti film visti. I commenti erano interessanti, aprivano mondi, mostravano spunti nuovi e talvolta sorprendenti. Vi era anche il giudizio della gente comune che beveva un vino o leggeva un libro e parlava con gli amici. Da quando esistono i *social network* tutto è cambiato. In *primis* perché la democrazia del web non tollera facilmente l'autorevolezza del critico (per la verità spesso poco autorevole) e poi perché il buon senso non si può riassumere in “mi piace o non mi piace”.

Si leggono opinioni, giudizi, espressioni prese a prestito un po' dovunque, si cerca di dimostrare di essere più bravi degli altri, ma spesso manca l'esperienza e la conoscenza. Un risultato però è stato ottenuto: quello di aver messo fuori gioco il pensiero unico degli *opinion leader* che avevano codificato i canoni della qualità, spesso non per i meriti dei vini, ma per le loro appartenenze. Queste informazioni non sono certo una novità, almeno per gli addetti ai lavori, ma evidenziano un deficit di strategie di marketing che non riescono a cogliere i cambiamenti in atto nella società sempre più “liquida”, dove circola troppa informazione, dove per il destinatario diventa difficile estrarre significati che abbiano per lui un effettivo valore. Si assiste così ad un

crescente processo di de-semantizzazione del linguaggio e di logoramento dei processi simbolici.

Ci si augura che in questo periodo di crisi, come era avvenuto all'epoca dello scandalo del metanolo, possa esserci un rinnovamento capace di trasformare le minacce in opportunità. Detto in termini brutali il mondo del vino deve trovare una risposta convincente alla domanda radicale del consumatore "perché dovrei bere il (tuo) vino?" In questi anni abbiamo assistito alla proliferazione di vini, gestiti in modo prevalente dagli uomini di marketing con gli uomini della vigna in secondo piano, quasi ridotti a pura icona. L'immagine ha avuto la meglio sulla sostanza, si è cercato di creare una aspettativa pressoché magica di godimento e piacere con grande dispendio di effetti speciali, poi al momento della verità, quello dell'incontro tra il tanto decantato vino e le papille del consumatore, quest'ultimo si è trovato spesso a registrare uno scarto significativo tra le aspettative indotte ed il suo concreto vissuto, sia sensoriale che emotivo.

La comunicazione così come viene realizzata oggi è contro la tradizione, non perché trasmette l'effimero o il provvisorio ma perché usa in modo improprio il linguaggio, nell'ambivalenza che hanno le parole nel loro significato. La tradizione è a questo proposito un esempio molto pertinente. Nel campo della comunicazione del vino l'essenziale è sottrarsi a quel pensiero unico che pretende di regolare i comportamenti produttivi della cosiddetta viticoltura tradizionale, che, non a torto, si oppone ad una colonizzazione che tende attraverso la stampa specializzata dei Paesi del Nuovo Mondo a delegittimare i valori della tradizione della viti-enologia europea ed a creare i presupposti presso i consumatori di un'immagine del vino globalizzata e standardizzata.

Ma il vino è un oggetto estetico, non per i suoi contenuti meramente sensoriali ma per quelli spirituali, i suoi valori gusto-olfattivi. L'olfatto facendo parte di un complesso di impressioni sensoriali diverse, cioè dei sensi del gusto, della temperatura e del tatto del cavo orale, contribuisce a costituire la forma dei cibi, come afferma Katz nella sua "Psicologia della forma", dove viene rifiutata quella descrizione psico-chimica, atomistica del vino quale sommatoria di sensazioni tattili, termiche e sensoriali (sommatoria aggregativa), oggi tanto in voga, considerando invece l'effetto sinergico delle sue parti, che supera quello della somma delle stesse.

Nella fruizione di un vino gli atteggiamenti estetici sono di tipo normativo o evocativo. Per il primo, il vino è un artefatto più o meno perfetto secondo i canoni correnti della qualità (punteggi delle guide o dei concorsi enologici) che attualmente sono semplificati o dalla potenza (concentrazione, corpo, struttura) o dall'eleganza (finezza, delicatezza, complessità) e che rappresentano l'apoteosi della banalizzazione perché tutti produttori si identificano in quei modelli fortunati dal punto di vista commerciale e tendono ad imitarli.

Per il modello evocativo invece, nel vino sono ricercati gli aspetti interiori, quelli dell'anima, la sua poesia e la sua immagine più bella è quella di un vino come una danza dove i suoi profumi disegnano un movimento. Un grande vino traccia arabeschi di profumi, è mobile, dispiega forze dinamiche. Con quale vino ci confronteremo in futuro? Con il primo o con il secondo? Personalmente amo il vino italiano come si ama un amico, non solo nel senso che lo desidero come qualcosa di buono e di cui godo con piacere, ma proprio nel senso che lo amo perché gli auguro del bene.

Nei comportamenti collettivi di una degustazione mo-

derna si scorge l'antico rituale simbolico contenuto nel simposio greco e nella messa cristiana e che può essere definito come "principio di incorporazione".

Il consumatore d'oggi si pone inconsapevolmente due problemi importanti e sostanzialmente nuovi: quello relativo alla distruzione dell'alimento o del vino nella sua forma materiale e quello della trasmutazione nei tessuti del proprio corpo. Due aspetti inerenti all'atto del nutrirsi, risolti nel mondo classico attraverso i riti dionisiaci (il dio che muore due volte, con il dilaniamento dell'uva nella pigiatura e dopo la rinascita dovuta alla fermentazione, nell'atto del bere), e nel cristianesimo con la morte e la resurrezione del Cristo, il tentativo dopo la separazione cartesiana dello spirito dal corpo, di ricongiungerli identificando l'esterno del corpo (l'alimento) con l'interno, la forza vitale che identifica lo spirito che lo ricongiunge alla terra.

Jung nella fenomenologia della messa riconosce nel "mangiare il dio", il significato di "*syn-ballein*" (da cui il termine "simbolo"), lo stare assieme, l'alchimia per trasformare la materia grezza del vino, in una nuova realtà psichica, la sottomissione della realtà biologica all'esigenza spirituale che rafforza il legame sociale. Nel lontano passato il vino era al centro delle varie manifestazioni delle società occidentali come, i festeggiamenti per le nascite, per i matrimoni, nei riti di passaggio, fino all'inumazione dei morti. Ora è in atto un fenomeno di de-simbolizzazione, che testimonia il progressivo allontanamento dell'uomo moderno dalle suggestioni del mito. Quali le conseguenze sulla sociologia dei consumi del vino? Nel simposio greco come nel consumo del vino in compagnia, dei giorni nostri, dove un vino è accompagnato da un buon argomento condiviso dalla tavolata, è difficile che l'aura evocativa porti all'ubriachezza.

È il bere dei giovani che si vogliono ubriacare rapidamente, non tanto il bere a stomaco vuoto ma il bere a cervello vuoto. Volenti o nolenti dobbiamo tornare al significato religioso del vino, non tanto in quello della fede ma nel termine dell'appartenenza con il quale si comprendono tutti i costumi e le cerimonie profane che legittimano la comunità umana e le comunità sono legate ad un territorio. Nel vino ritroviamo il profumo di un paesaggio, della terra madre.

Chi rifiuta di bere vino manda un messaggio importante: non appartiene a questa terra. La crisi del vino nel nostro Paese, segnata da volumi costantemente flettenti, è di natura socio-antropologica e può ascriversi alla pratica collettiva del suo consumo. Bere vino da soli genera forti sensi di colpa. Tutti gli altri consumi sono sempre più individualizzati e si adattano flessibilmente alla trasformazione della vita sociale. Il vino invece continua a vivere e morire della retorica che lo soffoca. Se il consumo del vino nel passato era soprattutto familiare, oggi si sposta fuori casa. Gli italiani amano parlare di vino sebbene la loro esperienza diretta sulla coltivazione della vite, sul ruolo del suolo o del clima, sulle caratteristiche dei vari vitigni sia molto scarsa. Ne consegue che sebbene la cultura del vino sembri in continuo sviluppo, in realtà quando si tratti di passare ai fatti acquistando qualche bottiglia di pregio, la determinazione nel farlo diventa piuttosto sporadica.

Riusciremo dopo il Covid-19 a mantenere fede a questi principi della nostra cultura mediterranea?

Spendere per il vino sembra alla maggior parte degli italiani un investimento ingiustificato a meno che non subentrino alcune buone ragioni quali il fine ostentativo o

una fruizione edonistica che, in ambedue i casi, non mirano ad un apprezzamento obiettivo del valore del vino ma lo trattano come un mezzo per il soddisfacimento dei propri sensi, un mezzo per suscitare un piacere soggettivo. Eppure, il vino, quello dai contenuti sensoriali particolari e dai forti connotati di marca, sembra essere in grado di farci uscire dalla nostra routine quotidiana, che tende a sopprimere ogni residuo pensiero simbolico, re-introducendo il tempo ciclico, scandire il passaggio delle stagioni ed in particolare di rievocare l'autunno con le sue sensazioni ed i suoi ricordi connessi all'ampio repertorio iconico legato all'uva ed alla sua coltivazione.

Parte prima

Abstract

Il concetto di terroir si sta affermando sempre di più nel mondo come strumento di promozione commerciale, ma soprattutto di valorizzazione della qualità e tipicità della produzione viticola ed enologica. Alla base dell'effetto del terroir sul vino ci sono gli aspetti fisici del territorio, a partire dalla natura della geologia e dei suoli. Ma come è possibile riconoscere il terroir in campo? Anzitutto dall'esame accurato del profilo di suolo e della risposta viticola, come nel capitolo viene riportato per 14 vigneti commerciali appartenenti a importanti aziende vitivinicole poste in sei zone rappresentative dei principali ambienti geologici e dei vini più rinomati a base Sangiovese prodotti in Toscana. Le relazioni tra geologia, morfologia, pedoclima, suoli e ambiente radicale hanno evidenziato le peculiarità e similitudini dell'effetto terroir sulla risposta viticola e potenzialità enologica del Sangiovese in ogni vigneto e fornito indicazioni pratiche per la gestione conservativa dei suoli.



Scansiona il qr-code per visualizzare il contenuto multimediale

Short CV

Sono un agronomo specializzato in Pedologia, attuale Presidente eletto della Unione Internazionale delle Scienze del Suolo, segretario della Società Europea della Conservazione del Suolo, membro dell'Accademia dei Georgofili e dell'Accademia Nazionale di Agricoltura. Sono stato dirigente di ricerca del CREA-Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria e docente di Pedologia all'Università di Siena. Mi occupo di ripristino e conservazione del suolo e dei suoi servizi ecosistemici; cartografia pedologica; gestione sostenibile e idoneità del suolo per la viticoltura e l'olivicoltura.

Geologia e pedologia dei terroir del Sangiovese in Toscana

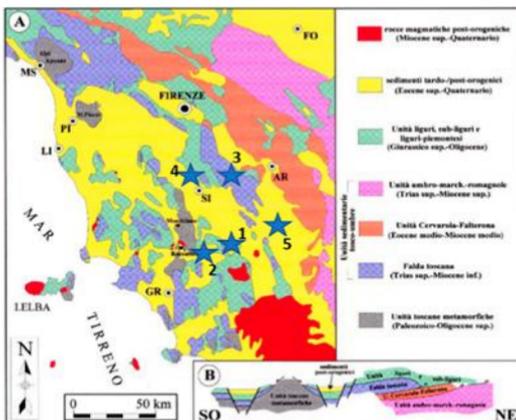
di Edoardo Costantini

Introduzione

Scopo di questo studio è spiegare con esempi pratici l'importanza delle componenti geologia e pedologia nell'ambito dell'effetto "terroir" (Costantini, 2015; Vaudour et al., 2015), specificatamente nei terroir del Sangiovese in Toscana. A tal fine, sono state scelte sei zone come esemplificative dei principali ambienti geologici e allo stesso tempo dei vini più rinomati a base Sangiovese prodotti in Toscana (Fig. 5).

Figura 5

Carta e sezione geologica schematica dell'Appennino settentrionale (da Pandeli, 2008). Le stelle e i numeri indicano le aree in studio. 1: Castiglione d'Orcia (podere Forte), 2: Montalcino (azienda Banfi), 3: Castelnuovo Berardenga (azienda San Felice), 4: Castellina in Chianti (azienda Cecchi), 5: Montepulciano (aziende Tre Rose e Vallocaia-Bindella) -A.



In tali zone sono stati descritti in campagna i profili di suolo e i substrati geologici di 14 vigneti commerciali appartenenti a 6 importanti aziende vitivinicole. Per la descrizione geologica delle aree in studio si è fatto riferimento alla cartografia ufficiale toscana (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/geologia.html>) mentre per la interpretazione pedologica dei terroir indagati ci si è avvalsi della ampia bibliografia prodotta negli ambienti indagati (vedi riferimenti).

Origine geologica della Toscana

La regione Toscana è caratterizzata per lo più da rocce sedimentarie, mentre le magmatiche e le metamorfiche coprono una estensione più limitata (Fig. 5). Stratigraficamente, le rocce sedimentarie riposano su quelle metamorfiche, più antiche, e rappresentano il margine continentale africano dell'antico oceano della Tetide. L'Oceano Tetide era un braccio oceanico disposto in senso Est-Ovest che nei tempi geologici compresi tra il Permiano ed il Miocene separava l'Africa settentrionale dall'Europa e dall'Asia.

L'apertura dell'Oceano Tetide avvenne circa 250 milioni di anni fa, tra il Permiano ed il Triassico inferiore, e portò alla separazione dell'antico unico grande continente Pangea in un blocco continentale settentrionale (Laurasia) ed uno meridionale (Gondwana). L'allontanamento delle due parti della Pangea proseguì fino al Giurassico, quando i movimenti delle placche tettoniche si invertirono ed iniziò una contrazione dell'Oceano Tetide stesso. Le rocce sedimentarie toscane quindi si sono formate dal consolidamento (diagenesi) di sedimenti marini che hanno iniziato a depositarsi nel Trias-

sico superiore. Le rocce sedimentarie più antiche sono derivate da sedimenti marini legati ad un evento di trasgressione che ha portato alla deposizione di sedimenti prevalentemente carbonatici e marnosi in un lungo intervallo di tempo che comprende la parte superiore del Triassico, il Giurassico, fino al Cretaceo, per circa centottanta milioni d'anni (da 230 fino a 65 milioni di anni fa). Durante i successivi Paleocene e Eocene (64 - 34 milioni di anni) si sono depositate, ancora in un ambiente di mare profondo, rocce sedimentarie di natura calcarea, marnosa e argillosa, all'interno delle quali si ritrovano alcune intercalazioni di livelli silicei e carbonatici.

Successivamente, nell'Oligocene (tra 34 e 23 milioni di anni), all'interno di profonde fosse oceaniche, si sono formate le rocce prevalentemente arenacee della formazione del Macigno, del Cervarola-Falterona e, nel Miocene inferiore e medio (23 - 12 milioni di anni), della formazione Marnoso-Arenacea (Pandeli, 2008; Pandeli et al., 2012).

A partire dal Miocene medio superiore (12 - 7 milioni di anni) in Toscana iniziò una fase di sollevamento ed emersione, tuttora attiva nel versante adriatico, che portò alla formazione della catena dell'Appennino Settentrionale per effetto della collisione dei due paleocontinenti Laurasia e Gondwana, comprendenti l'Europa uno e l'Africa l'altro, e dei conseguenti fenomeni compressivi. La formazione dell'Appennino ha portato alla sovrapposizione di serie sedimentarie depositatesi in differenti zone di sedimentazione, distanti tra di loro anche oltre 150 km dalla collocazione attuale. Con la migrazione verso Est del fronte di accavallamento della catena appenninica, nella sua porzione interna (area tirrenica, Toscana centrale e meridionale), si sono formate

durante il Messiniano (7 - 5 milioni di anni) aree depresse con acque basse e con deposizione di sedimenti evaporitici gessosi. Una nuova ingressione marina iniziò a partire dal Pliocene (5 milioni di anni fa) con la formazione prima di sedimenti marini costieri, sabbiosi ed argillosi e, successivamente, lacustri e alluvionali durante il Pleistocene (da 2,58 milioni a 11.700 anni fa) e Olocene (11.700 anni ad oggi) (Pandeli, 2008; Pandeli et al., 2012). Le fosse tettoniche più occidentali lungo la costa, in particolare, sono state ripetutamente invase dal mare in seguito a variazioni del suo livello, dovuto principalmente al succedersi delle glaciazioni e ai movimenti della crosta terrestre, dando luogo a depositi di tipo continentale e marino. Le fosse più orientali invece, più elevate, diventarono sede di bacini lacustri (laghi di Castelnuovo Garfagnana e di Barga, i laghi del Mugello, Casentino, Val di Chiana e Valdarno).

All'interno dei bacini lacustri e lungo i fiumi, e anche in prossimità della costa, le variazioni di quota avvenute durante il Pleistocene hanno portato alla formazione di imponenti superfici terrazzate, sostenute da sedimenti di diversa natura (marina, fluviale, lacustre), in alcuni casi coperti da deposizioni eoliche.

Queste deposizioni si sono originate per ragioni molteplici durante il Pleistocene (in primis l'abbassamento del mare durante le glaciazioni e il progressivo disseccamento del Sahara) e poi si sono succedute fino all'Olocene antico, per la presenza di superfici locali denudate e a seguito di eventi climatici aridi in concomitanza della imponente trasformazione del paesaggio avvenuta a causa degli interventi di incendio, disboscamento e messa a coltura da parte dell'uomo, accelerata dopo l'avvento dell'età dei metalli (Costantini et al., 2018).

L'epoca storica dell'Olocene è stata caratterizzata dall'erosione accelerata dei suoli, causata dalla progressiva intensificazione del loro uso da parte dell'uomo. La modificazione del territorio è arrivata a trasformare la morfologia dei versanti e ad interessare anche i sedimenti e le rocce sottostanti, a seguito della meccanizzazione sempre più spinta e soprattutto degli interventi di livellamento e movimento di terra (Costantini et al., 2012). Sempre durante l'Olocene recente, la bonifica di molte aree lagunari e lacustri, sia costiere che interne, ma anche di collina (terrazzamenti) ha anch'essa contribuito a modificare il paesaggio geologico ed aumentare la presenza di coltri sedimentarie recenti.

Il succedersi degli eventi geologici in una regione tettonicamente attiva per molti milioni di anni ha provocato una complessità spaziale molto accentuata di affioramenti di rocce e sedimenti. Le zone in studio non fanno eccezione, anzi, si può notare come proprio in corrispondenza dei dintorni dei vigneti in esame la variabilità geologica sia spesso superiore ad altre aree della Toscana (Fig. 6). Variabilità che è stata ulteriormente accentuata dall'azione dell'uomo, recentemente sempre più intensiva e parcellizzata.

Le rocce, i sedimenti, i suoli dei vigneti indagati e la risposta degli apparati radicali della vite

I vigneti indagati sono posti in provincia di Siena, in ambienti geologici e pedologici ben differenziati e caratteristici della coltivazione del Sangiovese in Toscana centrale, in particolare nelle zone di produzione dei vini a denominazione di origine Brunello di Montalcino, Chianti Classico, Orcia, Chianti dei Colli Senesi e Nobile di Montepulciano. La localizzazione geografica dei vi-

gneti è riportata in Figura 7. I caratteri geologici dei profili di suolo dei vigneti sono invece riassunti in Tabella 1.

Figura 6

Carta geologica della Toscana centrale (scala originale 1:300.000, da Geoscopio, Regione Toscana). Le stelle e i numeri indicano le aziende in studio. 1: podere Forte, 2: azienda Banfi, 3: azienda San Felice, 4: azienda Cecchi, 5: azienda Tre Rose, 6: azienda Vallocaia-Bindella

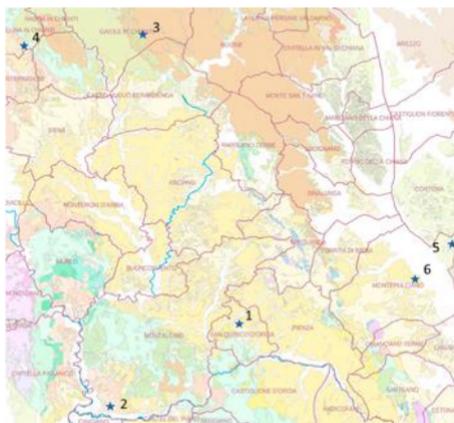


Figura 7

Geografia delle aziende viticole indagate

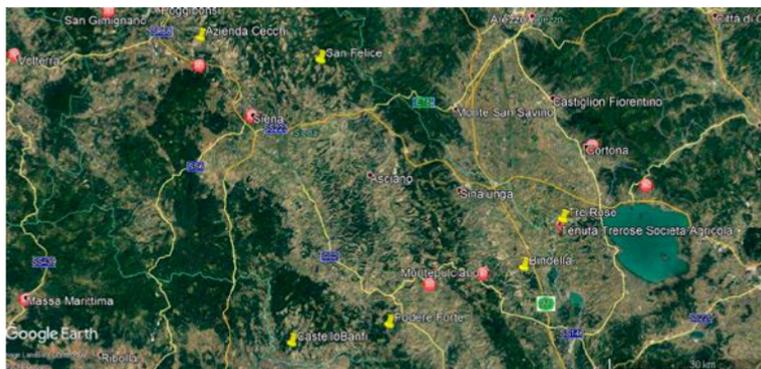


Tabella 1
Caratteri geologici dei profili di suolo dei vigneti delle aziende in studio¹

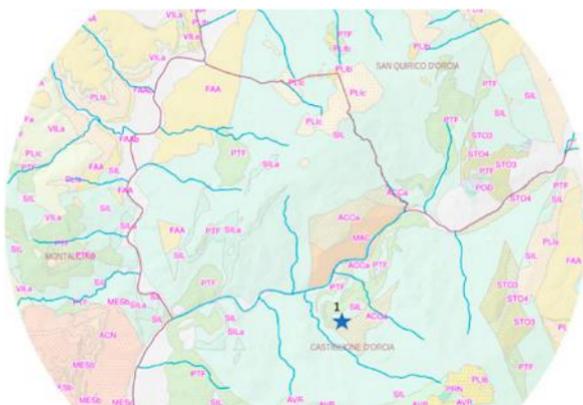
Azienda e Area in Studio	Vigneto e Profilo di Suolo	Formazione Geologica	Era	Periodo	Epoca	Età della Sottoepoca (Ma)	Materiale Genitore del Suolo (Substrato Pedogenetico)
1 Forte Casitigione d'Orcia	1	Formazione di Sillano (SIL)	Mesozoico-Cenozoico	Cretacico-Paleogene	Cretacico superiore-Paleocene	100 - 60	Argilliti, calciluiti e sedimenti colluviali recenti
	2						Argilliti e calciluiti
2 Banfi Montalcino	Tavemelle	Argille azzurre (FAA)					Argille marine saline
	Marchigiana	Alternanze di ciottolami, sabbie e limi argillosi e Conglomerati marini poligenici (FAAg e PLIb)	Cenozoico	Neogene	Pliocene	5,3 - 3,6	Alternanze di ciottolami, sabbie e limi argillosi
3 San Felice Castelnuovo Berardenga	I Colti	Formazione di Monte Morello (MLL)	Cenozoico	Paleogene	Paleocene superiore-Eocene medio	60 - 41	Alternanze di calcari marnosi (Alberese) con calcareniti e marne
	San Carlo	Macigno (MAC)	Cenozoico	Paleogene - Neogene	Oligocene superiore-Miocene inferiore	28 - 23	Arenarie quarzoso-feldspatico-micacee gradate, in strati di potenza variabile, con livelli più sottili di siltiti
	San Vito	Sabbie e arenarie gialle (PLIs)	Cenozoico	Neogene	Pliocene	5,3 - 3,6	Sabbie, ciottolami e limi marini
4 Cecchi Castellina in Chianti	Villa Rosa	Argille lignitifere (ACN)	Cenozoico	Neogene	Miocene	6 - 8	Argille lacustri e lagunari e conglomerati poligenici, coperture colluviali con calcare marnoso (Alberese)
5 Tre Rose Montepulciano	Santa Caterina	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (VILh)	Cenozoico	Quaternario	Pleistocene	3,6 - 1,8	Limi e sabbie lacustri
6 Vallocaia (Bindel-la) Montepulciano	Boscarelli	Alternanze decimetriche e metriche di argille e sabbie risedimentate (FAAd)	Cenozoico	Neogene	Pliocene	5,3 - 3,6	Colluvio recente di sedimenti franco-argillosi su argille pedogenizzate

¹ La formazione geologica è quella riportata da Geoscopio della Regione Toscana, il materiale genitore è quello osservato in campagna.

Area 1: Castiglione d'Orcia (azienda Podere Forte)

Nell'azienda Podere Forte sono stati esaminati i suoli di due vigneti, entrambi posti sulla Formazione di Silvano (SIL) ma formatisi su materiali in parte diversi, in dipendenza di fenomeni geomorfologici recenti (Fig. 8).

Figura 8
Carta geologica dell'azienda Forte e dintorni
(Geoscopia Regione Toscana)



Il suolo del vigneto 1

Nel profilo di suolo del vigneto 1, posto a circa 400 m di quota, sono presenti sedimenti colluviali recenti², prodotti dall'accumulo di suolo eroso proveniente dai versanti posti a quote superiori (Fig. 9).

All'osservazione di campagna il profilo di suolo si presenta profondo, abbastanza ben strutturato, con una pietrosità scarsa e una radicazione profonda e ben distribuita fino a circa 120 cm, ma limitata dalla bassa macroporosità negli orizzonti profondi (radicabilità* stimata 672 mm). Il suolo è calcareo e abbastanza povero in sostanza organica. La permeabilità e disponibilità di ossigeno per le radici è buona in tutta la profondità radicabile, mentre diminuisce molto negli orizzonti sottostanti.

Il suolo del vigneto 2

Il suolo del secondo profilo è molto più sottile del precedente, con presenza al suo interno delle rocce della Formazione di Sillano (Fig. 11). Il profilo di suolo è posto a quota più alta del precedente (circa 450 m s.l.m.) si presenta profondo ma con elevata pietrosità, poco strutturato, calcareo e molto povero in sostanza organica. Il suo grado di orizzontazione (sviluppo di orizzonti pedogenetici) è piuttosto limitato, a causa evidentemente dell'erosione subita dal suolo all'impianto del vigneto e successivamente durante la coltivazione. La radicabilità stimata è senz'altro inferiore al suolo precedente, soprattutto sotto alla profondità di scasso (circa 70 cm), ma la natura scistosa della roccia consente un

² Per il significato del termine "colluviale", come per tutti i termini tecnici pedologici vedi: Costantini et al., 2007.

Figura 9
Il profilo del vigneto 1 del Podere Forte sulle siltiti della Formazione di Sillano e depositi colluviali



***La radicabile**

La radicabile è un indicatore di qualità del suolo che esprime il volume di suolo unitario potenzialmente esplorabile dalle radici. È funzione della profondità radicabile, cioè della profondità del suolo fino ad un orizzonte impenetrabile dalle radici o fortemente limitante, della pietrosità presente nel profilo e della struttura del suolo stesso.

La radicabile è una qualità del suolo di grande importanza: determina il massimo volume di

acqua immagazzinabile nel suolo e potenzialmente disponibile per la pianta, influisce sulla quantità totale di nutrienti potenzialmente disponibili.

Può essere stimata in campo misurando: i) la profondità radicabile, facendo riferimento ad una profondità massima di 1500 mm (per limiti dati dalla profondità di scavo standard del profilo), ii) la quantità percentuale di frammenti di roccia nel profilo (tenendo presente la loro natura e il loro grado di alterazione) e iii) valutando la massa di suolo effettivamente esplorabile, cioè quella parte dell'intero volume di suolo che le radici della vite possono riuscire a penetrare, che dipende dal tipo e grado di strutturazione pedologica, dall'adensamento delle particelle e di conseguenza dal rapporto tra macro e micro pori.

La radicabile viene espressa in forma unitaria in mm, con valore massimo di 1500 mm, nel caso non vi siano orizzonti limitanti, non vi sia pietrosità inerte e tutta la massa del suolo sia potenzialmente penetrabile dalle radici, cioè con buona strutturazione e conseguente non elevata densità apparente e buona macroporosità.

buon approfondimento radicale (radicabilità potenziale stimata circa 420 mm). La permeabilità è elevata, così come la disponibilità in ossigeno, che consente un approfondimento radicale oltre i 150 cm.

I due suoli mostrano condizioni di fertilità piuttosto diverse, sia fisiche che chimiche e con tutta probabilità anche biologiche. I caratteri di maggior differenziazione sono conseguenti ai diversi processi geomorfologici subiti dai due suoli posti sulla stessa geologia. Il suolo 1, in particolare, ha beneficiato dell'apporto di sedimenti colluviali fini e relativamente ricchi di nutrienti che hanno anche aumentato l'originale spessore del suolo. È un suolo sicuramente più fertile del secondo, sia in termini di quantità sia di facilità e prontezza nella disponibilità di acqua e di nutrienti per la vite. Il secondo invece mostra condizioni di minore fertilità e soprattutto maggior equilibrio e minore facilità nell'assorbimento radicale di acqua ed elementi nutritivi, fattori favorevoli ad una maturazione delle uve lenta, regolare, ma non tardiva. Il primo suolo inoltre, essendo in profondità a permeabilità idrica ridotta, consente di accumulare maggiormente acqua per i fabbisogni estivi negli orizzonti sottosuperficiali. In effetti, le diverse condizioni di fertilità dei suoli sono fedelmente rispecchiate dall'habitus radicale e vegetativo delle viti: radici più abbondanti e habitus molto più lussureggiante nel primo vigneto, anche durante la stagione estiva (Fig. 10), più ridotto, ma sempre funzionale, nel secondo vigneto (Fig. 12).

Figura 10
La vigorosa risposta viticola nel suolo del vigneto 1



Figura 11
Il suolo del vigneto 2 a Podere Forte, direttamente a contatto con le rocce della Formazione di Sillano



Figura 12
La risposta vegetativa del vigneto 2 dell'azienda Podere Forte



Area 2: Montalcino (azienda Banfi)

In azienda Banfi sono stati indagati tre vigneti ed altrettanti profili di suolo, due sulle argille azzurre del Pliocene marino: Tavernelle e Marchigiana (FAA, Fig. 13 e Fig. 16), uno sulle alternanze di ciottolami, sabbie e limi argillosi (FAAg) e conglomerati marini poligenici (PLIb): Marrucheto (Fig. 19).

Il suolo del vigneto Tavernelle

Il vigneto a quota più elevata è Tavernelle, posto a circa 270 m s.l.m. (Fig. 14). Lo scavo del profilo ha consentito di apprezzare le caratteristiche principali del suolo, che si presenta profondo circa 110 cm, dove passa alle argille del substrato, praticamente impenetrabili dalle radici. Il suolo ha una struttura variabile a seconda della profondità: poliedrica sub angolare media nei primi 10

Figura 13
Carta geologica dei dintorni del vigneto Tavernelle,
posto in prossimità del Podere Santa Costanza
(Geoscopia Regione Toscana)

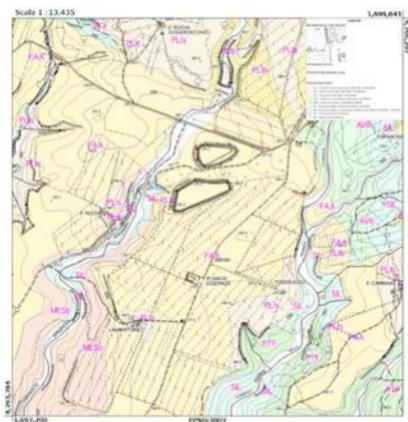


Figura 14
Il profilo di suolo del vigneto di Tavernelle



cm, influenzata dalle lavorazioni superficiali, sempre poliedrica sub angolare, ma più grossolana, fino a 30 cm, e poi prismatica grossolana. Ben evidenti le fessure che arrivano fino in profondità nel substrato, segno della presenza di argille con una certa dinamicità. Le fessure in questi suoli sono molto importanti per favorire il drenaggio e l'ossigenazione, l'attività biologica e la pedogenesi, in argille del substrato che sono sovra consolidate e dominate dalla microporosità. Il suolo di Tavernelle si presenta molto calcareo e molto povero di sostanza organica, al di sotto dei primi 10 cm, arricchiti in qualche misura dall'inerbimento. La radicabile stimata è di circa 550 mm, l'acqua potenzialmente disponibile³ 88 mm.

Il grado di strutturazione pedogenetica in questo tipo di suoli è estremamente importante, in quanto le argille del substrato, spesso saline, sono destrutturate e compatte, molto poco permeabili all'acqua ma anche alle radici. Dalla Figura 14 risulta evidente come le radici delle viti seguano proprio le superfici che individuano gli aggregati prismatici, cioè le zone pedogenizzate, mentre l'interno degli aggregati, meno poroso, è scarsamente penetrabile. L'andamento radicale è quindi soprattutto verticale, mentre l'allargamento radicale in orizzontale è limitato. Il tipo e grado di strutturazione di questi suoli sono fattori funzionali importanti e caratterizzanti l'ecologia viticola, in quanto regolano l'approvvigionamento idrico della pianta, in questo caso assicurando una limitata ma abbastanza costante disponibilità d'acqua durante l'intero periodo vegetativo.

Anche la disponibilità di ossigeno⁴ per le radici dipende dalla strutturazione del suolo. Nel caso in esame diminuisce notevolmente con la profondità del suolo e può provocare fenomeni di asfissia radicale durante le

stagioni piovose. L'asfissia provoca una ripresa tardiva dell'attività vegetativa delle radici e delle piante in primavera, anche per la temperatura più bassa del suolo molto umido. L'asfissia induce anche un precoce riposo vegetativo, che riduce il periodo autunnale di sintesi ed elaborazione ed assorbimento di elementi nutritivi e la loro possibilità di accumularsi nei tessuti radicali. Quando la vite va in riposo vegetativo senza riserve adeguate si possono avere germogliamenti stentati e difformi (Tomasi, 2019).

Nell'ambiente geologico delle argille azzurre, spesso saline, una moderata salinità degli orizzonti profondi del suolo può essere un fattore positivo per la risposta del Sangiovese, in quanto limitante l'eccesso dello sviluppo radicale (Costantini et al., 2010), ma interventi di sbancamento e livellamento inappropriati possono portare fino alla superficie le argille azzurre del substrato, cambiando radicalmente le condizioni fisiche, chimiche e biologiche del suolo, determinando una risposta viticola molto diversa, caratterizzata da uno sviluppo radicale e un habitus vegetativo generalmente molto ridotto (Fig. 15).

³ L'Acqua potenzialmente disponibile (Available Water Capacity, AWC) è la differenza tra il contenuto idrico del suolo alla capacità di campo e al punto di appassimento. Viene misurata in laboratorio o stimata in campo in mm per m di suolo e poi riferita o all'intero profilo, o alla profondità radicabile, o alla radicabile, come nel nostro caso.

⁴ La disponibilità di ossigeno è essenzialmente determinata dalla macroporosità del suolo (pori di diametro superiore a 0,05 mm), cioè dai pori che consentono una rapida percolazione delle acque di infiltrazione che saturano il suolo e il conseguente accesso dell'aria atmosferica ricca di ossigeno. Una buona funzionalità delle radici si ha quando la macroporosità è almeno del 10%.

Figura 15

Montalcino. Sullo sfondo sono evidenti gli sbancamenti per l'impianto di un nuovo vigneto che hanno portato alla superficie le argille azzurre del substrato



Il suolo del vigneto Marchigiana

Il suolo del vigneto Marchigiana si è formato come a Tavernelle dalle argille azzurre del Pliocene marino (Fig. 16) ma è posto a quota leggermente inferiore. Lo scavo del profilo ha evidenziato che il suolo è molto simile al precedente (Fig. 17), sia per caratteri fisici, idrologici e chimici, solo comincia ad essere influenzato dalla presenza di ciottolami (Fig. 18), che invece dominano a quote ancora più basse. La presenza di scheletro e la tessitura leggermente meno fine ne facilitano la pedogenesi, aumentano la capacità di formare aggregati e quindi favoriscono una radicazione leggermente più abbondante e meglio distribuita rispetto al suolo Tavernelle. Probabilmente favorendo anche una più precoce ripresa vegetativa della pianta, a parità di condizioni climatiche. La radicabilità stimata è di circa 580 mm, leg-

germente superiore che a Tavernelle, così come l'acqua potenzialmente disponibile, intorno ai 93 mm.

Figura 16
Carta geologica dei dintorni del vigneto Marchigiana
(Geoscopia Regione Toscana)

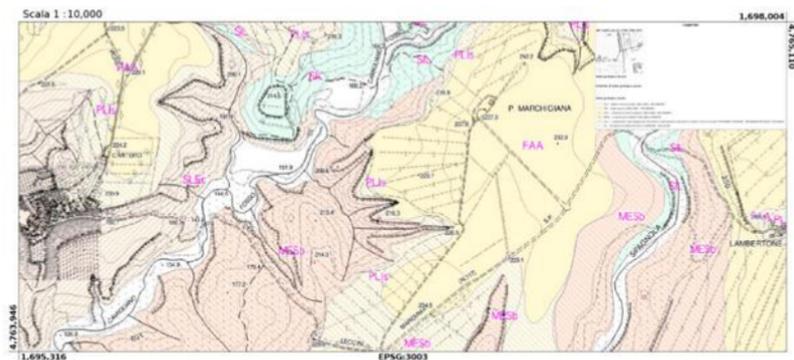


Figura 17
I profilo di suolo del vigneto Marchigiana



Figura 18

Presenza di ciottolami nel profilo di suolo del vigneto Marchigiana e radici che seguono i piani che suddividono gli aggregati strutturali di forma prismatica grossolana



Il suolo del vigneto Marrucheto

Il suolo del vigneto di Marrucheto è molto diverso dai precedenti in quanto si è formato a partire da alternanze di ciottolami, sabbie e limi argillosi e conglomerati marini poligenici (FAAg e PLIb) (Fig. 19). La tessitura più grossolana ha favorito il drenaggio interno, quindi l'ossigenazione e la pedogenesi, che si è evidenziata in colorazioni più arrossate, soprattutto in profondità, in un salto tessiturale tra l'orizzonte più superficiale, più grossolano, e quelli più profondi, più fini, in una certa lisciviazione dei carbonati e delle basi. La struttura è ugualmente molto differenziata tra i primi 30 cm, poco aggregati e tendenti al compattamento e gli orizzonti più profondi, meglio strutturati (Fig. 20). La profondità del suolo è notevole, oltre 130 cm, mentre la radicabilità è circa 900 mm. Le radici si espandono in tutte le direzioni, ma prevalentemente in modo verticale e al di sotto dell'orizzonte superficiale.

Figura 19
Carta geologica dei dintorni del vigneto Marrucheto
(Geoscopia Regione Toscana)

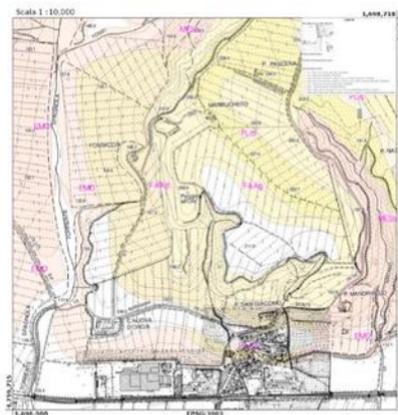


Figura 20
Il profilo di suolo del vigneto Marrucheto



Nonostante la elevata radicabilità, le viti in questo suolo possono manifestare sintomi di stress idrico per la scarsa capacità di trattenuta idrica del suolo, intorno ai 36 mm. Essendo un suolo che ha subito un processo di lisciviazione, anche la fertilità chimica potrebbe essere inferiore ai precedenti, con nutrienti in quantità inferiore, però in forma più prontamente assorbibile dalle radici della vite, in quanto meno legati ai colloidi argillosi.

Tra i caratteri funzionali di questo suolo, da sottolineare la colorazione bruno rossastra e la tessitura grossolana, che ne favoriscono un pronto riscaldamento e una precoce ripresa vegetativa in primavera. Rispetto ai suoli di Tavernelle e Marchigiana, le particolari caratteristiche fisiche e chimiche di questo suolo favoriscono sia una più precoce ripresa dell'attività radicale primaverile delle viti sia un loro sviluppo più veloce, ma in estate si possono avere fenomeni di stress idrico maggiori che nei vigneti precedenti.

L'apporto irriguo in questa tipologia di suolo quindi può risultare determinante nel modulare sia lo sviluppo vegetativo della vite sia la maturazione dell'uva, ma dovrebbe essere bilanciato anche in dipendenza della dotazione di macro e micronutrienti presenti nel suolo, per evitare le perdite per lisciviazione, da una parte, e l'eccesso di azoto, dall'altra. È da considerare infatti che gli apporti idrici estivi in questi suoli non favoriscono solo l'assorbimento idrico, ma anche quello di nutrienti, in particolare dell'azoto.

Sempre rispetto ai suoli precedenti, il suolo di Marucheto assicura una funzionalità radicale più prolungata in autunno, con una maggiore possibilità di accumulo di riserve nutritive nei tessuti radicali e quindi un germogliamento delle viti potenzialmente migliore.

Area 3: Castelnuovo Berardenga (azienda San Felice)

L'area di Castelnuovo Berardenga è esemplificativa dei suoli viticoli presenti negli ambienti di alta collina sulle rocce della Falda Toscana e delle Liguridi (Fig. 5), rispettivamente tipicizzate dall' Arenaria e dall'Alberese. Nel caso in studio dell'azienda San Felice è stato possibile confrontare queste due situazioni, già ben diversificate tra loro, con i suoli su sedimenti sabbiosi pliocenici, più comuni a quote inferiori e in altre zone della Toscana. I vigneti indagati sono stati I Colti, sulle rocce di Alberese e le marne della formazione di Monte Morello (MLL Fig. 21a), San Carlo, su Arenaria Macigno (MAC Fig. 21b) e San Vito, su sabbie gialle del Pliocene (PLIs, fuori carta).

Figura 21 a e b
Carta geologica dei dintorni dei vigneti I Colti (stella)
e San Carlo (rombo) (Geoscopio Regione Toscana)



Il suolo del vigneto I Colti

Il profilo di suolo esaminato si distingue per la grande abbondanza di clasti di Alberese (Fig. 23 e 24), dalla caratteristica colorazione bianca, immersi in una matrice marnosa, a tessitura franco argillosa, ben strutturata

Figura 22 a e b
La diversa litologia dei suoli del vigneto I Colti (a)
e San Carlo (b) si evidenzia con l'immagine satellitare.
Si può notare la superficie del suolo grigiastra nei vigneti in (a)
e rossastra nei vigneti in (b)



(Fig. 25). Il suolo mostra di possedere un ottimo drenaggio interno e una diffusione delle radici in tutte le direzioni e fino in profondità, con una radicabilità complessiva di circa 500 mm, di cui la maggior parte nei primi 70 cm, a causa dell'elevata pietrosità degli orizzonti profondi. Il suolo infine si presenta molto calcareo e molto povero di sostanza organica, a parte il limitato arricchimento superficiale indotto dall'inerbimento e dai residui colturali. La colorazione del suolo superficiale è quindi molto chiara e riflettente la luce e il calore (Fig. 22a).

È interessante notare che, mentre è tipico dei suoli su Alberese avere una abbondanza di scheletro nel profilo (Priori et al., 2019), il drenaggio interno è solitamente peggiore, a causa della maggiore argillosità e minore struttura del suolo marnoso presente tra i clasti

(Costantini, 2013). Gli orizzonti profondi del suolo I Colti invece sono molto ricchi in clasti, ma sono anche ben penetrabili dalle radici, ed hanno tra i frammenti di roccia aggregati strutturali che favoriscono la nutrizione idrica e inducono l'approfondimento radicale della vite, che favorisce a sua volta una equilibrata e costante nutrizione idrica e minerale. Queste caratteristiche particolari del suolo I Colti, sviluppato da marne, ma con una tessitura del suolo abbastanza equilibrata, poiché posto in prossimità delle formazioni sabbioso arenacee soprastanti, potrebbe dare alle uve e ai vini prodotti dal Sangiovese dei caratteri distintivi rispetto a quelle ottenute in vigneti analoghi, ma situati su altri suoli della stessa formazione, in qualche modo intermedi a quelli dei vigneti posti su arenarie.

Figura 23

I suolo del vigneto I Colti, su rocce di Alberese e marne, con apporti sabbiosi dalle rocce arenacee poste a quote superiori



Figura 24
La parte più profonda del suolo del vigneto I Colti



Figura 25
Aggregati strutturali ben sviluppati e frammenti di Alberese nel suolo del vigneto I Colti



Il suolo del vigneto San Carlo

In questo profilo di suolo è possibile riconoscere quattro orizzonti principali posti a diverse profondità (Fig. 26). Dopo i primi 20 cm, caratterizzati da una struttura poliedrica subangolare fine e grumosa media, prodotta dalle radici delle piante erbacee del cotico erboso superficiale, vi è un orizzonte di circa 15 - 20 cm, interessato dalle lavorazioni periodiche, meno strutturato ma anche meno scheletrico degli orizzonti sottostanti. Il terzo orizzonte si estende fino a circa 70 cm e si contraddistingue per un aumento nel contenuto in frammenti di roccia che aumentano ulteriormente nell'orizzonte posto a maggiore profondità, non interessato dalle operazioni di scasso e spietramento. Il suolo ha una abbondante presenza di radici in tutte le direzioni e fino in profondità, con una radicabilità stimata di circa 600 mm, ma una riserva idrica utilizzabile non superiore ai 60 mm. La riserva idrica complessivamente non elevata è però dominata dalle frazioni più facilmente disponibili, per la tessitura tendenzialmente sabbioso franca. Resta comunque essenziale per la pianta la possibilità di approvvigionamento idrico in profondità di questo suolo, che può compensare le esigenze evapotraspirometriche estive.

Il suolo è poco calcareo e relativamente ben dotato di sostanza organica, ma solo nell'orizzonte più superficiale. La colorazione del suolo bruno-rossastra, dovuta sia al colore delle Arenarie che alla pedogenesi, favorisce l'assorbimento di luce e calore e quindi la ripresa dell'attività radicale delle viti in primavera (Fig. 22b). Il chimismo e l'attività biologica di questo suolo sono quindi piuttosto diversi dal suolo de I Colti, favorendo uno sviluppo vegetativo più limitato ma più veloce.

Il Sangiovese prodotto sui suoli su Arenarie si caratterizza generalmente per produrre vini con colore più debole e acidità totale più bassa che sulle marne e Albere, ma con maggiori intensità di note fruttate e floreali (Priori et al., 2019). La relazione inversa tra pH del suolo e pH del vino nei vigneti su Arenarie è stata riscontrata da diversi autori e potrebbe essere dovuta a due fattori: alto contenuto di potassio e basso contenuto di carbonato di calcio nel terreno. Infatti, i suoli su Arenarie sono ricchi di miche e argille illitiche, e quindi di potassio, che nel vino favorisce la precipitazione dell'acido tartarico come tartrato di potassio e l'aumento del pH, ma sono anche drenanti e favoriscono il dilavamento sia del carbonato di calcio e quindi della sua capacità tampone, sia dei metalli alcalini ed alcalino terrosi, favorendo la loro sostituzione con l'idrogeno sul complesso di scambio del suolo e quindi la diminuzione del pH (Costantini, 2019).

Una caratteristica dei suoli su Arenaria posti su morfologie in pendenza è l'elevato rischio di erosione idrica, per la tessitura tendenzialmente sabbiosa, la scarsa presenza di colloidali e quindi la poca coesione tra le particelle. La presenza di un inerbimento permanente può aumentare la protezione del suolo superficiale ed allo stesso tempo arricchirlo di sostanza organica e migliorarne l'attività biologica, essenziale per il mantenimento delle funzionalità del suolo e dei servizi ecosistemici del vigneto (Costantini et al., 2018). La gestione del cotico erboso è comunque da commisurare alle esigenze idriche e nutritive della vite nelle condizioni pedologiche specifiche in cui si trova. Il vigneto inerbato infatti è, dal punto di vista agronomico, analogo ad una consociazione tra due colture e come tale va progettato e gestito.

Figura 26
Il profilo di suolo del vigneto San Carlo



Il suolo del vigneto San Vito

Nell'azienda San Felice è presente anche il vigneto San Vito, posto sulle sabbie del Pliocene marino e a quota leggermente inferiore ai precedenti (Fig. 27). A questa formazione geologica corrispondono in realtà litotipi molto differenziati, da molto sabbiosi e anche ciottolosi, a più franchi o limosi, con suoli quindi molto diversi tra loro (Costantini, 1987; Lulli et al., 1989).

Il suolo di San Vito è molto profondo, a tessitura franco sabbiosa, abbastanza ben strutturato, calcareo, abbastanza povero in sostanza organica, salvo l'orizzonte sottosuperficiale, che mostra un relativo arricchimento ad opera della copertura erbacea. Le radici si espando-

no in tutti gli orizzonti, ad andamento prevalentemente orizzontale. La radicabilità potenziale di questo suolo è massima, circa 1500 mm, la riserva idrica circa 150 mm. Si tratta di un suolo complessivamente piuttosto fertile per la vite, dove il Sangiovese tende ad esprimere il suo massimo rigoglio vegetativo (Fig. 28). Su questi suoli è necessaria una attenta gestione agronomica per evitare una produzione eccessiva e ritardata (Costantini e Campostrini, 1996; Costantini et al., 1996). L'uso di una copertura erbacea anche permanente e formata da specie spontanee competitive per la vite può essere utile sia per limitare il rigoglio vegetativo sia l'erosione dei suoli su versante.

Figura 27
Il profilo di suolo del vigneto San Vito



Figura 28
La risposta vegetativa della vite sul suolo di San Vito



Area 4: Castellina in Chianti (azienda Cecchi)

Nell'areale di Castellina sono stati indagati i vigneti dell'azienda Cecchi, posti a diversa distanza dal Centro aziendale e a quote diversificate. Non è stato possibile studiare profili di suolo, ma una visione più accurata è stata data ai suoli superficiali dei vigneti di Villa Rosa.

I suoli dei vigneti Villa Rosa

I vigneti di Villa Rosa sono posti geologicamente sulle argille lignitifere lacustri e lagunari del Messiniano (ACN Fig. 29). Su questa litologia sono frequenti i paleosuoli, cioè suoli molto antichi, formati in condizioni ambientali diverse dalle attuali, in genere in epoche precedenti l'Olocene (Costantini, 2018). I paleosuoli possono essere suoli a bassa fertilità e di difficile gestione agronomica, ma proprio la loro limitata fertilità può essere

un fattore funzionale importante per i vitigni a bacca rossa, soprattutto per la regolazione del rigoglio vegetativo (Costantini e Priori, 2007). Se però le limitazioni sono troppo forti, si possono avere delle ricadute negative sul risultato viticolo ed enologico, ottenendo dei mosti a composizione squilibrata (Costantini et al., 2013).

Nel caso dei suoli dei vigneti di Villa Rosa, l'esame superficiale ha permesso di confermare la presenza di paleosuoli, o perlomeno di paleosuoli profondamente rimaneggiati dalle operazioni di scasso e livellamento, che ne hanno portato in superficie gli orizzonti più profondi. Questi appaiono essere molto poveri di sostanza organica, compatti e tendenti a formare zollosità in seguito alle lavorazioni, anche in dipendenza di una elevata idromorfia (Fig. 30). L'idromorfia è la morfologia che assume il suolo in seguito a processi biochimici che avvengono quando il suolo è parzialmente o totalmente asfittico. In tali condizioni, gli ossidi e idrossidi di metalli, quali il ferro e il manganese, cambiano stato di ossidazione e si mobilizzano, producendo caratteristiche configurazioni di vari toni di colore, dal grigiastro al bluastro, dal rossastro al nerastro, sugli aggregati, nei pori e nella massa del suolo. Nel caso in esame, l'asfissia è determinata dalla tessitura argillosa del suolo, ma soprattutto dalla scarsa aggregazione ed elevato addensamento delle particelle. L'idromorfia è un fenomeno che tende a perdurare e riproporsi nel tempo, ove permangono le condizioni predisponenti (Costantini et al., 2006) ed è di difficile e lungo rimedio, soprattutto quando dipenda da condizioni intrinseche del suolo, più che dal livello della falda freatica (Costantini et al., 2015). Drenaggi e vari accorgimenti agronomici possono comunque aiutare il viticoltore a gestire il problema (Tomasi, 2019).

L'esame della superficie dei suoli dei vigneti Villa Rosa ha inoltre evidenziato una elevata variabilità superficiale. In effetti, gli interventi di scasso e modellamento superficiale operati su suoli a forte contrasto tra gli orizzonti del profilo, come i paleosuoli in questione, facilitano l'affioramento di suoli anche molto diversi tra loro nello stesso vigneto (Priori et al., 2018).

Figura 29
Carta geologica dei dintorni dei vigneti Villa Rosa, sulle argille lignitifere lacustri e lagunari del Messiniano (ACN)
(Geoscopio Regione Toscana)



Figura 30
La superficie di un suolo dei vigneti Villa Rosa, con la caratteristica zollosità



Area 5: Montepulciano (aziende Tre Rose e Vallocaia-Bindella)

Azienda Tre Rose

Il paesaggio dove sono collocati i vigneti dell'azienda Tre Rose ha caratteristiche alquanto peculiari. Si tratta infatti di un'antica paleosuperficie, formatasi nel Pleistocene dalla deposizione di sedimenti lacustri di varia granulometria, che è stata in seguito modellata dai processi di erosione fluviale e di versante conseguenti il generale sollevamento dell'area (Costantini et al., 2012). Essendo un bacino lacustre relativamente poco profondo, si riscontrano sedimenti di granulometria variabile da sabbiosa a limosa e argillosa (VILh Fig. 8), che rispondono ai processi geomorfologici di erosione in modo diverso, dando origine ad un paesaggio a morfologia ondulata (Fig. 31).

Figura 31

Carta geologica dei dintorni dei vigneti Colle e Santa Caterina, su sedimenti Pleistocenici a granulometria variabile: limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (VILh). La stella indica l'ubicazione del podere Colle, nella cui prossimità sono presenti entrambi i vigneti



Il suolo del vigneto Santa Caterina

Il profilo di suolo si presenta originato da alternanze di sedimenti sabbiosi e lenti limose (Fig. 32). Queste discontinuità litologiche, con le conseguenti diverse porosità, favoriscono i rallentamenti dei movimenti dell'acqua nel suolo e la deposizione dei carbonati disciolti, come evidenziato dal livello leggermente indurito e ricco di concrezioni carbonatiche posto a circa 125 cm. Nel profilo si riconoscono inoltre i segni lasciati dallo scasso per l'impianto del vigneto, arrivato fino a circa 70 cm, e delle lavorazioni, a circa 50 cm (Fig. 33). In questo orizzonte si concentra l'attività biologica e la strutturazione del suolo, dovuta ad un certo accumulo di sostanza organica, evidenziato dalla colorazione relativamente

Figura 32

Paesaggio caratteristico dei suoli su sedimenti lacustri incisi ed erosi, di granulometria variabile, dell'azienda Tre Rose, in comune di Montepulciano. Sullo sfondo emerge l'abitato di Valiano mentre in lontananza si può riconoscere il monte Amiata



più bruna. Per il resto il suolo è poco strutturato, quasi sciolto e ben penetrabile dalle radici, fino all'orizzonte limitante posto a 120 cm. Le radici delle viti mostrano un andamento sia orizzontale che verticale e sono più abbondanti in corrispondenza dei livelli relativamente più fini, i quali hanno una maggiore ritenzione idrica, mentre il resto del suolo è dominato dalle sabbie e quindi ha scarsa ritenuta idrica. Interessante notare come le radici siano pressoché assenti nei livelli più sabbiosi, in quanto privi di umidità, nonostante questi non siano di ostacolo alle radici. La radicabilità potenziale è elevata, circa 1200 mm, ma la capacità di acqua disponibile è piuttosto bassa, stimabile intorno ai 80 mm, proprio per la tessitura sabbiosa di buona parte del suolo.

Dal punto di vista dell'ecologia viticola del Sangiovese, le viti su questi suoli calcarei, su sedimenti sciolti e tendenzialmente sabbiosi, in assenza di irrigazione, hanno dimostrato di essere precoci nella maturazione e di poter fornire uve in quantità limitata, ma di buona qualità, capaci di produrre vini di buona struttura, tipicità ed armonia, però con una forte dipendenza dall'andamento climatico dell'annata. Infatti, nelle annate più secche si producono uve che possono essere striminzite, con mosti troppo concentrati e squilibrati, ricchi di zucchero e poveri di acidità, dove i tannini dei vinaccioli possono conferire sapori troppo astringenti (Costantini e Campostrini, 1996; Costantini et al., 1996).

Figura 33
Il profilo di suolo del vigneto Santa Caterina nell'azienda
Tre Rose, su sedimenti lacustri limosi e sabbiosi



Il suolo del vigneto Colle '99

Il suolo del vigneto Colle '99 si è evoluto su sedimenti fini, ricchi di argille piuttosto dinamiche, come evidenziato dalle profonde fessure che arrivano fino alla profondità di scasso, circa 90 cm (Fig. 34). Il suolo è ben pedogenizzato fino in profondità, con evidenti aggregati strutturali, che si presentano molto addensati a causa della natura delle argille e della abbondanza di cementi metallici, in particolare ferrici, prodotti dalla pedogenesi. A causa della loro densità e compattezza, le radici non sono per lo più in grado di esplorare gli orizzonti profondi, per cui si ritrovano essenzialmente nei primi 90 cm e ad andamento suborizzontale. La radicabilità di questo suolo è piuttosto elevata, intorno

ai 700 mm, limitata solo dalla profondità di scasso e dalla densità degli aggregati, in quanto lo scheletro è pressoché assente.

Sono inoltre presenti screziature di colori bruni e rossastri, segni di un certo ristagno idrico nei mesi piovosi e connotativi di un drenaggio interno piuttosto lento in condizioni di saturazione idrica. In questi suoli, la presenza di falde idriche temporanee nel profilo può dar luogo nei vigneti in pendenza a piani di scivolamento e anche a risorgive, che possono favorire smottamenti superficiali e scoscendimenti. La conoscenza di dettaglio dell'idrologia di questi suoli prima dell'impianto dei vigneti è fondamentale per dimensionare le sistemazioni idraulico agrarie e localizzare i drenaggi (Priori et al., 2018).

Figura 34

Il profilo di suolo del vigneto Colle '99 nell'azienda Tre Rose, su sedimenti lacustri argillosi

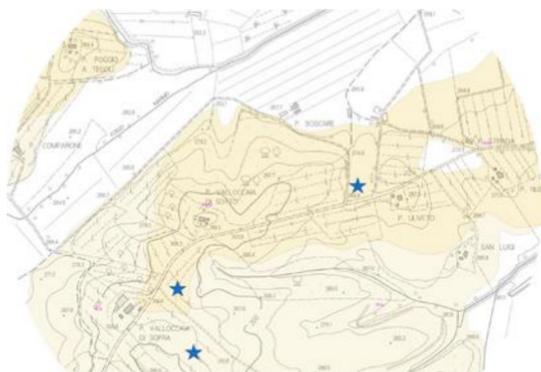


Azienda Vallocaia-Bindella

L'azienda Vallocaia-Bindella è situata nella parte occidentale del Comune di Montepulciano, sui versanti che collegano la parte alta del Comune, dove è situata la città di Montepulciano, alla Val di Chiana. I vigneti in studio sono posti proprio sui terrazzi e versanti prospicienti la Val di Chiana e le valli ad essa collegate. La carta geologica riportata in Figura 35 indica per i vigneti in studio una comune origine da sedimenti Pliocenici marini sabbiosi (PLIs) oppure argillosi e sabbiosi risedimentati (FAAD). I suoli indagati però si presentano tutti più o meno fortemente pedogenizzati e le loro caratteristiche, in questo caso più ancora che nei suoli precedenti, non seguono le distinzioni della carta geologica, ma testimoniano piuttosto l'evoluzione geomorfologica dell'area dal Pliocene al Pleistocene e all'Olocene (Costantini et al., 2012).

Figura 35

**Carta geologica dei dintorni dell'azienda Vallocaia-Bindella.
Le tre stelle indicano rispettivamente, dall'alto in basso, i vigneti
Boscarelli, Colorino e I Quadri**



Il suolo del vigneto Boscarelli

Il vigneto Boscarelli è quello situato relativamente più a nord e a quota più bassa, su un leggero versante prospiciente la valle del fosso Marmo, collegato alla Val di Chiana. Il suolo non è stato scavato direttamente nel vigneto, ma in una zona limitrofa. Il profilo rivela la natura policiclica della pedogenesi in questo ambiente: al di sotto di un limite netto posto a 110 cm si ritrova un primo suolo a tessitura franco argillosa relativamente più antico e che mostra evidenti segni di pedogenesi, quali liberazione e concentrazione del ferro e del manganese, con colorazione bruno rossastra piuttosto marcata e una certa decarbonatazione. Al di sopra di questo suolo, fino alla superficie, si osserva uno spessore di sedimenti meno alterati e di natura granulometrica franca, quindi più equilibrata, con percentuali di sabbie e limi dominanti sulle argille (Fig. 36).

L'assenza di strutture sedimentarie evidenti e la tessitura mista fanno propendere per la natura colluviale di questi sedimenti, mentre la loro natura calcarea li indica come provenienti da sedimenti pliocenici marini poco alterati, evidentemente erosi e risedimentitati a quote più basse durante l'Olocene. Da notare la presenza di concrezioni di carbonati di notevoli dimensioni a 80 - 100 cm, dove cambia notevolmente la permeabilità del suolo. La colorazione, densità e struttura dei primi 50 cm come testimoniano l'effetto di lavorazioni agricole che hanno interessato il suolo fino a questa profondità.

Il profilo di suolo, soprattutto nei primi 110 cm, si presenta con una struttura poliedrica subangolare ben sviluppata e di diverse dimensioni, indicatori questi di una buona macroporosità e rapporto tra macropori e

micropori. Il suolo è praticamente privo di scheletro, ma con contenuto in sostanza organica probabilmente piuttosto basso. Dal punto di vista agronomico, il suolo si presenta piuttosto fertile, sia dal punto di vista chimico che fisico, con elevata radicabilità (intorno ai 1400 mm), capacità di ritenzione e cessione di acqua e di nutrienti. Buona anche la disponibilità di ossigeno, in virtù della elevata macroposità e buon drenaggio interno. Da notare che la discontinuità nel profilo rallenta la perdita di acqua in profondità durante i mesi siccitosi, riducendo il deficit idrico per le piante. L'umidità presente e accessibile alle radici profonde delle viti durante l'invasatura facilita l'assorbimento dell'azoto e rallenta la maturazione dell'uva. Se ne può desumere quindi che, dal punto di vista dell'attitudine alla coltivazione di Sangiovese, questo è un suolo potenzialmente troppo fertile e mancante di quei caratteri che inducono un moderato stress idrico e nutrizionale, favorevole alle produzioni tipiche e di qualità (Costantini e Campostrini, 1996).

Figura 36

Il profilo di suolo del vigneto Boscarelli. Da notare le evidenti discontinuità pedologiche nel profilo a 50 e 110 cm di profondità



Il suolo del vigneto Colorino

Salendo di quota si trova il vigneto denominato Colorino. Nonostante sia indicata una stessa geologia rispetto al suolo precedente, il profilo indica la presenza di un suolo molto diverso, anche se policiclico come il precedente. La prima caratteristica che denota questo suolo è il colore fortemente arrossato, che indica la presenza di sedimenti fortemente alterati, mentre le evidenti strutture sedimentarie a 150 e 170 cm rivelano che il suolo non è stato interessato da processi pedogenetici dopo la sedimentazione del materiale parentale che siano arrivati molto in profondità. Si tratta quindi di un suolo il cui materiale genitore è costituito da sedimenti già fortemente alterati prima di essere stati erosi e risedimentati,

probabilmente in ambiente fluvio-lacustre. Dopo la loro deposizione, i sedimenti sono stati nuovamente pedogenizzati, ma le evidenze di pedogenesi post deposizionale sono limitate a parti dell'orizzonte sottosuperficiale presente entro i primi 90 cm, orizzonte creato dalle lavorazioni profonde precedenti l'impianto del vigneto.

Il profilo di suolo (Fig. 37) vede un primo orizzonte di circa 25 cm di spessore, con scheletro minuto comune, lievemente arricchito di sostanza organica e con struttura poliedrica sub angolare moderata, creato dalle lavorazioni ordinarie, passare con limite chiaro ad un sottostante orizzonte, profondo fino a circa 90 cm, dove si riconosce la mescolanza di parti dell'orizzonte di superficie, arricchito di materia organica, con parti dell'originale orizzonte sottosuperficiale pedogenizzato, preesistente allo scasso operato prima dell'impianto del vigneto. Ancora al di sotto sono presenti, fino ad oltre due metri di profondità, le sabbie più o meno fini, arrossate, dove si riconoscono le strutture sedimentarie, parzialmente consolidate e poco strutturate.

Il suolo nella sua interezza è senza carbonati, molto drenante, con radici concentrate entro la profondità di scasso (radicabilità circa 800 mm). Si tratta di un suolo di bassa produttività, sia per la bassa ritenuta idrica (AWC circa 72 mm), che rendono le viti su questo suolo soggette agli stress idrici, sia probabilmente per la dotazione, disponibilità e bilanciamento dei nutrienti. La colorazione rossastra e l'abbondante macroporosità e disponibilità di ossigeno durante tutto l'anno conferiscono però alle radici delle viti una buona precocità e rapidità di sviluppo in ogni direzione.

Le caratteristiche fisiche e chimiche di questo suolo, in particolare l'elevata macroporosità e disponibilità di

ossigeno e tendenza allo stress idrico estivo, l'assenza di carbonati, la probabile carenza di fosforo a causa dell'abbondanza di ossidi di ferro, consigliano di favorire lo sviluppo di funghi simbiotici quali le micorrize (Trouvelot et al., 2015). Le micorrize vescicolo-arbuscolari (*arbuscular mycorrhizal fungi* AMF) sono importanti regolatori della nutrizione idrica e minerale della vite in tutti i suoli, ma possono essere particolarmente importanti in suoli soggetti a stress idrico e carenze di fosforo. Dal punto di vista agronomico vi è da considerare che le AMF sono favorite dalle pratiche di tipo biologico e conservativo, mentre sono inibite dalle forme di lavorazione e gestione intensiva del suolo e del vigneto (Trouvelot et al., 2015).

Figura 37

Il profilo di suolo del vigneto Colorino. La forte colorazione rossastra indica la presenza di sedimenti fortemente alterati



Il suolo del vigneto I Quadri

Il suolo del vigneto I Quadri, ancora più del precedente, mostra evidenti i segni dell'antropizzazione e in particolare delle azioni di scasso, livellamento e riporto di terra realizzate prima dell'impianto del vigneto (Fig. 38). Il primo orizzonte, fino a circa 50 cm, è quello interessato dalle lavorazioni più frequenti. Segue fino a circa 80 cm un orizzonte che testimonia la profondità di scasso, mentre nel successivo, profondo fino a circa 130 cm, si riconosce il riporto di terra prodotto dal livellamento. Ancora più in profondità vi è quel che resta del suolo originale e del relativo substrato poco alterato, costituito da alternanze di sabbie plioceniche risedimentate.

Figura 38

Il profilo di suolo del vigneto I Quadri.

Da notare la discontinuità prodotta a circa 100 - 120 cm dalle attività di livellamento e riporto di terra



Le radici si osservano prevalentemente fino a 130 cm, distribuite prevalentemente in modo suborizzontale, cioè fino a dove i movimenti di terra hanno aumentato la macroporosità del suolo originario, tendenzialmente compatto, e hanno favorito la formazione di zolle ed aggregati, che tendono però a rimanere piuttosto compatti. Essendo la quantità di scheletro limitata, la radicabilità è comunque elevata, circa 1000 mm. La tessitura è franco argillosa, per cui la ritenuta idrica è buona, circa 150 mm, per cui non si prevedono stress idrici eccessivi per le viti. D'altra parte, questo suolo, come del resto il precedente, ricco in ossidi di ferro e altri metalli, potrebbe soffrire di squilibri nutritivi legati al rapporto sbilanciato di elementi (in particolare, ricchezza in magnesio rispetto al calcio e potassio) e alla carenza di fosforo, immobilizzato dagli ossidi di ferro. Questi fattori limitanti potrebbero però regolare il rigoglio vegetativo del Sangiovese e l'abbondanza di metalli conferire dei caratteri peculiari al vino ottenuto su questi suoli.

Tabella 2
Ere e periodi geologici

Ere Geologiche ed Età in Milioni di Anni (Ma)	Periodi ed Età in Milioni di Anni (Ma)
Era Archeozoica o Era Arcaica o Precambriana (4.600 - 542).	
Era Paleozoica o Era Primaria (542 - 251). Compaiono e si sviluppano le prime piante ed animali	Cambriano (542 - 485)
	Ordoviciano (485 - 444)
	Siluriano (444 - 416)
	Devoniano (416 - 359)
	Carbonifero (359 - 299)
	Permiano (299 - 251)
Mesozoico (251 - 65). Chiamato "Era dei Rettili" per lo straordinario sviluppo di questi animali, che arrivarono al dominio dell'aria, della terra e dell'acqua	Triassico (251 - 200)
	Giurassico (200 - 145)
	Cretaceo (145 - 65)
Era Cenozoica o Era Terziaria (65 - 2,58). Chiamata "Era dei Mammiferi" perché i mammiferi, sopravvissuti alla catastrofe planetaria che determinò la fine dei grandi rettili, iniziarono fin dal Paleocene quei processi evolutivi che li condurranno a conquistare la Terra e alla comparsa dell'uomo	Paleocene (65 - 56)
	Eocene (56 - 34)
	Oligocene (34 - 23)
	Miocene (23 - 5,3)
	Pliocene (5,3 - 2,58)
Era Neozoica o Era Quaternaria (2,58 - oggi). Affermazione sempre maggiore dell'uomo. Vaste glaciazioni durante il Pleistocene interessano soprattutto l'emisfero boreale	Pleistocene (2,58 - 11.700 anni).
	Olocene (11.700 anni - oggi)

Conclusioni

È noto che la quantità e qualità dei vini ottenuti dal Sangiovese, come da molti vitigni a bacca rossa, dipende molto dal regime idrologico del suolo dove viene coltivato (Storchi et al., 2005; Costantini et al., 2006; Costantini 2015). In particolare, è stato dimostrato come dal regime idrologico dipendano in modo significativo il contenuto zuccherino delle uve, il tasso di accumulo degli zuccheri, la produzione per pianta, il peso medio dei grappoli, l'acidità titolabile, il contenuto e qualità dei polifenoli, tutti importanti fattori della qualità del Sangiovese (Bucelli et al., 2010). L'idrologia del suolo inoltre ne condiziona la temperatura, e questa a sua volta la ripresa vegetativa e la precocità del Sangiovese (Costantini et al., 1996). Il regime idrologico è la principale variabile ambientale che differenzia i terroir del Sangiovese. Infatti, i fattori pedologici, morfologici e climatici che regolano l'approvvigionamento idrico e che determinano la qualità delle uve e dei vini ottenuti da Sangiovese possono essere diversi e cambiare a seconda della scala di indagine (Costantini et al., 2008) e riguardare aspetti particolari come la salinità del suolo (Costantini et al., 2010) o il drenaggio lungo il versante (Costantini et al., 2009).

È noto inoltre che la nutrizione azotata è un ulteriore fattore fondamentale nel regolare il rigoglio vegetativo della vite, la sintesi polifenolica e il contenuto in azoto disponibile per i lieviti durante la fermentazione (Vaudour et al., 2015) e come sia anch'essa regolata dalla disponibilità idrica (Costantini et al., 2013). Meno noti invece sono gli aspetti della qualità e caratteristiche delle uve del Sangiovese legati alla nutrizione degli altri ele-

menti minerali. In tal senso emerge comunque l'importanza della nutrizione potassica e dell'equilibrio tra gli elementi nutritivi (Costantini 2015; Priori et al., 2019).

La geologia dell'ambiente di coltivazione del Sangiovese riassume ad una scala in genere piuttosto ampia alcune determinanti del suo risultato quantitativo e qualitativo (Pollini et al., 2013). La geologia infatti influenza la forma del paesaggio, conferendo morfologia, spazi e articolazioni che caratterizzano un distretto di produzione. La geologia influenza anche il clima del vigneto, attraverso l'altitudine, l'esposizione del pendio, la vicinanza a corpi idrici, l'esposizione ai venti dominanti (Costantini 2015). La natura della roccia e dei sedimenti determina la composizione fisica e chimica del suolo, governa il drenaggio profondo, quindi la qualità delle acque sotterranee e delle acque di irrigazione. Infine, una caratteristica rilevante della roccia è il suo grado di resistenza alla penetrazione radicale profonda. Questa proprietà deriva dal tipo di roccia, in particolare, dalla presenza di piani di rottura, dalla loro distanza e orientamento. L'evidenza empirica indica che alcune delle migliori uve a bacca rossa prodotte nella zona del Douro in Portogallo, così come nel Priorat in Catalogna (Spagna), Languedoc Roussillon (sud della Francia) e in Chianti (Toscana) sono ottenute da suoli evoluti su scisti argillosi (comunemente detti "galestro"). La foliazione dello scisto infatti fornisce spazi per la penetrazione radicale profonda in un materiale altrimenti impenetrabile. In questo modo le piante trovano nel suolo un fattore limitante l'eccessiva crescita (la scarsa massa di suolo esplorabile dalle radici) ma al tempo stesso una possibilità di approvvigionamento idrico dagli strati profondi che riduce l'eccessivo stress idrico estivo. Il risultato è

una maturazione dell'uva potenzialmente più regolare ed equilibrata che su altre litologie, non eccessivamente precoce né tardiva, condizione fondamentale per ottenere un ottimale accumulo di elaborati nelle bacche.

In questo studio abbiamo potuto verificare però che non sempre ad una stessa geologia, anche mappata a scala di dettaglio, corrispondano suoli con le stesse caratteristiche funzionali per il Sangiovese. Una delle ragioni è certamente legata alla variabilità intrinseca di molte formazioni geologiche, ma sono alcuni interventi di preparazione del suolo per l'impianto del vigneto, quali eccessivi livellamenti e riporti di terra, i maggiori responsabili dell'indebolimento del legame tra il vigneto e il suo ambiente naturale di coltivazione. Tali interventi possono avere tutta una serie di conseguenze negative a livello paesaggistico ed ambientale (Costantini e Barbetti, 2008), tra cui l'erosione accelerata del suolo e la diminuzione delle sue funzionalità ecosistemiche (Costantini et al., 2018), il cui ripristino può risultare molto difficile (Costantini e Priori, 2016; D'Avino et al., 2018) o molto lungo (Costantini et al., 2015). Da non sottovalutare inoltre che gli scassi profondi e i riporti di terra possono non solo modificare le caratteristiche naturali del terroir, ma addirittura cambiarne l'impronta geochemica e modificare così importanti elementi della tracciabilità del vino, poiché questa è strettamente legata alla natura del suolo e delle rocce del substrato (Braschi et al., 2018). In questo modo può essere possibile che le caratteristiche distintive dei vini di un'azienda e la loro tracciabilità cambino dopo l'impianto di nuovi vigneti, anche se realizzati negli stessi luoghi.

L'esecuzione degli interventi di scasso e livellamento dovrebbe essere sempre preceduta da dettagliate anali-

si geopedologiche (Andrenelli et al., 2013; Priori et al., 2018) in modo da dimensionarne la tipologia e l'entità, soprattutto nei suoli più fragili, come quelli tendenzialmente sabbiosi, scheletrici e quelli poco strutturati. Questi suoli infatti sono quelli meno resilienti e anche quelli più sensibili anche ai cambiamenti climatici (Pellegrini et al., 2018; Mariani et al., 2019). In tal senso, la valutazione della radicabilità del suolo, introdotta in questa sede, potrebbe essere molto utile a definire i caratteri del suolo viticolo che si vogliono preservare oppure creare con le pratiche di preimpianto. Infine, in vigneti ad elevata variabilità pedologica, come quelli che spesso si ottengono in seguito alle pratiche di scasso e livellamento, può essere molto utile l'adozione di tecniche di viticoltura di precisione quali la delimitazione di aree di utilizzo di portainnesti specifici (Galletto et al., 2014) e di gestione del suolo e vendemmia differenziate (Priori et al., 2013).

Riconoscimenti

L'Autore ringrazia le aziende che hanno gentilmente provveduto ad ospitare le indagini e allo scavo dei profili. Le foto sono tutte di proprietà dell'Autore.

Parte seconda

Abstract

Al lettore viene proposta un'analisi agroclimatica dell'areale di produzione del Sangiovese in Toscana basata su serie storiche giornaliere 1973-2018. La lunghezza delle serie dà modo di cogliere il comportamento delle variabili chiave per la risposta produttiva del Sangiovese. Vengono altresì presentati gli effetti del cambiamento climatico su risorse e le limitazioni (radiative, termiche, idriche e idrologiche).



Scansiona il qr-code per visualizzare il contenuto multimediale

Short CV

Agronomo libero professionista con lunga esperienza nella modellazione matematica dell'agroecosistema viticolo. Direttore del Museo Lombardo di Storia dell'Agricoltura e vicepresidente della Società Agraria di Lombardia, attualmente insegna Agronomia all'Università degli studi di Brescia e Storia dell'Agricoltura all'Università degli Studi di Milano, dopo essere stato a lungo docente di Agrometeorologia.

Aspetti agrometeorologici

di Luigi Mariani

Considerazioni preliminari

La meteorologia e il clima delle medie latitudini dipendono in modo relevantissimo dalla **circolazione atmosferica**. In particolare, la “grande circolazione” (circolazione a macroscale) è responsabile dell’apporto verso l’areale italiano di **masse d’aria** caratteristiche perché frutto di specifiche regioni sorgenti. Mi riferisco nello specifico all’aria polare marittima, la cui regione sorgente è in Atlantico intorno a 50 - 60°N, fresca e ricca di umidità in tutte le stagioni, all’aria polare continentale la cui regione sorgente è la Siberia e che nel semestre invernale è la fredda dell’intero emisfero boreale, all’aria artica, fredda in tutte le stagioni e la cui regione sorgente è l’areale artico, all’aria subtropicale marittima, la cui sede naturale è nell’Atlantico tropicale e che è caldo-umida in tutte le stagioni e infine all’aria subtropicale continentale, la cui sede è nell’entroterra africano e che è torrida in tutte le stagioni.

Altre definizioni essenziali trovano riscontro nelle normative dell’Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM). Anzitutto quando parliamo di **condizioni meteorologiche** (tempo, weather) ci riferiamo allo stato istantaneo dell’atmosfera (nuvolosità, temperatura, umidità, precipitazione, vento, ecc.). Ad esempio, nell’istante in cui scrivo queste note dal mio studio in Milano (8,30 del mattino del 23 gennaio 2020) il cielo è poco nuvoloso con un ottavo per cirri e altocumuli verso sudest, c’è calma di vento, la temperatu-

ra è di 4,3°C e l'umidità relativa è del 67%. Quando invece parliamo di **clima** ci riferiamo all'insieme delle condizioni meteorologiche medie ed estreme su periodi di tempo lunghi, dell'ordine dei decenni.

Pertanto, il clima è in sostanza un'astrazione statistica effettuata su grandi moli di dati e più nello specifico il clima attuale secondo l'OMM si ottiene sottoponendo ad analisi statistica gli ultimi 30 anni di dati. Aggiungo che trent'anni sono più che sufficienti per qualificare una caratteristica la temperatura dell'aria (salvo che per le temperature estreme conseguenti a grandi ondate di caldo o di freddo e caratterizzate da tempi di ritorno lunghi) mentre è spesso insufficiente per caratterizzare la precipitazione, variabile che presenta come noto una elevatissima variabilità specie in ambienti a clima mediterraneo ove la maggior parte delle piogge deriva da fenomeni di tipo temporalesco caratterizzati da enorme variabilità spaziale e temporale. Nel caso delle precipitazioni dunque 50 - 60 anni di dati sono in genere meglio di 30.

Un'ultima importante definizione è quella relativa al cambiamento climatico che è da intendere:

(a) come una variazione significativa negli indici statistici che caratterizzano una variabile meteorologica (indici di tendenza centrale come media e mediana e indici di variabilità come la deviazione standard, il massimo e il minimo assoluto) ovvero:

(b) come variazione della frequenza dei diversi tipi di tempo caratterizzano un territorio (es: giorni con anticiclone, giorni con libeccio, giorni con depressioni mediterranee sul Tirreno, ecc.).

A quest'ultimo proposto segnale che analizzando le carte della circolazione atmosferica al livello barico di 850 hPa (circa 1500 m di quota) per il periodo 1961 - 2019 e

considerando la forma che tale circolazione assume sull'Italia emerge che a livello annuo l'areale considerato gode in media di 146 giorni in cui dominano gli anticloni e che si caratterizzano per tempo stabile e soleggiato, con una deviazione standard di 32 giorni, un minimo assoluto di 65 giorni registrato nel 2010 e il massimo assoluto di 209 giorni avutosi nel 1989, seguito a brevissima distanza dal 1990 con 205 giorni. I giorni con tempo perturbato sono mediamente 193 con una deviazione standard di 27 giorni, un massimo assoluto di 255 giorni registrato nel 2010 e il minimo assoluto di 144 giorni avutosi nel 1989.

Per dettagliare meglio i concetti sopra espressi si deve considerare che nella genesi delle precipitazioni alle medie latitudini agiscono strutture circolatorie caratteristiche (tipi di tempo perturbato) come le saccature atlantiche (depressioni a forma di V) e i minimi depressionari mediterranei. Da tali strutture circolatorie deriva la genesi di aree precipitative a mesoscala, frutto dello scorrimento di aria caldo-umida su aria più fredda preesistente (in gergo fronte caldo). Tali strutture circolatorie interagiscono con la morfologia del territorio dando luogo ad esempio ad intensificazioni sopravvento ai rilievi o attenuazioni sottovento allorché il flusso di aria umida nei bassi strati (primi 1000-1500 m di quota) interagisce con l'orografia. Da notare anche che quando il flusso d'aria umida si insinua in una vallata che si restringe è costretto a salire e anche in questo caso si verifica un'intensificazione delle precipitazioni.

Nell'ambiente indagato la sorgente d'aria umida più rilevante è il mar Tirreno, rispetto al quale l'areale della Toscana interna è separata dalle colline metallifere e dal monte Amiata, il che costituisce un fattore che tende a limitare la piovosità media.

Altre strutture meteorologiche che nell'area si rivelano

favorevoli alle precipitazioni sono i **temporali**, i quali sono innescati da irruzioni di masse d'aria fredda in quota (aria polare continentale, polare marittima e artica), che provocano la salita vorticoso di aria umida presente nei bassi strati (primi 1000-1500 m di quota).

Ciò, nelle fasi anticicloniche estive, tende ad accumularsi giorno dopo giorno, con genesi di nubi a grande sviluppo verticale (cumulonembi) e precipitazioni a carattere di rovescio e a talvolta accompagnate da grandine.

Il fenomeno di accumulo dell'aria umida è senz'altro rilevante nella Toscana interna, un'areale che dal punto di vista geo-morfologico si presenta come in prevalenza collinare e delimitato a Nord e a Est dall'Appennino tosco-emiliano e tosco-romagnolo e a Sudovest dai monti metalliferi e dal monte Amiata.

Sulla genesi di **temperature estreme** agiscono in particolare i promontori anticiclonici subtropicali responsabili delle grandi ondate di caldo (apporto di masse d'aria subtropicale) e gli anticicloni continentali responsabili delle grandi ondate di freddo (apporto di masse d'aria artica e polare continentale).

Il microclima del vigneto e gli influssi delle altre scale climatiche

La viticoltura si svolge all'interno dell'**agro-ecosistema viticolo** che è un sistema antropizzato all'interno del quale i cicli della materia e i flussi di energia sono potenziati dall'uomo al fine di ottimizzare la quantità e la qualità delle uve. Tale agro-ecosistema si caratterizza per un mix di risorse e limitazioni ambientali in esso presenti per indagare le quali è fondamentale adottare criteri di scala riferendosi al singolo vigneto o a porzioni di esso (**microclima del**

vigneto) ad ambiti territoriali più ampi come il versante di una vallata (**mesoclima**) o ancora riferendosi ad areali molto ampi (**macroclima**).

A tali aspetti si deve aggiungere il **topoclima** che esprime l'effetto del rilievo sul clima. Più nello specifico sulla radiazione solare agiscono pendenza, esposizione e orizzonte orografico; sulla temperatura (frutto del bilancio energetico di superficie in cui ha un ruolo chiave la radiazione solare) agisce la quota e la potenza del rilievo, che si traduce nella qualità di produzione di aria fredda in quantità più o meno abbondanti, e la giacitura che può dar luogo a più o meno rilevanti accumuli d'aria fredda.

In tal senso, riferendoci a un qualsivoglia vigneto posto nell'areale oggetto di questo corso, potremo parlare del suo microclima che afferisce al mesoclima della Toscana interna che a sua volta rientra nel macroclima mediterraneo. Su tale microclima incide il topoclima (giacitura, pendenza esposizione, potenza del rilievo sovrastante). In sostanza conviene adottare una logica basata su scale sovrapposte e che dialogano fra loro.

In questa relazione analizzeremo **il mesoclima della Toscana interna** e valuteremo inoltre come le diverse variabili agrometeorologiche si manifestano nelle sei aziende oggetto di indagine più specifica.

Più in dettaglio valuteremo le risorse ambientali intese come radiazione solare globale, temperatura e contenuto idrico del terreno (frutto di un bilancio che chiama in causa caratteri del suolo, precipitazione ed evapotraspirazione, quest'ultima a sua volta funzione di radiazione solare, temperatura, umidità relativa, vento) e daremo alcuni ragguagli sulle limitazioni ambientali abiotiche più caratteristiche (piovosità eccessiva, siccità, ondate di freddo e di calo, vento forte, ecc.). Non saranno invece prese in con-

siderazione le limitazioni biotiche da parassiti (*Clysia*, *Lobesia*, ecc.), patogeni (peronospora, oidio, ecc.) e malerbe che pure risentono di risorse e limitazioni ambientali.

L'andamento fenologico sarà espresso utilizzando la scala BBCH (Fig. 40).

La rete meteorologica considerata

L'areale del Sangiovese viene da tempo seguito da chi scrive con l'ausilio dei dati di 26 stazioni meteorologiche (Tab. 3, Fig. 39) di fonte SIR Toscana e rete sinottica GSOD. Per questo studio si sono considerati dati dal 1973 al luglio 2019 e i dati mancanti sono stati ricostruiti con opportuni metodi geostatistici. Le sei aziende oggetto delle visite in campo sono invece elencate in Tabella 4.

Figura 39
Stazioni considerate per descrivere l'areale del Sangiovese e aziende viticole oggetto di sopralluogo

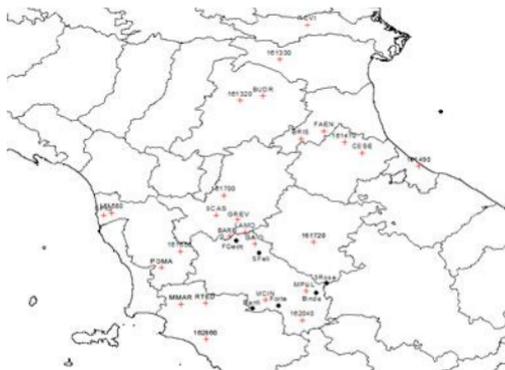


Tabella 3
Anagrafica delle stazioni dell'areale del Sangiovese

Stazione	Acronimo	Longitudine	Latitudine	Hh
Barberino Val d'Elsa	BARB	11.242	43.511	370
Lamole	LAMO	11.355	43.540	540
Greve	GREV	11.303	43.609	290
Gaiole	GAIO	11.421	43.454	390
Roccatederighi	RTED	11.064	43.024	490
Massa_Marittima	MMAR	10.889	43.015	326
San Pietro a Grado	SPIG	10.330	43.664	3
San Casciano	SCAS	11.146	43.664	230
Pomarance	POMA	10.750	43.283	326
Budrio	BUDR	11.483	44.533	30
Cesena	CESE	12.200	44.117	46
Rovigo	ROVI	11.800	45.050	7
Bologna	161320	11.317	44.500	36
Ferrara	161330	11.600	44.800	10
Rimini	161490	12.610	44.020	12
Pisa	161580	10.390	43.684	1
Grosseto	162060	11.070	42.760	4
Forlì	161470	12.070	44.195	29
Arezzo	161720	11.850	43.467	249
Volterra	161650	10.883	43.400	575
Radicofani	162040	11.767	42.900	918
Firenze Aeroporto	161700	11.200	43.807	38
Montalcino Sintesi (*)	MCIN	11.499	43.045	500
Brisighella	BRIS	11.755	44.220	185
Faenza	FAEN	11.924	44.276	32
Montepulciano (**)	MPUL	11.791	43.111	440

Tabella 4
Le sei aziende oggetto d'indagine

Azienda	Acronimo	Longitudine	Latitudine	Hh
Azienda Famiglia Cecchi	FCecc	11.277	43.477	608
Azienda San Felice	SFeli	11.459	43.388	388
Azienda Banfi	Banfi	11.401	42.980	196
Azienda Podere Forte	Forte	11.595	43.008	440
Azienda Tre Rose	3Rose	11.934	43.159	335
Azienda Vallocaia Bindella	Binde	11.867	43.095	314

Figura 40
Fenologia della vite (scala BBCH)⁵

Grapevine Lorenz et al., 1994

Phenological growth stages and BBCH-identification keys of grapevine

Code	Description
------	-------------

Principal growth stage 7: Development of fruits

71	Fruit set; young fruits begin to swell; remains of flowers lost
73	Berries great-sized; bunches begin to hang
75	Berries pea-sized; bunches hang
77	Berries beginning to touch
79	Majority of berries touching

Principal growth stage 8: Ripening of berries

81	Beginning of ripening; berries begin to develop variety-specific colour
83	Berries developing colour
85	Softening of berries
89	Berries ripe for harvest

Principal growth stage 9: Senescence

91	After harvest; end of wood maturation
92	Beginning of leaf discoloration
93	Beginning of leaf-fall
95	50% of leaves fallen
97	End of leaf-fall
99	Harvested product



⁵ Uwe Meier (a cura di), 2001. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants, BBCH Monograph, 2d Edition.

Le sei aziende oggetto d'indagine - classificazione climatica generale

Le sei aziende afferiscono al **clima temperato sublitoraneo** secondo la classificazione di Mario Pinna (area in verde in Fig. 41) che si qualifica per temperatura media annua: 10 - 14.4 °C, temperatura del mese più freddo fra 4 e 5.9 °C, escursione termica annua fra 16 e 19°C e 3 mesi con temperatura media maggiore di 20°C.

Il regime termo-pluviometrico è analizzato per mezzo del climatogramma di Bagouls e Gausсен (Fig. 42). Da esso si osserva che il regime pluviometrico si caratterizza per un massimo principale autunnale (mese di novembre) e uno secondario primaverile (fra marzo e maggio).

Figura 41

Classificazione climatica a base termica di Mario Pinna per l'areale italiano (in verde l'areale a clima temperato sublitoraneo cui afferiscono le 6 aziende oggetto di studio)

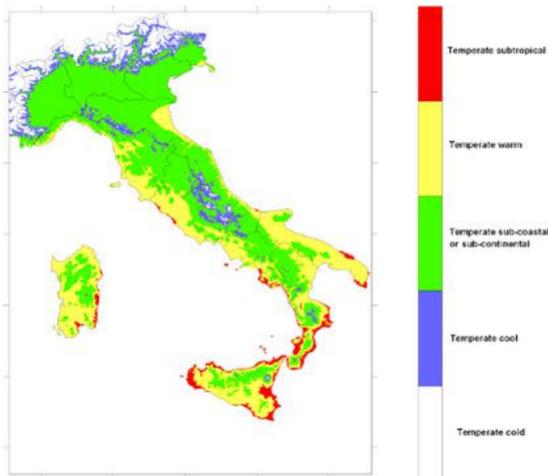
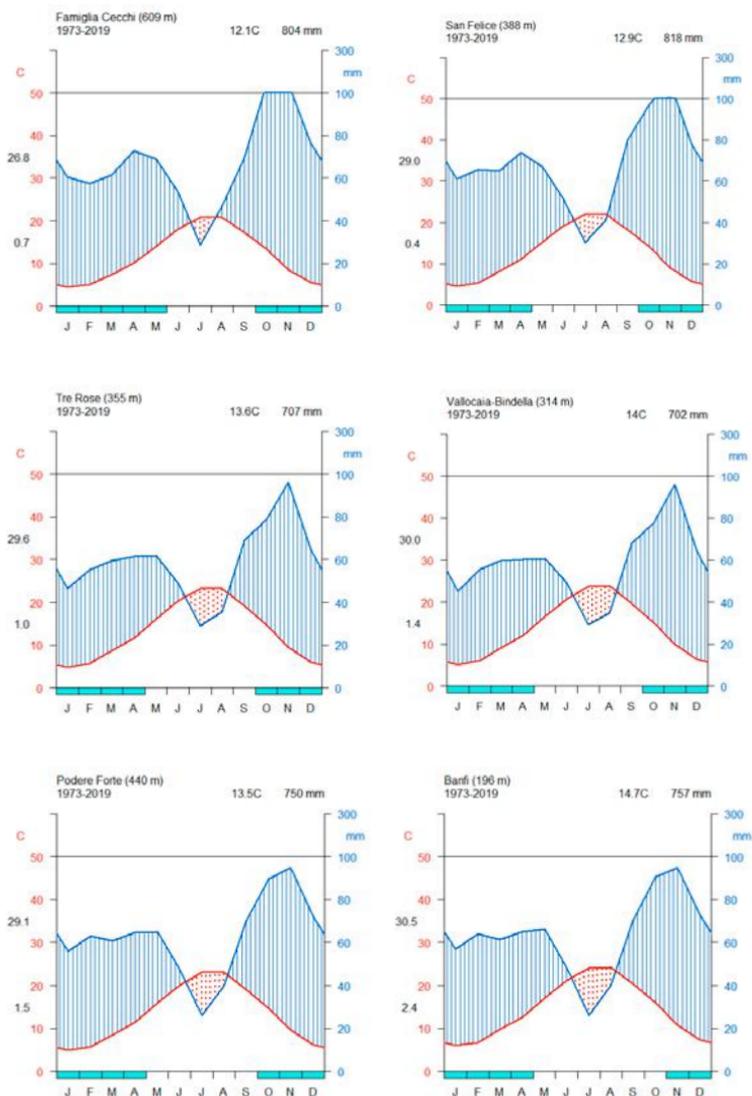


Figura 42
Climogrammi di Bagnouls - Gaissen che sintetizzano i caratteri del clima delle 6 aziende indagate



Uno sguardo d'insieme al clima delle 6 aziende oggetto dei sopralluoghi è possibile utilizzando i chimogrammi di Bagnouls e Gausсен. Da essi si evince un regime pluviometrico a due massimi, con il principale autunno e il secondario in primavera. Il massimo principale è in novembre nelle due aziende più settentrionali (Famiglia Cecchi e San Felice) e fra ottobre e novembre nelle restanti. Si noti anche che nelle quattro aziende più a sud risulta più intenso il deficit idrico estivo che è espresso in modo empirico dall'area puntinata in rosso.

I diagrammi sono tracciati utilizzando le normali 1973 - 2019 in modo che le precipitazioni mensili, la cui variabilità interannuale è rilevante negli ambienti in esame, siano sufficientemente rappresentative. In seguito, quando le risorse e limitazioni radiative, termiche e idriche saranno analizzate con riferimento al trentennio 1989 - 2018.

Variabili agrometeorologiche di base e di alcune grandezze derivate

Con riferimento alle 6 stazioni sono state analizzate le 19 variabili elencate in Tabella 4 ove si elencano pure i principali motivi della loro rilevanza. I risultati di tali analisi sono raccolti nelle Tabelle 5 e 6 che illustrano sia i valori attuali (media del trentennio 1989 - 2018) sia le tendenze evidenziate per le 6 aziende indagate.

La **radiazione fotosinteticamente attiva** è stata considerata pari al 50% della radiazione solare globale. Il diagramma in Tabella 6 evidenzia la sostanziale assenza di tendenza. Da considerare che i valori giornalieri alla base di queste elaborazioni sono stati ottenuti adottando il modello di Hargreaves (FAO, 1998) per cui l'accuratezza delle ricostruzioni non è elevatissima.

Le **temperature medie** delle medie annue (TD) mostrano invece una evidente tendenza positiva. Più nello specifico in esse si distingue un primo sottoperiodo che va grossomodo dal 1973 al 1988 che presenta valori mediamente intorno ai 12.6°C. Negli anni successivi le temperature subiscono un rapido aumento portandosi su un valore medio di circa 13°C intorno al 2000 circa, attorno al quale riprendono ad oscillare manifestando la caratteristica variabilità interannuale caratteristica di tutte le serie termiche indagate. L'andamento di TD è frutto del comportamento delle temperature massime e minime (TX e TN). In particolare, le **temperature medie delle massime**, che rispondono in modo immediato dei processi circolatori a macro e mesoscala, oscillano intorno ai 17.5°C nel periodo 1973 - 85 per poi salire gradualmente

Tabella 5
Temperature medie mensili per le sei aziende oggetto d'indagine

Temperatura Media 1973 - 2019	FCecc	SFeli	3Rose	Binde	Forte	Banfi
Gen	4.5	4.7	4.8	5.1	5.0	6.1
Feb	5.1	5.4	5.8	6.0	5.8	6.8
Mar	7.4	8.2	8.8	9.1	8.6	9.8
Apr	10.2	11.1	11.7	12.0	11.4	12.6
Mag	14.1	15.4	16.2	16.6	15.9	17.1
Giu	18.1	19.3	20.3	20.8	20.0	21.2
Lug	20.8	22.0	23.2	23.8	23.1	24.2
Ago	20.8	22.0	23.2	23.9	23.1	24.3
Set	17.3	18.3	19.2	19.8	19.1	20.3
Ott	13.4	14.2	14.8	15.2	14.7	15.9
Nov	8.5	9.1	9.6	10.0	9.7	10.8
Dic	5.6	5.8	6.0	6.4	6.3	7.4
TD Media Annua	12.1	12.9	13.6	14.0	13.5	14.7
Escursione Annua (Mese più Freddo - Mese più Caldo)	16.4	17.4	18.5	18.7	18.1	18.1
Media del Mese più Freddo	4.5	4.7	4.8	5.1	5.0	6.1

Tabella 6
Elenco delle variabili agrometeorologiche analizzate
in questo lavoro e principali motivi della loro rilevanza

Variabile	Principali Motivi della sua Rilevanza
Radiazione Fotosinteticamente Attiva Annua - PAR (MJ m-2)	La radiazione solare guida il processo fotosintetico e il processo evapotraspirativo ed è inoltre variabile essenziale del bilancio energetico di superficie da cui derivano ad esempio le temperature dell'aria, del terreno e degli organi vegetali
Temperatura Media della Massima Annua - TX (°C)	La temperatura guida le attività vegeto-produttive dei vegetali
Temperatura Media della Minima Annua - TN (°C)	
Temperatura Media della Media Annua - °C (TD)	
Temperatura Media della Stagione Vegetativa (1° Aprile - 31 Ottobre) (°C)	Recentemente alcuni autori (Jones et al., 2007) hanno individuato come ottimale per l'attività vegeto produttiva una temperatura media della stagione vegetativa compresa fra 17 e 20°C
Ultima Gelata Primavera - Giorno dell'Anno (LAST_frost)	Indica la possibilità di danni da gelo per la vite
Precipitazione Totale Annua - mm (RR)	Variabile chiave del bilancio idrico e del livello di umidità atmosferica. Alte umidità e bagnatura dei tessuti sono fattori predisponenti per gli attacchi di patogeni fungini
Numero di Giorni Anni con Precipitazione (NGP)	
Numero di Giorni con Precipitazione nella Stagione Vegetativa (1° Aprile - 31 Ottobre) (°C)	
Intensità Pluviometrica Media Annua - mm/Giorno Piovoso (INT_RR)	L'intensità pluviometrica è associata ad esempio ai fenomeni erosivi
Evapotraspirazione Annua da Coltura di Riferimento - mm (ET0)	Esprime la richiesta evapotraspirativa atmosferica
Evapotraspirazione Reale Annua - mm (ETR)	Variabile chiave del bilancio idrico
Indice di Winkler °C - W	Indicatori delle risorse termiche per la vite
Indice di Huglin - °C (HI)	
Ore Normali di Caldo (NHH)	
Ore di Stress da Caldo (HHH)	Indice delle limitazioni termiche da alte temperature per la vite
Giorno di Raggiungimento della Fase Fenologica di Inizio Fioritura - BBCH 61	Descrittore del ritmo fenologico per la vite
Giorno di Raggiungimento della Fase Fenologica di Inizio Invaiaura - BBCH 81	Descrittore del ritmo fenologico per la vite
Contenuto Idrico del Suolo in % sulla Riserva Utile (%)	Indice del livello di svuotamento del riserva proprio di ogni annata

raggiungendo intorno al 2000 un valore medio di circa 19°C (plateau) attorno al quale si mantengono tutt'oggi. Le **temperature medie delle minime** che per loro natura risentono in modo più diretto anche dei processi a meso e microscala oscillano intorno ai 7.5°C nel periodo 1973 - 85 per poi salire gradualmente raggiungendo intorno al 1990 un plateau di circa 9°C, attorno al quale si mantengono tutt'oggi.

Fino al 2003 la data media del **giorno di ultima gelata primaverile** si mantiene nel range fra il 60° e 100° giorno dell'anno fino al 2003 per poi manifestare una tendenza al calo che si è fatto più sensibile dal 2013. Tale fenomeno si traduce ovviamente nell'avvio anticipato della stagione vegetativa.

La **precipitazione media annua** si mantiene grossomodo stazionaria pur in presenza di grande variabilità interannuale con il valore medio (linea nera in Tabella 7) che oscilla fra 400 e 1200 mm, con minimi assoluti negli anni 2017, 2011 e 1985 e massimo assoluto nel 2011. A considerazioni analoghe si prestano i giorni di pioggia annui e della stagione vegetativa, ambedue stazionari pur in presenza di una sensibile variabilità interannuale. Per inciso il numero di giorni di pioggia nella stagione vegetativa può essere visto come indicatore del rischio di attacchi fungini ed in particolare di quelli da peronospora, le cui zoospore possono infettare i tessuti solo in presenza di acqua liquida sui tessuti stessi.

L'**intensità pluviometrica** presenta incrementi modesti passando da 6.8 mm/giorno piovoso nel periodo 1973 - 1988 a 7.6 mm nel periodo 1989 - 2018. Tali valori confermano la sostanziale stazionarietà dell'intensità delle precipitazioni sulla maggior parte delle stazioni toscane posta in evidenza da Fatichi e Caporali⁶.

La richiesta evapotraspirativa atmosferica espressa come **evapotraspirazione da coltura di riferimento** (ET₀) mostra incrementi modesti passando dai 995 del periodo 1973 -

1988 ai 1019 mm l'anno nel periodo 1989 - 2018 (+2.4%). Un incremento analogo (da 444 a 456 mm/anno pari a + 2.7%) si registrato per i valori di **evapotraspirazione reale** (ETR) che tiene conto non solo della richiesta atmosferica ma anche della capacità della pianta di rispondere a tale richiesta, capacità che dipende dal contenuto idrico del suolo.

Le **risorse termiche** espresse sia come gradi Winkler W (in media + 15%) sia come indice di Huglin HI (+11%) segnano un sensibile incremento confermato dalla crescita delle risorse termiche espresse come **ore normali di caldo** NHH (+12%).

Per quanto riguarda poi le limitazioni termiche si deve evidenziare che lo **stress da caldo** legato alle ondate di caldo prodotte da promontori anticiclonici subtropicali ha segnalato un sensibile incremento (+71%) passando da 133 ore di media annua per il periodo 1973 - 1988 a 227 ore del trentennio più recente.

Le aumentate risorse termiche e l'avvio anticipato della stagione vegetativa si sono tradotte in un **anticipo di tutte le fasi fenologiche**, qui ottenute applicando un modello a ore normali di caldo⁷:

-Inizio della fioritura (BCH 61) nel trentennio più recente risulta mediamente anticipato di 11 giorni con anticipo

⁶ Fatichi e Caporali (2009), lavorando sulle serie storiche di precipitazione di 785 stazioni della Toscana per il periodo 1916-2003, hanno posto in evidenza l'assenza di trend nel regime precipitativo medio e nell'intensità degli eventi estremi di 3,6 e 12 h in pressoché tutte le stazioni analizzate [Fatichi S., Caporali E., 2009. A comprehensive analysis of changes in precipitation regime in Tuscany, International Journal of Climatology, Volume 29, Issue 13, 1883 - 1893].

⁷ Per sincerarmi della validità del modello fenologico qui utilizzato l'ho sottoposto a validazione utilizzando i dati osservativi di inizio fioritura rilevati dall'azienda Bindella - Vallocaia. I risultati sono riportati in **Allegato 1**.

più sensibile (14 giorni) stimato per l'azienda Famiglia Cecchi posta a quota più elevata;

-Inizio invaiatura (BCH 81) nel trentennio più recente risulta mediamente anticipato di 13 giorni con anticipo più sensibile (18 giorni) stimato per l'azienda Famiglia Cecchi.

Il **contenuto idrico del suolo** espresso come percentuale media annua di riempimento della riserva idrica utile presenta una relativa stazionarietà, pur con una sensibile variabilità interannuale che presenta il 1989, seguito dal 2017 e dal 2012, come anni di maggior stress idrico.

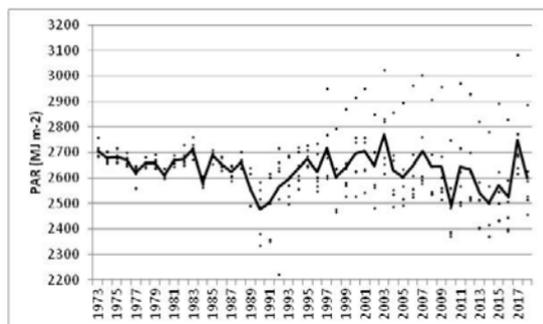
I valori delle variabili agrometeorologiche evidenziati per il trentennio più recente consentono una lettura quantitativa in termini delle risorse e limitazioni climatiche così come emergono dall'analisi delle serie storiche disponibili. Occorre precisare che si tratta di valori interpolati sul centro aziendale a partire da dati di stazioni meteorologiche afferenti a reti operative e che di conseguenza potrebbero risultare non sufficientemente rappresentativi per vigneti lontani dal centro aziendale stesso o per effetto dell'uso di stazioni meteorologiche non sufficientemente prossime al centro aziendale. Per tale ragione è sempre opportuno un monitoraggio aziendale delle variabili atmosferiche, in primis quelle più locali come ad esempio l'umidità relativa⁸ e le precipitazioni.

⁸ Che in questo report non è stata considerata in virtù del suo carattere estremamente locale.

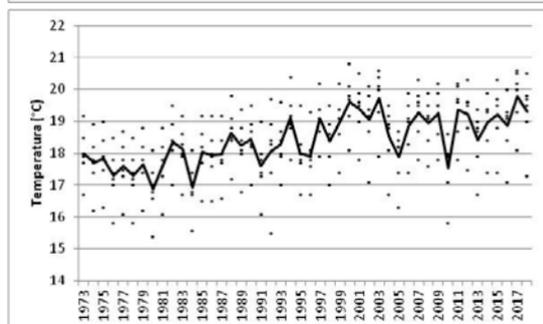
Tabella 7

Per una serie di variabili sono indicate le medie annue per le 6 stazioni considerate (puntini) e l'andamento medio (linea nera)

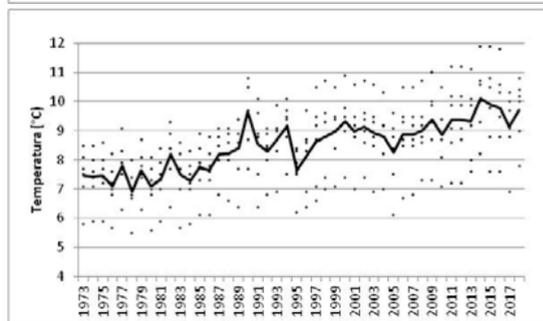
a) Radiazione Fotosinteticamente Attiva Annuale - PAR (MJ m⁻²)



b) Temperatura Media della Massima Annua - TX (°C)

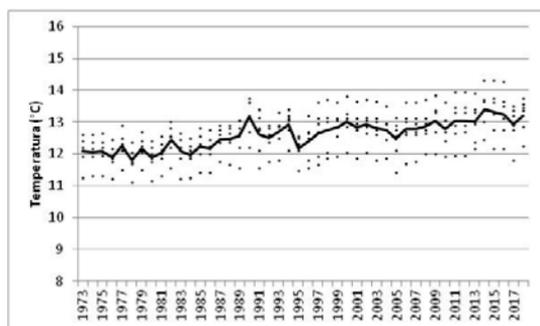


c) Temperatura Media della Minima Annua - TN (°C)

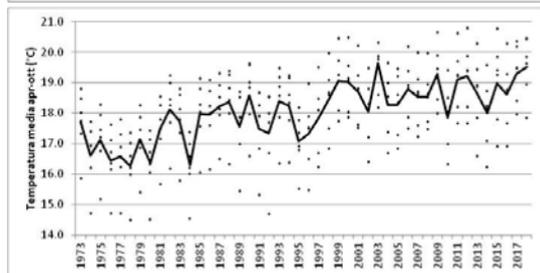


I Terroir del Sangiovese in Toscana

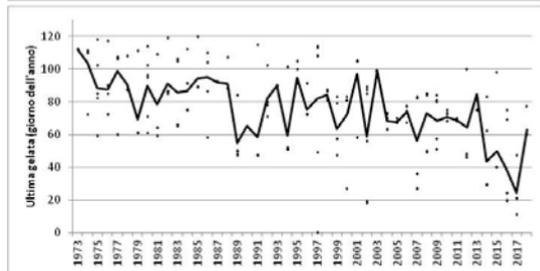
d) Temperatura Media della Media Annuale - °C (TD)



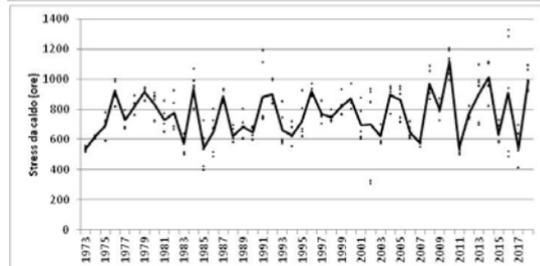
e) Temperatura Media della Stagione Vegetativa (1° Aprile - 31 Ottobre) (°C)



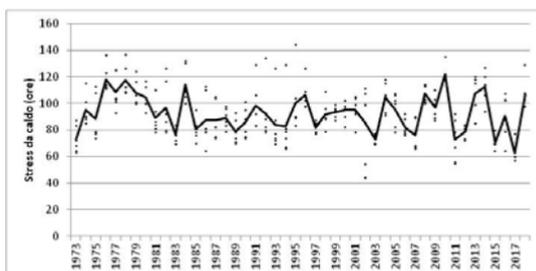
f) Ultima Gelata Primaveraile - Giorno dell'Anno (LAST_frost)



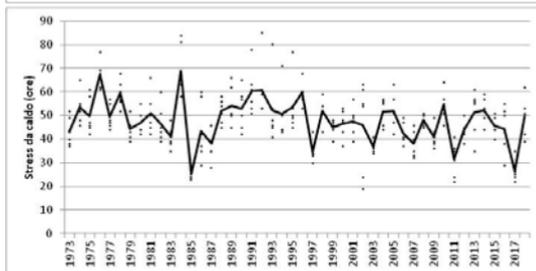
g) Precipitazione Totale Annuale - mm (RR)



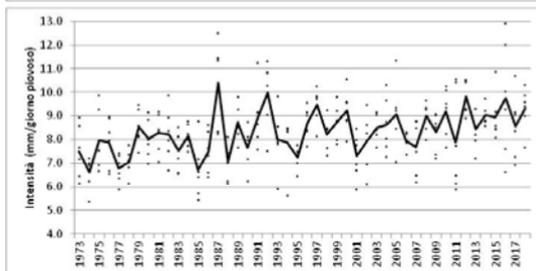
h) Numero di Giorni Annui con Precipitazione (NGP)



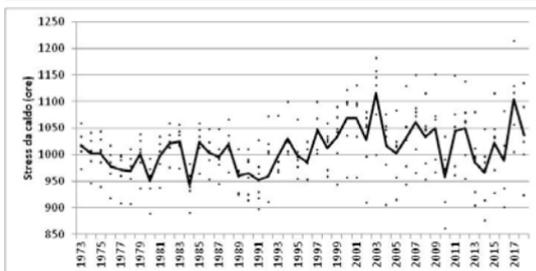
i) Numero di Giorni con Precipitazione nella Stagione Vegetativa (1° Aprile - 31 Ottobre) (°C)



j) Intensità Pluviometrica Media Annuia - mm/Giorno Piovoso (INT_RR)

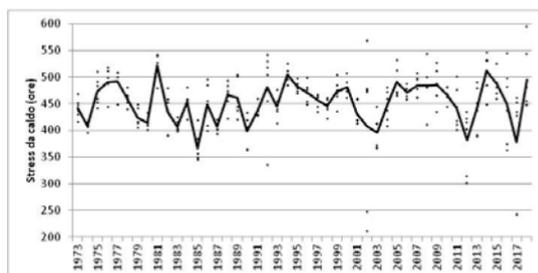


k) Evapotraspirazione Annuia da Coltura di Riferimento - mm (ET0)

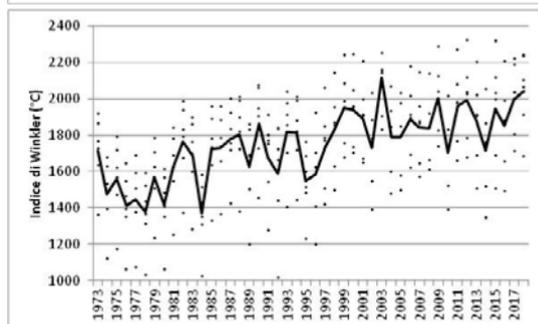


I Terroir del Sangiovese in Toscana

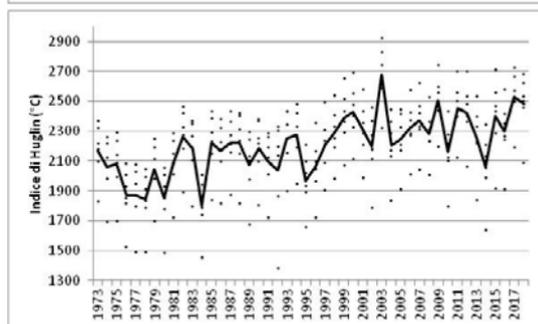
l) Evapotraspirazione Reale Annuale (ETR) - mm



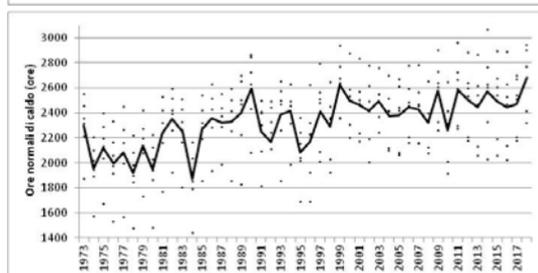
m) Indice di Winkler °C - W



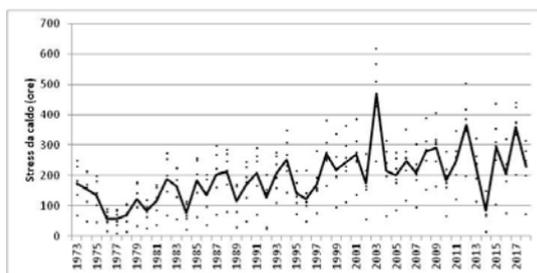
n) Indice di Huglin °C (HI)



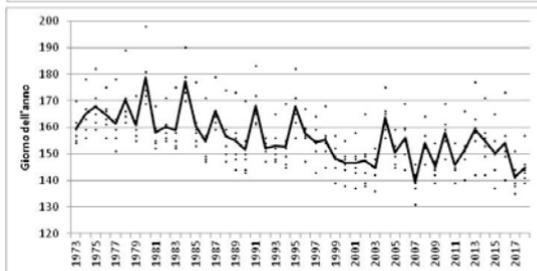
o) Ore Normali di Caldo (NHH)



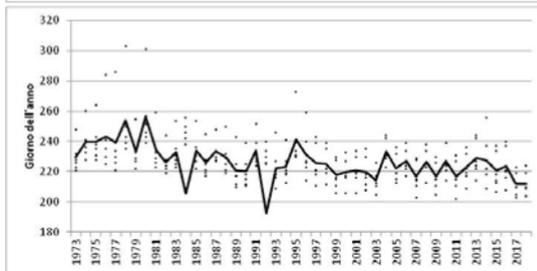
p) Ore di Stress da Caldo (HHH)



q) Giorno di Raggiungimento della Fase Fenologica di Inizio Fioritura - BBCH 61



r) Giorno di Raggiungimento della Fase Fenologica di Inizio Invaiaitura - BBCH 81



s) Contenuto Idrico del Suolo in % sulla Riserva Utile (%)



Tabella 8

Valori medi annui delle temperature (medie delle massime, delle minime e delle medie) dei visti per il trentennio 1989 - 2018 (normale climatica odierna - Clino) confrontato con il sottoperiodo precedente (1973 - 1987)

	Periodo	FCecc	SFeli	3Rose	Binde	Forte	Banfi	Media
Radiazione Fotosinteticamente Attiva Annua - PAR (Mj M-2)	Media 1973 - 1988	2680	2653	2652	2655	2679	2639	2660
	Media 1989 - 2018	2552	2828	2651	2595	2523	2560	2618
	Variazione	-128	175	-1	-60	-155	-78	-41
Temperatura Media della Massima Annua - TX (°C)	Media 1973 - 1988	16.3	17.5	17.9	18.3	17.7	18.9	17.7
	Media 1989 - 2018	17.3	19.1	19.1	19.3	18.5	20.0	18.9
	Variazione	1.0	1.7	1.3	1.1	0.9	1.1	1.2
Temperatura Media della Minima Annua - TN (°C)	Media 1973 - 1988	6.0	7.2	7.8	8.1	7.5	8.6	7.6
	Media 1989 - 2018	8.1	7.5	9.1	9.7	9.7	10.5	9.1
	Variazione	2.1	0.2	1.3	1.6	2.1	1.8	1.5
Temperatura Media della Media Annua - °C (TD)	Media 1973 - 1988	11.2	12.4	12.8	13.2	12.6	13.8	12.6
	Media 1989 - 2018	12.7	13.3	14.1	14.5	14.1	15.2	14.0
	Variazione	1.6	0.9	1.3	1.3	1.5	1.5	1.3
Temperatura Media della Stagione Vegetativa (1° Aprile - 31 Ottobre) (°C)	Media 1973 - 1988	15.4	16.9	17.6	18.0	17.3	18.4	17.3
	Media 1989 - 2018	16.8	17.6	18.7	19.2	18.6	19.8	18.5
	Variazione	1.4	0.7	1.1	1.2	1.3	1.4	1.2
Ultima Gelata Primaveraile - Giorno dell'Anno (LAST_frost)	Media 1973 - 1988	111	95	87	85	93	75	91
	Media 1989 - 2018	84	79	68	64	62	54	68
	Variazione	-27	-16	-19	-22	-31	-21	-23
Precipitazione Totale Annua - mm (RR)	Media 1973 - 1988	800.9	758.7	680.0	676.8	744.0	756.1	736.1
	Media 1989 - 2018	821.1	864.7	733.4	727.6	767.1	771.4	780.9
	Variazione	20.2	106.0	53.4	50.8	23.1	15.3	44.8
Numero di Giorni Anni con Precipitazione (NGP)	Media 1973 - 1988	107	113	92	85	90	87	95.7
	Media 1989 - 2018	92	105	93	84	87	85	91.0
	Variazione	-15	-8	1	-2	-3	-2	-4.7
Numero di Giorni con Precipitazione nella Stagione Vegetativa (1° Aprile - 31 Ottobre) (°C)	Media 1973 - 1988	54	58	48	44	45	43	49
	Media 1989 - 2018	48	54	50	43	46	45	48
	Variazione	-6	-4	1	-1	0	2	-1

	Periodo	FCecc	SFeli	3Rose	Binde	Forte	Banfi	Media
Intensità Pluviometrica Media Annuo - mm / Giorno Piovoso (INT_RR)	Media 1973 - 1988	7.5	6.7	7.4	7.9	8.3	8.7	7.8
	Media 1989 - 2018	8.9	8.3	7.9	8.7	8.8	9.0	8.6
	Variazione	1.4	1.6	0.5	0.8	0.5	0.3	0.8
Evapotraspirazione Annuo da Coltura di Riferimento - mm (ET0)	Media 1973 - 1988	939	983	1002	1016	995	1035	995
	Media 1989 - 2018	937	1077	1038	1031	979	1051	1019
	Variazione	-2	94	37	15	-16	16	24
Evapotraspirazione Reale Annuo - mm (ETR)	Media 1973 - 1988	435	449	437	443	443	459	444
	Media 1989 - 2018	445	481	448	447	449	467	456
	Variazione	10	32	11	5	6	8	12
Indice di Winkler °C - W	Media 1973 - 1988	1224	1517	1653	1746	1592	1810	1590
	Media 1989 - 2018	1498	1654	1878	1984	1861	2109	1831
	Variazione	274	138	225	239	269	300	241
Indice di Huglin - °C (HI)	Media 1973 - 1988	1695	1990	2127	2215	2061	2265	2059
	Media 1989 - 2018	1919	2208	2343	2421	2265	2529	2281
	Variazione	223	219	216	206	204	264	222
Ore Normali di Caldo (NHH)	Media 1973 - 1988	1719	2077	2220	2315	2150	2431	2152
	Media 1989 - 2018	2054	2179	2469	2596	2483	2752	2422
	Variazione	336	102	248	281	333	321	270
Ore di Stress da Caldo (HHH)	Media 1973 - 1988	44	103	148	183	132	191	133
	Media 1989 - 2018	103	208	241	274	209	324	227
	Variazione	59	105	93	91	77	133	93
Giorno Raggiungimento della Fase Fenologica di Inizio Fioritura - BBCH 61	Media 1973 - 1988	178	165	161	159	164	156	164
	Media 1989 - 2018	164	155	151	148	153	143	152
	Variazione	-14	-11	-10	-11	-11	-13	-11
Giorno Raggiungimento della Fase Fenologica di Inizio Invaistura - BBCH 81	Media 1973 - 1988	247	239	232	229	236	225	235
	Media 1989 - 2018	230	233	221	216	220	212	222
	Variazione	-18	-6	-11	-12	-16	-14	-13
Contenuto Idrico del Suolo in % sulla Riserva Utile (%)	Media 1973 - 1988	70	63	58	57	63	62	62
	Media 1989 - 2018	69	64	57	58	62	59	61
	Variazione	-2	0	0	0	-1	-3	-1

Tabella 9
**Valutazioni di sintesi sugli effetti del cambiamento climatico
su risorse e limitazioni per la vite nei siti indagati**

<p>Risorse radiative per la fotosintesi stazionarie.</p> <p>Potenziale produttivo più elevato (aumento dei livelli atmosferici di CO₂).</p> <p>Risorse termiche in lieve aumento.</p> <p>Risorse pluviometriche stazionarie.</p> <p>Stress da eccesso termico in sensibile aumento.</p> <p>Intensità giornaliera e oraria delle piogge grossomodo stazionaria.</p> <p>Consumi idrici in lieve aumento.</p> <p>Stress da carenza idrica in aumento.</p> <p>Stress da basse temperature in calo. In controtendenza si colloca la gelata del 19 - 21 aprile 2017 che tuttavia non ha trovato riscontro nelle serie storiche indagate.</p> <p>Il tutto associato a una notevolissima variabilità interannuale.</p>

Alcuni consigli finali

Al termine di questo intervento mi pare opportuno suggerire alcune buone pratiche agrometeorologiche e viticole utili per una gestione razionale del vigneto:

- Monitorare l'andamento meteorologico in azienda (misure e diario meteorologico);
- Collocare stazioni meteorologiche in siti rappresentativi;
- Calcolare bilanci idrici, risorse termiche, stress termico, ecc.;
- Effettuare osservazioni sulla vite (fenologia, curve di maturazione, ecc.);
- Curare le sistemazioni idraulico-agrarie;
- Conoscere il profilo del suolo e come gli apparati radicali esplorano il terreno.

Allegato 1 - Validazione del modello fenologico.

La validazione del modello fenologico utilizzato è stata effettuata confrontando le date di inizio fioritura simulate con il modello a ore normali di caldo con quelle osservate dal dott. Giovanni Capuano nell'azienda Vallocaia – Bindedella. I risultati estremamente positivi confermano la validità dell'approccio modellistico adottato.

Anno	Osservazione	Simulazione
2007	135	137
2008	147	152
2009	142	142
2010	156	155
2011	141	144
2012	143	148
2013	154	155
2014	146	149
2015	139	144
2016	143	149
2017	143	138
2018	145	141
Media	145	146

Errore medio: 1 giorno

Errore assoluto medio: 3.3 giorni

R2 di Pearson: 0.67

Parte terza

Abstract

Il Sangiovese è un vitigno che presenta bassa stabilità ambientale, cioè molto reattivo alle sollecitazioni esterne. Mentre a grande scala l'effetto climatico è dominante, a livello aziendale o di comprensorio assume rilevante importanza l'aspetto pedologico, che può arrivare a determinare il potenziale enologico dei vari terroir.

Nel capitolo vengono presentati diversi esempi di risposte vegeto-produttive del Sangiovese in relazione a diverse tipologie di suolo ed alcune tecniche di gestione agronomica per mitigare gli effetti ambientali.



Scansiona il qr-code per visualizzare il contenuto multimediale

Short CV di Giovan Battista Mattii

Laureato in Scienze Agrarie presso l'Università degli Studi di Firenze nel 1984 con votazione di 110 e lode/110, Dottorato di Ricerca in Ortoflorofruitticoltura. Ricercatore universitario dal 1990 e Professore Associato di Viticoltura dal 2006 presso l'Università degli Studi di Firenze. Ha svolto diversi periodi di studio negli USA e attività di docenza presso altre Università ed Enti pubblici in Italia e all'estero. È autore di oltre 100 pubblicazioni scientifiche e di alcuni capitoli in vari libri del settore. Attualmente è vicepresidente del corso di laurea in Viticoltura ed Enologia, vicepresidente della Fondazione bancaria Cassa di Risparmio di San Miniato e delegato per l'Università di Firenze nel consiglio direttivo della società TOSCOVIT.

Short CV di Paolo Storchi

Dal 1988 lavora come Ricercatore presso il CREA, attuale Centro di ricerca Viticoltura ed Enologia, del quale è stato per oltre 10 anni Direttore dell'Unità di Arezzo.

Si è occupato di sperimentazioni nel campo del recupero e valorizzazione del germoplasma, della tecnica colturale, di viticoltura di precisione e dei rapporti pianta/ambiente.

Dal 1997 è Accademico dell'Accademia Italiana della Vite e del Vino e dal 2008 è Accademico dei Georgofili. È inoltre membro dell'Internationa Society for Horticultural Science e della Società italiana di Ortoflorofruitticoltura.

È autore di oltre 300 lavori editi, a carattere scientifico e tecnico. Attualmente è coordinatore del progetto EU-LIFE "Green Grapes" e responsabile del Progetto MiPAF "Agridigit - Viticoltura".

Risposte vegeto-produttive del Sangiovese in relazione alle caratteristiche dei suoli

G.B. Mattii⁹, P. Storchi¹⁰

Introduzione

Il settore vitivinicolo italiano evidenzia una sempre maggiore difficoltà a competere sul mercato globale. Accanto alle ragioni congiunturali che condizionano i risultati economici delle imprese, ve ne sono alcune strutturali (quali la dimensione limitata della produzione, la scarsa aggregazione dell'offerta abbinata ad una ridotta propensione all'internazionalizzazione delle nostre imprese) che ne limitano ulteriormente la competitività. Non ultimo, si assiste alla forte difficoltà nel definire strategie di gestione delle aziende, realizzate attraverso l'introduzione e l'integrazione di fattori di innovazione tecnologica nei processi produttivi.

Le difficoltà di applicazione pratica delle innovazioni tecnologiche, fondamentali per creare un vantaggio competitivo rispetto alla concorrenza, abbinata ad un costante aumento del costo d'acquisto dei mezzi tecnici, penalizzano le imprese e le condannano ad un appiattimento nelle prestazioni economiche ed imprenditoriali. Una corretta applicazione pratica delle innovazioni non può prescindere dalla conoscenza dei processi fisiologici che stanno alla

⁹ DAGRI - Università degli Studi di Firenze. giovanbattista.mattii@unifi.it

¹⁰ CREA - Centro di ricerca Viticoltura ed Enologia, Arezzo. paolo.storchi@crea.gov.it

base del risultato produttivo stresso, soprattutto di quelli che regolano la maturazione delle uve e quindi la qualità del prodotto. Sono da tempo note le strette relazioni tra piante, tecniche colturali ed ambienti, intesi quest'ultimi come effetto delle varie interazioni tra suolo, paesaggio e clima.

Mentre a grande scala l'effetto climatico è dominante in relazione alle possibilità di coltivazione della vite e dei diversi vitigni, a livello locale regionale o di comprensorio assume rilevante importanza l'aspetto pedologico, che può arrivare a determinare il potenziale enologico dei vari terroir.

In particolare, i caratteri del suolo che condizionano la nutrizione idrica e minerale, quali capacità di ritenzione idrica, profondità e volume esplorabile dalle radici, pietrosità, colore, drenaggio superficiale e profondo, ricchezza in calcare attivo nonché in macro e microelementi, sono le basi della qualità delle uve e della successiva espressione qualitativa dei vini.

Nel caso della viticoltura è inoltre da considerare l'effetto dell'intermediario tra suolo e parte aerea della pianta, vale a dire il portinnesto che costituisce l'intero apparato radicale e a sua volta può in parte condizionare la risposta del vitigno, soprattutto in varietà con poca stabilità ambientale e molto reattive alle sollecitazioni esterne, quali il Sangiovese.

Uno dei principali fattori che influenzano il comportamento della pianta e caratterizzano un territorio viticolo è la disponibilità di acqua nelle diverse fasi fenologiche della vite. Lo stato idrico della pianta nel corso della stagione è infatti determinante per la dinamica dell'attività vegetativa e produttiva, ma è soprattutto lo stress idrico estivo che determina la fisiologia di maturazione ed il potenziale pro-

duttivo e qualitativo dell'uva (Deloire et al., 2004).

Lo "stress idrico" della vite si verifica tutte le volte che la disponibilità di acqua nel suolo diventa un fattore limitante per le normali attività fisiologiche della pianta. Nel Chianti ed in gran parte della Toscana, questa condizione nella vite è poco frequente nel periodo primaverile, dal germogliamento fino all'allegagione, per la presenza di riserva idrica naturale nel suolo e di apporti pluviometrici caratteristici del periodo. Si verifica invece molto spesso stress idrico da moderato ad elevato nel periodo che va dall'ingrossamento degli acini fino alla post-invaiaitura, in corrispondenza dei mesi estivi (metà luglio - fine agosto), per la scarsità di piogge e la riduzione delle riserve idriche del suolo.

Lo stress idrico, in assenza di interventi irrigui, è quindi principalmente determinato dal livello di precipitazioni naturali. Dipende anche dalla profondità esplorabile dalle radici e dalla capacità idrica di ritenuta del suolo.

Altro aspetto importante è relativo alla nutrizione minerale, in particolare azotata. La maggior parte dei suoli assicura la disponibilità di azoto grazie alla mineralizzazione della sostanza organica, in funzione delle caratteristiche del terreno e del pedoclima.

Solitamente nel vigneto un'alimentazione azotata limitata è favorevole alla qualità dei vini, in quanto favorisce l'aumento di composti fenolici. Si stabilisce infatti una concorrenza tra il metabolismo primario degli amminoacidi, che porta alla sintesi delle proteine, e quello secondario che determina l'accumulo delle sostanze polifenoliche.

L'elevata disponibilità di azoto favorisce la prima via aumentando lo sviluppo vegetativo della vite. Per il Sangiovese una disponibilità moderata è solitamente necessaria per produrre uve di elevata qualità.

Un ulteriore fattore dei terroir viticoli, finora poco studiato e conosciuto, è costituito dal microbioma del suolo e dalle interazioni che vengono a crearsi tra pianta e microrganismi.

All'interno di uno stesso vigneto possono comunque essere presenti suoli con caratteristiche funzionali per la vite molto differenti. Conoscere la variabilità spaziale delle caratteristiche del suolo all'interno dell'azienda o di un vigneto permette di capire la variabilità della risposta viticola ed enologica.

Un aspetto che caratterizza alcuni vigneti, è relativo alla presenza di aree più o meno estese con carenze fisico-chimiche o biologiche del terreno, scarsa vigoria delle piante e basse rese produttive. Ciò è spesso dovuto alla presenza di suoli definiti "degradati" a seguito di varie problematiche, e le differenze vegetative e produttive tra le zone degradate e non degradate possono essere consistenti (Fig. 43).

Figura 43

Differenze di vegetazione tra viti di un'area degradata (a sinistra) ed una non degradata, all'interno dello stesso vigneto



Gli apparati radicali

Il sistema radicale può essere considerato un'interfaccia tra la parte aerea della vite e il suolo, e le sue numerose funzioni fisiologiche e biochimiche sono sempre riflesse nel comportamento della chioma. Molto spesso, squilibri e limitazioni pedologiche si traducono in vigne stentate in aspetto e sviluppo, o possono produrre uve di bassa quantità (Tomasi, 2019).

La densità e la distribuzione delle radici è influenzata dal genotipo del portinnesto, dalle caratteristiche del suolo e dalla sua gestione (pratiche come le lavorazioni e le concimazioni possono in parte modificare le caratteristiche del suolo che ostacolano il corretto sviluppo delle radici). Tra i fattori che creano condizioni ottimali per lo sviluppo delle radici, vi è anche la presenza di sostanza organica e di adeguata attività microbica nel suolo.

L'apparato radicale delle viti è costituito da un portinnesto di origine americana, che utilizza quasi esclusivamente incroci tra *Vitis rupestris*, *berlandieri* e *riparia*.

I diversi portinnesti mostrano un caratteristico adattamento ai suoli e alle loro proprietà fisico-chimiche, consentendo al viticoltore di scegliere il portinnesto più appropriato, corrispondente all'ambiente di coltivazione, alla cultivar ed al desiderato risultato enologico.

Il benessere e la funzionalità degli apparati radicali è prerequisito indispensabile per assicurare un efficiente scambio tra suolo e vite, ed è attraverso l'apparato radicale che si trasmettono alla pianta le unicità del terroir.

Le funzioni delle radici sono molteplici: nutrimento idrico e minerale, ancoraggio al suolo, organo di riserva per la pianta, sintesi di ormoni che fungono da segnali per lo sviluppo della parte aerea (es. citochinine che regola-

no la schiusura delle gemme), “organo sentinella” di situazioni di stress attraverso la competizione tra sintesi di citochinine e di acido abscissico da parte delle estremità radicali (ad esempio lo stress idrico induce sintesi di acido abscissico che stimola la chiusura di stomi e aumento della conduttività idraulica).

Una distribuzione ideale di un apparato radicale è caratterizzata da uno strato superficiale principalmente coinvolto nell’assorbimento di elementi nutritivi ed uno inferiore dedicato all’assorbimento dell’acqua nei periodi di maggiore bisogno.

Per l’apparato radicale lo sviluppo è ciclico, con picchi di crescita annuali che non sono sincroni con lo sviluppo della parte aerea. Tali periodi sono infatti concentrati durante le fasi di fioritura e alla caduta delle foglie e sono finalizzati sia ad aumentare il raggio complessivo di esplorazione sia a sostituire le strutture senescenti.

L’assorbimento di minerali, ad esempio, si verifica dopo il germogliamento e nelle fasi iniziali di crescita la vite dipende strettamente dalle riserve accumulate durante la stagione precedente. Anche l’assorbimento dell’azoto è limitato fino alla presenza sul germoglio di 7 - 9 foglie, quindi aumenta progressivamente, insieme al potassio, dalla pre-fioritura (Pradubsuk e Davenport, 2010).

La capacità della vite di usare l’acqua immagazzinata nel suolo è principalmente influenzata dalla densità e distribuzione delle radici, quindi la risposta della vite a differenti proprietà del suolo si basa sul sistema radicale come interfaccia (Comas et al., 2010; Morlat e Jacquet, 1993). I genotipi e i sistemi di gestione del terreno sono i principali fattori che influenzano la distribuzione, sia verticale che orizzontale, del sistema radicale (Smart et al., 2006), mentre le proprietà del suolo contribuiscono a controllare

l'espressione fenotipica (Morlat e Jacquet, 2003; Renouf et al., 2010; Richards, 1983).

In generale i suoli ricchi in acqua ed elementi minerali sono più favorevoli per la crescita in quanto:

Offrono una grande quantità di acqua ed elementi nutritivi disponibili per un assorbimento istantaneo;

Si prestano meglio alla diffusione che rifornisce la zona in prossimità della radice "impoverita" dall'assorbimento;

Contengono un numero maggiore di estremità radicali perché favoriscono maggiormente la loro crescita e la loro ramificazione.

La vite è contraddistinta da un'attiva ripresa vegetativa primaverile, la quale perdura fino alla fioritura, dopodiché la crescita rallenta per interrompersi dopo l'invaiaatura.

Questa cinetica della parte aerea della pianta corrisponde ad un elevato approfondimento ed assorbimento radicale primaverile, a cui segue in estate una progressiva riduzione di attività della parte superficiale dell'apparato radicale, quella maggiormente responsabile del vigore della pianta.

Oltre allo stress idrico, un altro fattore pedologico determinante per lo sviluppo radicale è la disponibilità di ossigeno. Se in primavera il suolo è saturo d'acqua, ad esempio in presenza di alta percentuale di argille e scarso drenaggio, le radici si sviluppano in maniera rallentata, sia per carenza di ossigeno che per la bassa temperatura.

Ne consegue un ritardo della ripresa vegetativa nelle viti poste sui suoli più asfittici, che viene successivamente recuperato solo in parte e con difficoltà. In queste situazioni, il ridotto sviluppo primaverile dell'apparato radicale rende la pianta più soggetta a stress idrico estivo ed alla carenza di nutrienti. Tale problematica può presentarsi anche in presenza dell'impiego ripetuto di macchine pesanti che compattano il terreno.

Anche la temperatura del suolo agisce sul metabolismo della pianta, in particolare nei riguardi della sintesi ormonale e dell'assorbimento minerale. Il comportamento termico del terreno dipende dall'umidità e dalla porosità, che condizionano la capacità calorifica e la conduttività termica del suolo.

Maggiore è la dotazione di macropori, per tessitura grossolana o per buona struttura, più facilmente il terreno sgronda le acque in eccesso e si riscalda in primavera e nel corso dell'estate. Ad un precoce riscaldamento primaverile, legato alla macroporosità ma anche ad altri fattori quali esposizione e drenaggio esterno, corrisponde un germogliamento anticipato, fattore favorevole per il rapido formarsi di un apparato fogliare elaborante.

Le radici si sviluppano lungo gli orizzonti del suolo verticale e orizzontale, costruendo un più o meno una rete densa a seconda dello stato fisico del suolo e della disponibilità di ossigeno, acqua, ed elementi nutritivi.

Vari studi sottolineano che, indipendentemente dal tipo di terreno, esiste sempre una stretta relazione tra il modello di distribuzione della radice e il profilo di umidità del suolo. In generale le radici cercano l'acqua, che diventa così forse la principale "Forza attrattiva" per le radici (Takahashi et al., 2003).

Nei terreni sabbiosi la crescita delle radici è stimolata, poiché, nella ricerca di acqua in strati sempre più profondi e generalmente più umidi, nuove aree devono essere continuamente esplorate (Soar and Loveys, 2007).

In terreni argillosi, che mostrano in media una buona disponibilità d'acqua in tutto il profilo, le radici tendono a svilupparsi più in superficie, soprattutto quando gli orizzonti profondi mostrano eccessiva umidità o quando strati compatti creano condizioni limitanti per lo sviluppo delle

radici (asfissia) (Smart et al., 2006; Whitmore e Whalley, 2009).

Anche l'irrigazione influisce sulla distribuzione delle radici, in quanto l'acqua, come menzionato, è probabilmente l'agente più forte nello stimolare l'allungamento e la direzione di crescita delle radici. L'irrigazione localizzata generalmente ha l'effetto di concentrare il sistema radicale intorno all'emettitore di acqua (Stevens e Douglas, 1994).

In ambienti umidi, l'area di sviluppo delle radici può essere ridotta di adeguata lavorazione del suolo, al fine di frenare la crescita della vite e migliorare la qualità dell'uva (Proffitt, 2000).

Oltre ai fattori appena considerati (tessitura, umidità, porosità e aerazione), possono svilupparsi altre situazioni negative, legate sia alla natura del suolo che a pratiche di coltivazione. Ostacoli concreti a causa di strati impenetrabili (ad es. lenti di argilla, strati della roccia madre, concrezioni più o meno solide, salinità) possono limitare o condizionare l'apparato radicale.

In sintesi, profondità del suolo, consistenza, compattezza (le radici possono solo con difficoltà esercitare una forza di penetrazione superiore a 2 MPa (Nicholas, 2004) e fenomeni di idromorfia o asfissia sono i principali fattori che influenzano la formazione, lo sviluppo ed il funzionamento dell'apparato sotterraneo della vite. I due requisiti fondamentali per lo stato ottimale di radice "fisiologica e funzionale" sono comunque il grado di aerazione del suolo (Cass e Roberts, 2006) e la presenza di acqua (Smart et al., 2006); questi due fattori guidano tutto il processo di radicazione (Tab. 10), compresi alcuni aspetti sanitari. In relazione a ciò, anche la disponibilità di elementi nutritivi dipende dai primi due fattori.

La prima pratica da adottare all'impianto del vigneto

è prestare attenzione scrupolosa alla conservazione degli orizzonti e delle caratteristiche fisiche del suolo. Movimenti del terreno eccessivamente radicali che distruggono i suoli e cambiano la loro evoluzione, terreni compattati dall'impiego di macchine fuori misura, incoraggiano lo sviluppo di apparati radicali che rimangono vicini alla superficie o hanno solo uno sviluppo limitato, che in genere provoca viti ipersensibili alle variazioni climatiche, in maggiore difficoltà nel raggiungimento dell'equilibrio dello sviluppo, e con risposta limitata alle pratiche di coltivazione.

Anche altre scelte agronomiche influenzano lo sviluppo radicale, ad esempio a parità di suolo la quantità di radici per unità di superficie aumenta all'aumentare della densità di impianto. Va inoltre considerato il ruolo importante delle fertilizzazioni e della gestione del suolo, attraverso le lavorazioni meccaniche, l'inerbimento o il diserbo.

Tabella 10

Rapporto tra radici e suolo in alcune delle principali tipologie caratteristiche del Chianti, presenti presso l'azienda Agricola San Felice (Castelnuovo Berardenga)

Tipologia di Suolo	Radicazione Prevalente
Arenaria da Macigno del Chianti	Molto Estesa anche in Profondità
Alberese da Calcari Marnosi	Superficiale
Sabbie Plioceniche	Estesa ma poco Sviluppata

I portinnesti

In Italia sono 45 i portinnesti ammessi alla coltivazione (iscritti al Registro nazionale). I primi 5 (1103P, Kober 5BB, SO4, 110R, 420A) rappresentano gran parte dei portinnesti utilizzati su Sangiovese, in crescita è l'utilizzo di 110R, in calo Kober 5BB e 420A.

Il lavoro di selezione dei portinnesti è stato svolto in gran parte a fine '800 ed è stato ripreso dopo una lunga stasi sono negli ultimi, in particolare a cura dell'Università di Milano che ha recentemente rilasciato 4 portinnesti della serie "M", caratterizzati da buona tolleranza a stress idrici e medio o ridotto vigore imposto alla varietà.

In generale i portinnesti possono mostrare una diversa distribuzione radicale e attività in relazione alle proprietà del terreno in cui sono collocati. È comunque da tenere presente che l'origine genetica determina alcune differenze, in particolare nell'approfondimento e densità delle radici, ed in conseguenza nell'adattamento a stress idrici (Tab. 11) sempre più evidenti in conseguenza dei cambiamenti climatici.

Tabella 11
Comportamento rilevato di specie pure ed alcuni portinnesti nei riguardi della sensibilità a carenza idrica

Portinnesto	Genitori	Adattamento Stress Idrico
Vitis Riparia		Basso
Vitis Rupestris		Medio
Vitis Berlandieri		Alto
420 A	Riparia x Berlandieri	Da Medio a Basso
KOBER 5BB	Riparia x Berlandieri	Da Medio a Basso
SO4	Riparia x Berlandieri	Variabile
101-14	Riparia x Rupestris	Da Medio a molto Basso
3309 C	Riparia x Rupestris	Da Medio a molto Basso
1103 PAULSEN	Berlandieri x Rupestris	Da molto Alto a Alto
110 RICHTER	Berlandieri x Rupestris	Alto
140 RUGGERI	Berlandieri x Rupestris	Da molto Alto a Medio

Nei riguardi dell'assorbimento minerale il comportamento dei portinnesti è diverso: ad esempio per alcuni per

alcuni l'assorbimento di potassio è più elevato (140 Ru, SO₄, Kober 5BB, 110 R) rispetto ad altri che evidenziano un moderato o lento assorbimento (1103 Paulsen, 420A).

Attività vegetativa

Un suolo profondo, ben strutturato, ricco di composti azotati, provoca eccessivo lussureggiamento e alta produzione. All'opposto un suolo sabbioso soggetto a carenza idrica estiva porta a attività vegetativa ridotta, scarsa produzione e vini squilibrati.

Nei suoli limoso-argillosi, poco strutturati e soggetti a erosione le viti sono soggette al massimo stress.

In ogni caso l'instaurarsi di un severo stress idrico riduce lo sviluppo dell'area fogliare, valutabile con la misura del LAI (Leaf area Index) (Matthews e Anderson, 1988; Poni et al., 2007a) o con le più recenti tecnologie dell'analisi di immagine (NDVI), e compromette la capacità fotosintetica, che si traduce in un minore accumulo di solidi solubili e diminuzione del peso degli acini (Ferrandino et al., 2010).

Lo sviluppo della vite e la piena maturazione delle uve dipendono da molte variabili, alcune di tipo spaziale, altre di tipo temporale. Per ciascuna variabile esistono informazioni (condizioni di crescita delle piante, andamento climatico stagionale, rapporti con le fasi fenologiche, ecc), su cui i viticoltori basano le proprie decisioni operative. La qualità ed il dettaglio delle informazioni disponibili sono un fattore determinante per supportare le decisioni da prendere e, pertanto, per la qualità dei risultati conseguiti. È quindi essenziale che le caratteristiche fisiografiche (topografia, geologia, clima, ecc.) di un sito di coltivazione vengano analizzate nel dettaglio spazio-temporale necessa-

rio a valutarne le interazioni con la vegetazione in modo da definire criteri affidabili per supportare i viticoltori nelle loro scelte di impianto e di gestione del vigneto (Vasconcelos e Castagnoli, 2000).

Questo ambizioso obiettivo può essere conseguito per la filiera “vite” identificandola in un diagramma ad imbuto attraverso il quale, passando da interventi di macro-scala ad altri di meso e infine di micro-scala, si riesce ad individuare, nel caso specifico per una combinazione genotipo-ambiente di indiscusso interesse - quale il Sangiovese nei comprensori storici della Toscana - le condizioni agronomico-produttive che portano alla massima “efficienza” dell’impianto, con l’impiego di minimi input esterni e nel rispetto dell’ambiente e del paesaggio agricolo (Poni et al., 2007b).

Il concetto di qualità dell’uva è oggetto di evoluzione continua e di studio da parte degli operatori del settore. In particolare, da diversi anni si è andata sviluppando l’idea, confortata da numerosi riscontri analitici, che la concentrazione zuccherina del mosto sia un parametro non sufficiente a definire la qualità globale di un prodotto (Palliotti, 2012; Salvi et al., 2019).

Specialmente nelle uve nere, infatti, un adeguato corredo polifenolico, che garantisce l’idoneità del vino all’invecchiamento, costituisce un fattore irrinunciabile nel percorso della qualità. Nel corso degli ultimi anni, infatti, la ricerca viticola si è concentrata nello studio delle relazioni esistenti tra comportamento fisiologico della pianta e andamento della maturazione, con particolare riferimento all’accumulo sia degli zuccheri, sia principalmente di sostanze coloranti e polifenoliche in generale, soprattutto in quelle zone dove la concentrazione zuccherina costituisce raramente un fattore limitante (Jones e Webb, 2010).

A seguito dell'effetto ambientale, molti lavori sperimentali hanno evidenziato l'importanza dei fattori antropici sui parametri della maturazione, dalle concimazioni alla gestione del suolo, l'uso del portinnesto, la potatura, ecc. Proprio quest'ultimo aspetto sta suscitando sempre più interesse, non tanto come analisi delle singole operazioni in sé, quanto come considerazione globale di tutti gli interventi volti a modificare il comportamento naturale della vite, in altre parole la gestione della chioma (Poni et al., 2007).

Le chiome di vite presentano una spiccata variabilità in termini di dimensioni, forma, orientamento e distribuzione della vegetazione, che è legata sia all'eterogeneità dei sistemi di allevamento, sia alla "plasticità" del genere *Vitis*. Infatti, la sua struttura "liamosa", con rami (tralci) lunghi e flessibili e organi specifici di ancoraggio (viticci), permette una estrema variabilità di "modellamento" secondo profili geometrici anche molto diversi tra loro.

A questo proposito la gestione della chioma può giocare un ruolo importante nella regolazione dell'equilibrio tra crescita vegetativa e potenzialità produttive (Carbonneau, 2009). La scelta della forma di allevamento e la conseguente distribuzione della chioma nello spazio è importante e difficile al tempo stesso, perché deve tener conto di numerosi parametri, spesso correlati tra di loro, dai quali dipendono gli obiettivi del viticoltore.

Questi obiettivi possono essere perseguiti da scelte tecniche diverse, tra le quali l'architettura della chioma e la distribuzione dei germogli nello spazio giocano un ruolo molto importante in quanto possono modificare numerosi parametri ecofisiologici. Infatti, la morfologia della chioma e la distribuzione delle foglie nello spazio possono influenzare diversi parametri tra cui l'intercettazione luminosa, la

penetrazione di luce all'interno della chioma, il microclima a livello sia di chioma, sia di intero vigneto, l'induzione florale, il LAI, la crescita vegetativa, la maturazione dei grappoli, la ripartizione di assimilati e così via (Wessner e Kurtural, 2013).

Indipendentemente dalla tipologia della chioma, tuttavia, l'efficienza della parte epigea si caratterizza essenzialmente per la capacità di soddisfare tre requisiti imprescindibili e comunque strettamente interdipendenti tra loro:

- elevata capacità di intercettazione della luce incidente;
- elevata capacità di conversione della radiazione intercettata in sostanza secca;
- elevata capacità di traslocazione e accumulo della sostanza secca verso gli organi di interesse (grappoli).

È evidente come l'efficienza della chioma parta da una sufficiente disponibilità di luce incidente, anche se su questo parametro, legato alle condizioni climatiche e orografiche della zona, l'intervento dell'uomo può solo apportare qualche modesta correzione al momento dell'impianto con la scelta dell'orientamento dei filari. Questo aspetto risulta particolarmente importante nei vigneti collinari della Toscana centrale, soprattutto nella zona di produzione del Chianti Classico, in cui le elevate pendenze potrebbero condizionare la disponibilità radiativa, demandando al viticoltore le scelte più appropriate di gestione per aumentare l'efficienza quantica della chioma. (Intrieri et al., 1997; Poni et al., 2014)

A questo proposito la riduzione degli ombreggiamenti all'interno della chioma stessa, con una gestione verticale dei germogli può favorire l'intercettazione, portando la maggior parte delle foglie al livello di saturazione luminosa. Infatti, a livello di progettazione del vigneto e gestione

della chioma possono essere fatte scelte diverse per modificare la percentuale di luce effettivamente intercettata dalla chioma rispetto a quella massima disponibile: questo parametro è direttamente correlato con la quantità totale di sostanza secca prodotta nell'arco della stagione. In linea generale, quindi, una chioma è efficiente quando riesce a garantire, nel corso del ciclo annuale, un'elevata capacità di intercettazione della luce incidente che, tuttavia, può variare in funzione dei seguenti fattori:

- altezza, spessore e densità fogliare delle pareti vegetative;
- distanza tra le file, orientamento e/o esposizione dei filari a seconda che ci si trovi in pianura o in collina;
- dinamica della formazione della superficie fogliare sulla chioma e durata della sua permanenza sulla parte epigea.

Tenuto conto che la viticoltura dell'Italia centrale è basata su forme di allevamento in parete verticale, tra i fattori colturali che possono modificare in modo sostanziale l'entità e la dinamica della quota di luce catturata da chiome di vite vi è senza dubbio l'altezza della parete, o per maggiore precisione, il rapporto tra altezza della parete e distanza tra le file (Reynolds et al., 2004).

Una situazione ottimale prevede la massima altezza possibile senza provocare ombreggiamenti reciproci tra le pareti, soprattutto nelle ore in cui il potenziale fotosintetico è più elevato, in modo da sfruttare al massimo la luce incidente. Non bisogna dimenticare che, rispetto agli impianti degli anni '70 del secolo scorso, si è verificato un notevole cambiamento nelle densità di piantagione con riduzione della distanza tra le file, che ha portato a dover riconsiderare l'altezza della chioma, in molti casi non più adeguata ad una razionale intercettazione luminosa (Fig. 44 e 45).

Figura 44
**Una perfetta densità della chioma che evidenzia
un limitato numero di foglie in ombra**



Figura 45
**Chioma non adeguatamente controllata
con forti ombreggiamenti interni**



È inoltre opportuno considerare che l'aumento della luce intercettata che presumibilmente si ottiene con l'innalzamento della parete vegetativa, può presentare il problema di un maggiore consumo idrico da parte delle viti, con eventuali conseguenze negative sul comportamento vegetativo e produttivo nei suoli soggetti a carenza idrica estiva.

Appare quindi di rilevante interesse l'individuazione e la validazione di parametri che, in determinate condizioni pedoclimatiche, consentano di determinare l'equilibrio ecofisiologico delle piante più favorevole al conseguimento del migliore livello qualitativo del prodotto. L'acquisizione di tali parametri appare importante sia per programmare su basi scientificamente più affidabili l'applicazione della corretta gestione della chioma, sia per una tempestiva correzione dell'equilibrio fisiologico della pianta mediante opportuni interventi colturali, qualora questo non risulti corrispondere ai valori compatibili con il raggiungimento di un ottimale livello qualitativo del prodotto (Kliewer e Dokoozlian, 2005) (Fig. 46 e 47).

Oltre a queste analisi più prettamente produttive, non meno importante risulta oggi la "valutazione ambientale" della coltivazione, volta quindi alla determinazione degli impatti sul *global change* (Jones e Webb, 2010).

Il bilancio degli scambi gassosi sembra essere un punto cruciale, soprattutto relativamente alle relazioni idriche della pianta; la disponibilità idrica infatti potrebbe costituire un fattore limitante non tanto per i livelli quantitativi della produzione, ma per quelli qualitativi, in quanto una limitazione metabolica in periodi strategici per la sintesi polifenolica potrebbe portare alla costituzione di vini inadatti al lungo invecchiamento. È opportuno ricordare che il Sangiovese è caratterizzato da una bassa stabilità fenotipica e, in determinate condizioni limitanti, può risultare inadatto ai target produttivi prestabiliti (Poni et al., 2013).

Figura 46
Forma di allevamento in volume per ottimizzare
l'intercettazione luminosa



Figura 47
Elevata densità fogliare che può provocare ombreggiamenti
all'interno della chioma con conseguente riduzione dell'efficienza



Lo “stress idrico” della vite si determina tutte le volte che la disponibilità di acqua della riserva idrica del suolo risulta inferiore alla richiesta evapo-traspiratoria dell’apparato fogliare della pianta.

Questa condizione risulta poco frequente nel periodo primaverile, fino alla fioritura e successiva formazione dell’acino, per la presenza ancora di riserva idrica nel suolo e una sufficiente piovosità. Si determina invece molto spesso nel periodo che va dall’inizio dell’ingrossamento dell’acino fino all’invaiaitura (viraggio del colore verso la maturazione). Nelle annate asciutte può aumentare peraltro la concentrazione zuccherina, ma in annate molto siccitose un severo “stress idrico” può comportare anche una riduzione del grado di maturazione delle uve, causata da una insufficiente elaborazione fotosintetica e da un rallentamento nei processi di traslocazione.

La corretta gestione dell’apporto idrico gioca proprio sul rapporto condizioni ottimali/stress idrico intendendo quest’ultimo come quella situazione dove l’acqua diventa un fattore limitante per alcune delle normali funzioni della pianta. Per stabilire un’influenza positiva dell’acqua in termini qualitativi vengono presi in considerazione alcuni parametri legati alla fermentazione quali zuccheri ed acidi ma anche polifenoli e peso medio del grappolo (Avalos et al., 2017).

Un esempio di intervento agronomico - La defogliazione

Un secondo aspetto di non trascurabile importanza nella gestione della chioma del Sangiovese riguarda tutti quegli interventi che, modificando l’andamento della fotosintesi e, di conseguenza, la distribuzione di assimilati, possono influire più o meno direttamente sul “*crop load*”, cioè sull’entità

produttiva in relazione alle dimensioni della chioma.

Una delle operazioni di gestione della chioma più frequenti effettuate durante il periodo vegetativo, è rappresentata dalla defogliazione nella zona dei tralci uviferi. Benché suddetta pratica possa conseguire diversi obiettivi, normalmente viene impiegata dall'allegagione all'invaatura, su coperture di alta densità, per migliorare l'esposizione alla luce solare e la circolazione dell'aria intorno ai grappoli, con sostanziali benefici in termini di accumulo di sostanze polifenoliche e tolleranza al marciume (Palliotti et al., 2011).

Fino ad oggi però, una migliore composizione delle bacche non è risultata strettamente collegata alla defogliazione; anzi, sembra spesso essere una conseguenza del migliorato microclima dei grappoli. Difatti, una defogliazione eccessiva, con risultato un'eccessiva esposizione dei grappoli, ha portato ad un più basso colore dell'acino.

Uno studio recente (Tardaguila et al., 2012) ha scoperto che la defogliazione effettuata nella zona basale del tralcio durante la fase di stasi della crescita dell'acino, ha portato ad una significativa diminuzione della fotosintesi dell'intera vite, anche per unità di superficie fogliare, suggerendo così che la porzione basale della chioma contribuiva più di quella distale al bilancio del carbonio. Una possibile spiegazione di questa osservazione è che, sebbene situate in posizione basale, e quindi più vecchie, le foglie rimosse dalla defogliazione sono le più grandi e la loro dimensione può compensare i bassi valori di fotosintesi per unità di superficie. Inoltre, la rimozione di tutte le foglie dalla zona fruttifera, che in tal modo espone i grappoli alla diretta insolazione, in zone climatiche miti può portare a compromettere la composizione del frutto a causa delle eccessive temperature dell'acino; tali temperature possono intralciare la formazione del colore e causare una diminuzione nel-

la concentrazione di acido malico.

Gli effetti della defogliazione sulla produttività sono piuttosto variabili secondo i tempi e l'intensità. La fornitura di carboidrati durante l'antesi è un fattore di primaria importanza per l'allegagione e la defogliazione precoce (ad esempio effettuata entro 4 settimane dopo l'antesi) normalmente riduce il rendimento e la quantità totale di zucchero per pianta. Tuttavia, se la defogliazione viene effettuata più tardi e/o con bassa intensità, la produzione può non cambiare o può anche occasionalmente aumentare paragonata con viti non defogliate.

La variabilità delle conseguenze che la defogliazione ha sulla produttività, dipende probabilmente dagli effetti negativi sull'allegagione e sulla crescita dell'acino nell'anno corrente e dagli effetti positivi sull'induzione e differenziazione delle gemme per le colture dell'anno successivo attraverso un miglioramento del microclima (Fig. 48 e 49).

La relazione tra la disponibilità di elaborati e la produzione implica che la defogliazione effettuata durante l'antesi può ridurre la percentuale di allegagione, portando alla formazione di grappoli più spargoli. Questo approccio potrebbe essere davvero utile negli ambienti ad alta produttività caratterizzati da grappoli grandi ed eccessivamente compatti, che favoriscono il pericolo di infezione da marciume. In questo modo si potrebbero anche ridurre i costi di produzione, per esempio evitando di ricorrere al diradamento dei grappoli.

Mentre da una prima analisi si era dimostrato quanto dalla defogliazione precoce potesse prescindere il rendimento ottenendo una migliore composizione del mosto e riducendo la *Botrytis*, non erano stati considerati i cambiamenti fisiologici scaturiti da questa tecnica, né effettuate osservazioni a lungo termine.

Figura 48

Esempio di defogliazione della zona dei grappoli su Sangiovese. Da notare il perfetto equilibrio tra parte produttiva e vegetativa



Figura 49

Defogliazione precoce per limitare la percentuale di allegagione



Aspetti produttivi

In generale i migliori *terroir* per la produzione del Sangiovese sono spesso collocati dove alcuni fattori del suolo riducono la vigoria della vite e la dimensione della bacca, in modo che le uve maturino in modo uniforme e lentamente (Tab. 12).

Tabella 12
Esempi di risposte vitivinicole del Sangiovese ad alcune delle principali tipologie di suolo

Suolo	Risposta Vitivinicola
<p>Franco e ben Strutturato presenta durante tutto l'anno buoni livelli di aria e acqua disponibile per le radici, sia negli strati superficiali che in quelli profondi</p>	<p>Situazione non adatta a vitigni a scarso controllo genetico del fenotipo, quale il Sangiovese, in quanto fornisce ogni anno elevate produzioni con bassa gradazione zuccherina ed alta acidità, e vini poco strutturati, scarsamente idonei all'invecchiamento</p>
<p>Sabbioso a Macroporosità Dominante può indurre, a seconda delle condizioni climatiche dell'annata, eccessivi stress idrici che possono rallentare l'accumulo di zuccheri e polifenoli, mentre l'acido malico viene consumato molto velocemente</p>	<p>I vini che ne derivano sono spesso poco equilibrati e meno adatti ad essere invecchiati</p>
<p>Argilloso, ben Strutturato in Superficie ma non in Profondità l'apparato radicale si sviluppa solo in superficie esponendo le piante a possibili stress idrici estivi, con conseguente diminuzione dell'attività fotosintetica in seguito a chiusura più o meno prolungata degli stomi</p>	<p>Questa condizione di limitato stress idrico estivo corrisponde al modello fenologico che permette di ottenere il risultato enologico migliore. Tale modello si basa sul comportamento vegeto-produttivo del Sangiovese rivolto alla qualità del vino</p>

Questi fattori limitanti possono essere chimici (per esempio salinità, antagonismi ionici, alimentazione azotata contenuta), o più spesso fisici (ridotto approvvigionamento idrico durante certe fasi del ciclo vegetativo).

Costantini *et al.* (2009) hanno evidenziato una migliore performance del Sangiovese nel Chianti quando le viti erano coltivate su terreni fertili, ma moderatamente salini in profondità, grazie ad una limitata attività vegetativa delle viti.

Anche produzioni unitarie contenute contribuiscono al miglioramento della qualità dell'uva, tanto che oggi giorno i vigneti destinati a produrre vini Sangiovese di alta gamma vengono progettati con densità d'impianto medio alta (4 - 5.000 piante/ha) ed eventualmente negli ambienti più fertili i quantitativi di uva prodotta per cepo vengono ridotti con opportuni interventi di tecnica coltura, dall'impostazione della carica invernale di gemme ai vari interventi estivi che possono arrivare fino al diradamento dei grappoli in eccesso. In ogni caso, tanto più le caratteristiche ambientali di partenza sono idonee, tanto minori saranno successivamente gli interventi agronomici richiesti al viticoltore per ottenere produzioni di qualità.

In un recente studio, condotto in Provincia di Siena, la performance del Sangiovese in termini di valutazione sensoriale dei vini (Bucelli et al., 2010) è stata messa in relazione con il deficit idrico del suolo rilevato entro 75 cm di profondità. La correlazione tra le due variabili è risultata altamente significativa, confermando il ruolo determinante dell'approvvigionamento idrico sulla risposta enologica del Sangiovese. Lavori di dettaglio sul rapporto tra Sangiovese e terroir sono stati ampiamente condotti nei territori di Montepulciano e del Chianti (Tab. 13 e

14). In tutti i casi è emerso come situazioni di moderato stress estivo che inducono minore attività vegetativa corrispondono alla migliore qualità potenziale dell'uva alla vendemmia (Costantini et al, 1996, 2010; Storchi et al., 2005).

Tabella 13
Risposte vegeto-produttive del Sangiovese nei principali suoli di Montepulciano

Tipologia di Suolo	Risposta Viticola
Sabbie marine sottili, scarsamente strutturati e soggetti a erosione	Le viti spesso hanno prolungati stress idrici durante l'estate
Sabbie marine e colluviali, molto spesse, ben strutturate e fertili	Le viti mostrano vegetazione e resa elevate, da contenere con adeguate tecniche colturali
Argille marine, poco strutturate e drenate, leggermente saline a profondità poco profonda	Le viti possono mostrare elevati stress estivi
Argille calcaree fluviali	Limitato approfondimento radicale, da favorire con adeguate gestioni del suolo

Tabella 14
Risposte vegeto-produttive del Sangiovese nei suoli del Chianti

Tipologia	Caratteristiche del Suolo	Risposta Viticola
Terrazzi Fluvio-lacustri	Suoli franco-limosi, poveri di sostanza organica e azoto, nonché di biomassa microbica. Drenaggio moderato e ritenzione idrica bassa	Stress idrici per la vite moderati, dovuti anche al buon approfondimento radicale. I vini sono piuttosto stabili nelle diverse annate, pur non raggiungendo in generale punte di eccellenza
Argille Marnose (Alberese)	Suoli argilloso-scheletrici, calcarei, poveri di sostanza organica e biomassa microbica. Drenaggio e ritenzione idrica buona	Zuccheri, acidità, polifenoli ed antociani più alti della media. Vini con ottima struttura, colore, gradazione e caratteristiche degustative. Possono soffrire più di altri suoli le annate fresche e piovose

Tipologia	Caratteristiche del Suolo	Risposta Viticola
Arenarie (Sabbie da Macigno)	Suoli sabbioso-scheletrici, molto poveri di sostanza organica, azoto e biomas- sa microbica. Drenaggio buono	Rischio di stress idrici per le pi- ante, zuccheri medio-bassi, bassa acidità, polifenoli ed antociani inferiori alla media. Alla degustazi- one sembrano vini pronti già dal primo anno, con buona intensità aromatica
Arenarie (Sabbie da Depositi Marini)	Biomassa e respirazione microbica tra le più alte. Drenaggio e ritenzione idrica buoni	Le viti hanno stress idrici sempre limitati. Nelle condizioni di elevata fertilità dei suoli presentano pro- duzione abbondante e maturazione tardiva. I vini presentano spesso note vegetali accentuate

Conclusioni

Le esperienze realizzate in vari ambienti dimostrano l'importanza delle caratteristiche fisico-idrologiche del suolo nel determinare il risultato quantitativo e qualitativo della vite. Suolo e bilancio idrico nel corso dell'anno diventano allora elementi caratterizzanti e discriminanti tra le aree viticole (Priori et al, 2019; Costantini e Storchi, 2019).

Anche se non sempre risulta di facile soluzione scompare la variabile risposta qualitativa del vigneto nella quota dovuta al suolo rispetto a quanto invece indotto dagli altri fattori dell'ambiente, alcune ricerche sono riuscite a far emergere l'evidente influenza dello stato fisico del terreno, su alcuni aspetti qualitativi e produttivi legati alla fisiologia riproduttiva, di accrescimento e di maturazione delle uve. Tra i fattori di maggiore rilievo appaiono importanti le azioni correlative e di antagonismo tra gli organi aerei (foglie, grappoli, branche) e l'apparato radicale, con un coinvolgimento di tutti gli aspetti della qualità dell'uva, dalla macrostruttura fino alle sostanze coloranti ed aromatiche presenti negli acini.

Da un lato vi è quindi il suolo, le cui proprietà fisiche (tessitura e struttura, entrambe viste soprattutto in relazione alle costanti idrologiche) sembrano preminenti rispetto a quelle chimiche e dall'altro vi è la conseguenza di una diversa potenzialità nell'evolversi dello sviluppo vegetativo e della maturazione.

La natura del suolo e la conseguente quantità e tempistica nel rifornimento in acqua cui la pianta è sottoposta, induce una diversa ripartizione degli elaborati fotosintetici: più il terreno è sciolto e per alcuni periodi carente in acqua, più la pianta investe energia nello sviluppo dell'ap-

parato radicale a scapito di quello aereo. Ne consegue che anche il grappolo viene investito da questi meccanismi e nelle situazioni in cui il suolo può essere per alcuni versi un fattore limitante, deve intervenire la tecnica colturale guidando la ripartizione degli elaborati verso una domanda complessiva inferiore: si dovrà così agire sull'infittimento dei sestri e su un carico produttivo per ceppo molto basso e compatibile con la capacità di sintesi e di accumulo della parete elaborante.

In linea generale e per grandi schemi si può affermare che i terreni pesanti con alto contenuto in argilla, quando ben drenati ed areati, permettono di ottenere grandi vini rossi di struttura, di corpo e con attitudine all'invecchiamento. Su suoli sciolti si hanno invece prodotti fini, delicati, dalla notevole complessità aromatica, con particolare espressione qualitativa per i vitigni bianchi.

I vini: interpretazione del terroir di sei aziende toscane





Marchigiana



La zona è caratterizzata da versanti a debole pendenza, i suoli si sviluppano prevalentemente su argille e argille sabbiose grigio azzurre, suoli su sedimenti del Pliocene marino argilloso, suoli da moderatamente a poco profondi, calcarei, minerali, talvolta salini, drenaggio interno non perfetto, non hanno scheletro. Vicino a Podernuovo i suoli divengono più sabbiosi argillosi con ciottoli arrotondati, suoli più profondi, calcarei, ben strutturati e ben drenati.





Annata	Tipo di Raccolta	Epoca di Raccolta	Alcool	Glucosio + Fruttosio	pH	Acidità Totale
2019	Manuale in Bins	24-set	14,94	0,26	3,67	5,52

Acidità Volatile	Acido Malico	Acido Lattico	Estratto Netto	Folin	Intensità Colorante	Tonalità Ottica	% Acilati
0,19	0,00	0,57	34,2	64,7	0,975	0,618	1,0



Analisi sensoriale

Olfatto: molto ampio, note di frutta rossa intense affiancate a note ematiche.

Gusto: sapido e avvolgente, tannini eleganti, molto presenti, ma non esagerati, buon bilanciamento dell'acidità e bella persistenza finale.

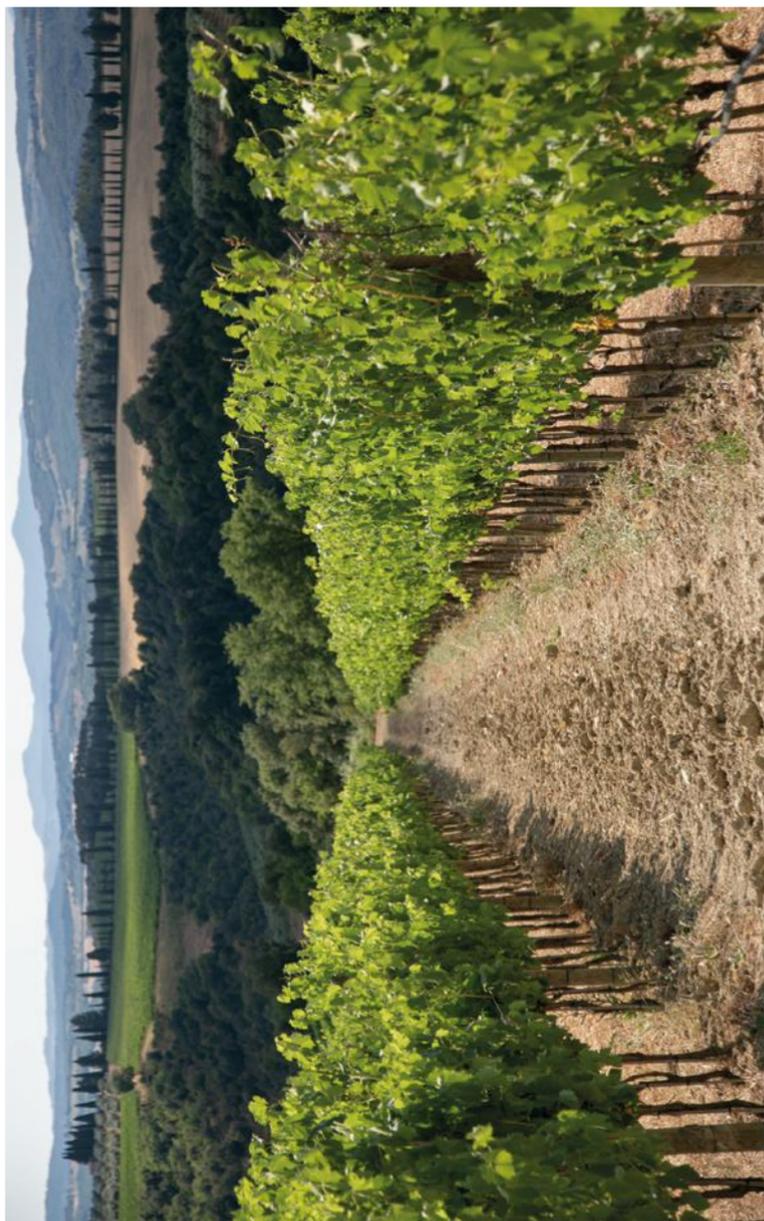
Marrucheto



La zona è caratterizzata da versanti a pendenza moderata/alta, i suoli si sviluppano su sabbie argillose con ciottoli arrotondati, moderatamente profondi, con ciottoli anche abbondanti, calcarei, ben strutturati e ben drenati.

Buono il drenaggio interno, buona circolazione di ossigeno.





I Terroir del Sangiovese in Toscana

Annata	Tipo di Raccolta	Epoca di Raccolta	Alcool	Glucosio + Fruttosio	pH	Acidità Totale
2019	Manuale in Bins	02-ott	15,56	0,88	3,60	6,61

Acidità Volatile	Acido Malico	Acido Lattico	Estratto Netto	Folin	Intensità Colorante	Tonalità Ottica	% Acilati
0,45	1,31	0,00	39,6	84,4	1,450	0,594	1,2



Analisi sensoriale

Olfatto: complesso, quello che emerge è la frutta matura, la marasca candita e note speziate sul finale.

Gusto: di grande impatto, concentrato, ma dotato di buona freschezza, molto persistente e dotato di tannini angolari, ma che si integrano bene. Adatto ad un lunghissimo affinamento.



TRE ROSE
MONTEPULCIANO







Antica paleosuperficie, formatasi nel Pleistocene dalla deposizione di sedimenti lacustri di varia granulometria, in seguito modellata dai processi di erosione fluviale e di versante conseguenti il generale sollevamento dell'area bacino lacustre relativamente poco profondo.

Si riscontrano sedimenti di granulometria variabile da sabbiosa a limosa e argillosa, che rispondono ai processi geomorfologici di erosione in modo diverso, dando origine ad un paesaggio a morfologia ondulata.

Il profilo di suolo si presenta originato da alternanze di sedimenti sabbiosi e lenti limose.

Queste discontinuità litologiche, con le conseguenti diverse porosità, favoriscono i rallentamenti dei movimenti dell'acqua nel suolo e la deposizione dei carbonati disciolti, come evidenziato dal livello leggermente indurito e ricco di concrezioni carbonatiche posto a circa 125 cm.

Il suolo è poco strutturato, quasi sciolto e ben penetrabile dalle radici, fino all'orizzonte limitante posto a 120 cm. Le radici delle viti mostrano un andamento sia orizzontale che verticale e sono più abbondanti in corrispondenza dei livelli relativamente più fini, con maggiore ritenzione idrica. Parte dei terreni sono dominati dalle sabbie e quindi con scarsa ritenuta idrica, poco colonizzati dalle radici poiché privi di umidità.

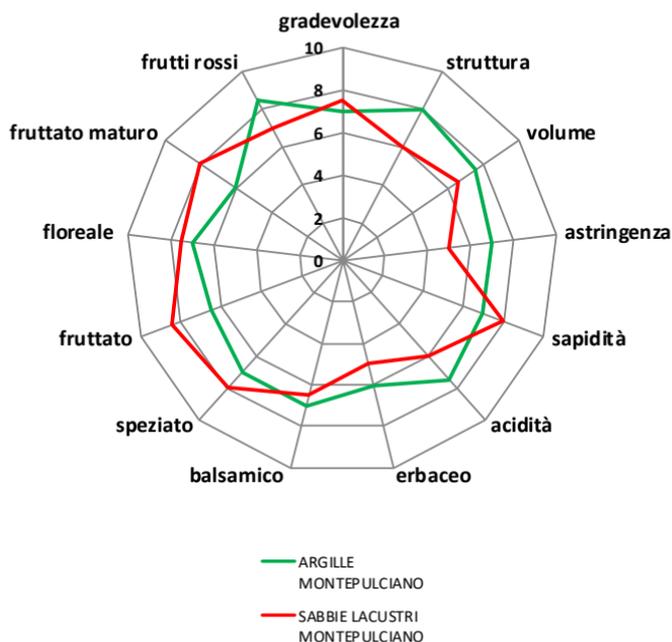
La radicabilità potenziale è elevata, circa 1200 mm, ma la capacità di acqua disponibile è piuttosto bassa, stimabile intorno ai 80 mm, proprio per la tessitura sabbiosa di buona parte del suolo.

Santa Caterina



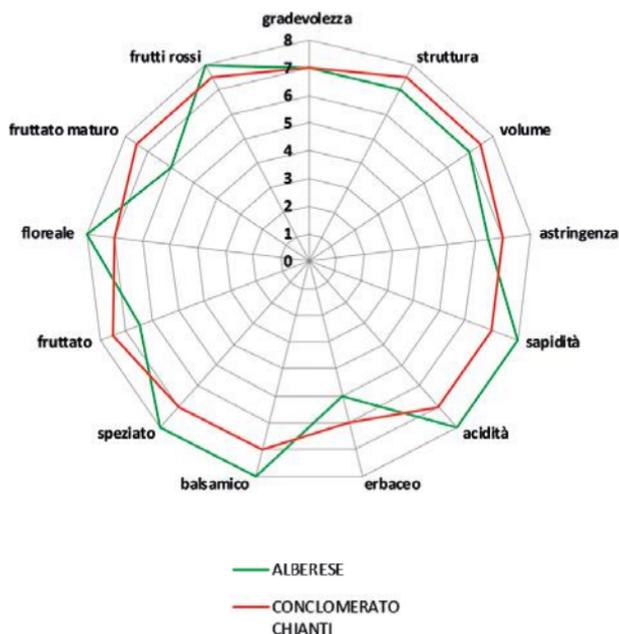
Trerose Montepulciano

Tenuta	Annata 2018	Alcool (% vol)	pH	Acidità Totale (g/l)	Estratto Secco	Polifenoli Totali	Antociani	
Val di Suga Montalcino	Arenaria Pietra Forte	14,4	3,6	5,5	30	2600	400	Naso: ampio, spiccano sentori agrumati, frutta candita, timo, lavanda - Bocca: sapida, avvolgente, buona struttura - tannino morbido, dolce
	Galestro di Flysch	14,2	3,48	6,5	31,5	2900	560	Naso: molto verticale, balsamico con note ematiche - Bocca: grande concentrazione, acidità sostenuta ma bilanciata, molto profondo - tannini angolari da lungo affinamento

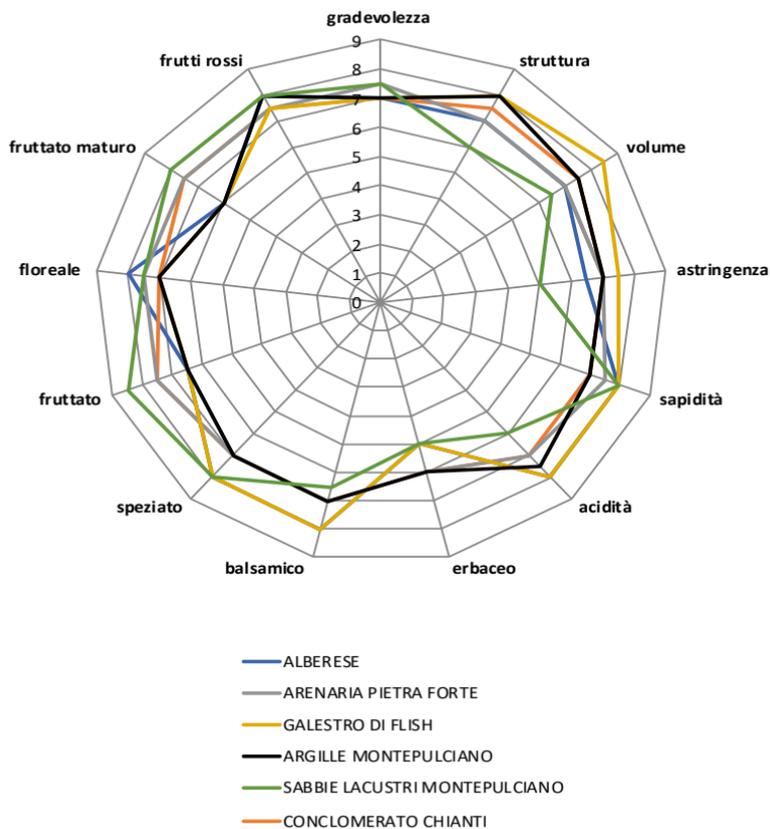


San Leonino Castellina in C.

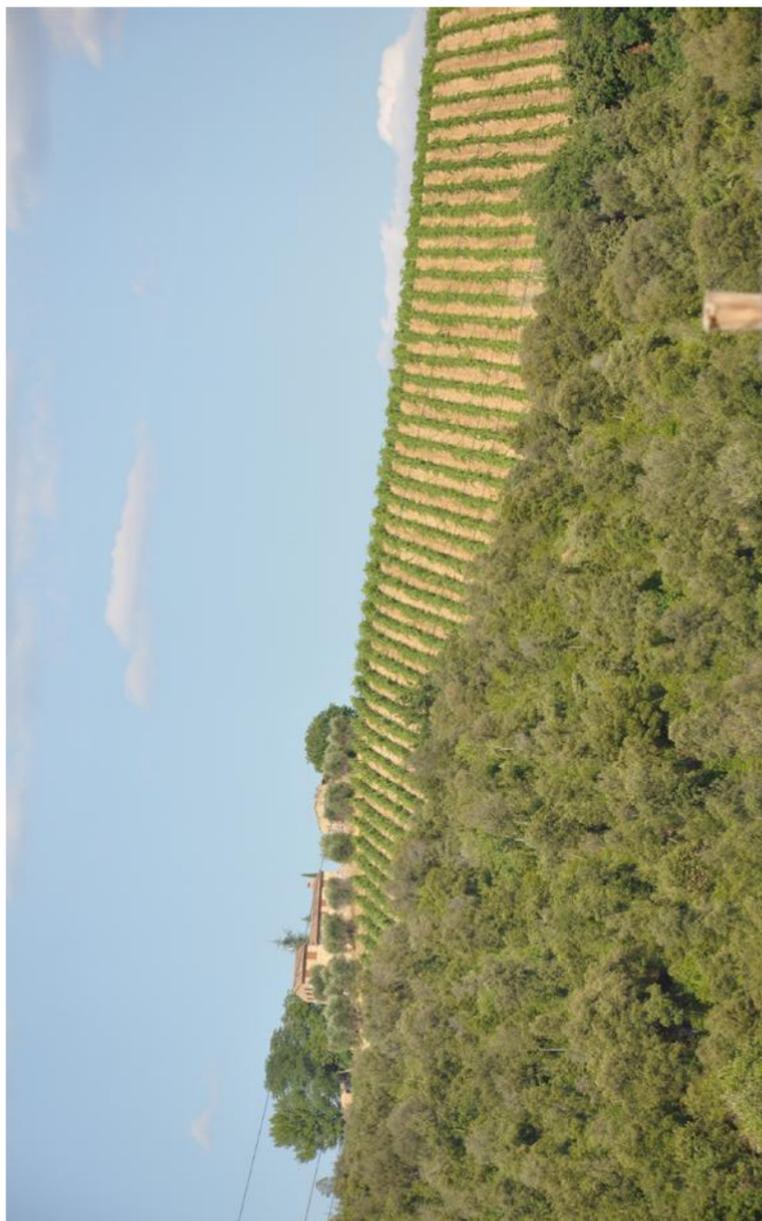
Tenuta	Annata 2018	Alcool (% vol)	pH	Acidità Totale (g/l)	Estratto Secco	Polifenoli Totali	Antociani	
San Leonino Castellina in C.	Conglomerato	13,62	3,37	5,9	30,7	2161	350	Naso: buona complessità, mora, lampone, cioccolato - Bocca: piena, succosa, profonda, buona freschezza - tannino presente, bilanciato da affinamento medio lungo
	Alberese	13,93	3,41	6	31	2225	380	Naso: grande verticalità, profondo, sentori di macchia mediterranea, molto speziato - Bocca: ricca, grande freschezza, lungo molto persistente - tannino elegante da lungo affinamento



I Terroir del Sangiovese in Toscana







Origine dei suoli

Castellina in Chianti	Villa Rosa	Argille lignitifere (ACN)	Cenozoico	Neogene	Miocene	M. anni 6-8	Argille lacustri e lagunari e conglomerati poligenici, coperture colluviali con calcare mamoso (Alberese)
Tre Rose Montepulciano	Santa Caterina	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (VILh)	Cenozoico	Quaternario	Pleistocene	3,6-1,8	Limi e sabbie lacustri
	Colle '99						Argille lacustri

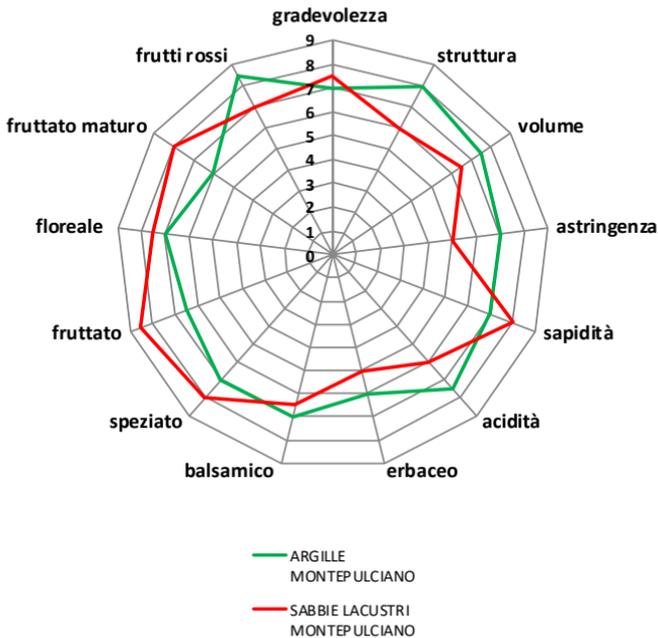


Vigneti di Villa Cerna



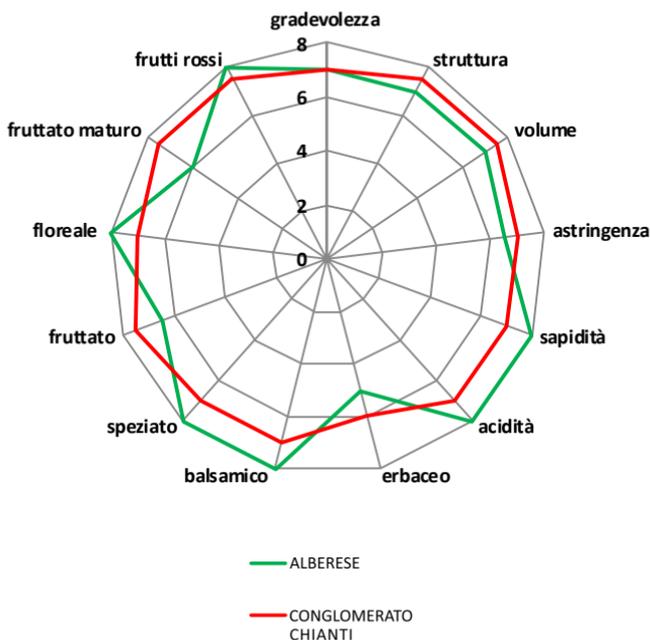
Tenuta Val di Suga Montalcino

Tenuta	Annata 2018	Alcool (% vol)	pH	Acidità Totale (g/l)	Estratto Secco	Polifenoli Totali	Antociani	
Val di Suga Montalcino	Arenaria Pietraforte	14,4	3,6	5,5	30	2600	440	Naso: ampio, spiccano sentori agrumati, frutta candita, timo, lavanda Bocca: sapida, avvolgente, buona struttura - tannino morbido, dolce
	Galestro di Flysch	14,2	3,48	6,5	31,5	2900	560	Naso: molto verticale, balsamico con note ematiche - Bocca: grande concentrazione, acidità sostenuta ma bilanciata, molto profondo - tannini angolari da lungo affinamento



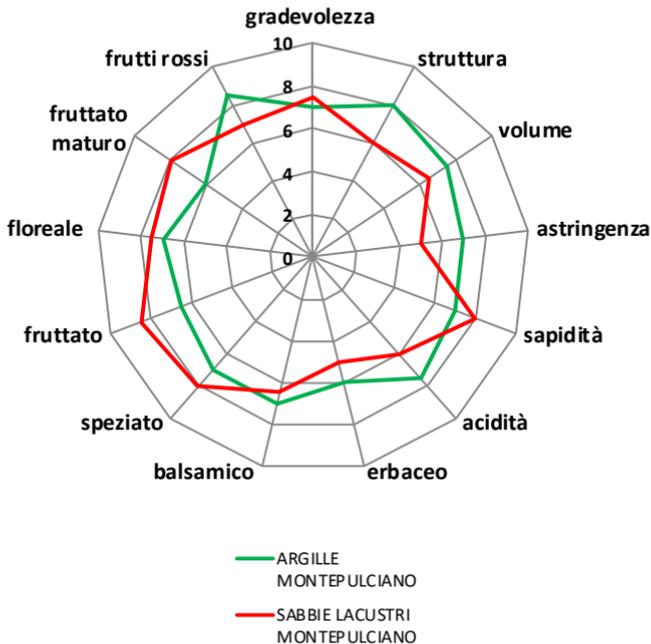
Tenuta Sal Leonino Castellina in Chianti

Annata 2018	Alcool (% vol)	pH	Acidità Totale (g/l)	Estratto Secco	Polifenoli Totali	Antociani	
Conglomerato	13,62	3,37	5,9	30,7	2161	350	Olfatto: buona complessità, mora, lampone, cioccolato - Gusto: pieno, succosa, profonda, buona freschezza - tannino presente, bilanciato da affinamento medio lungo
Alberese	13,93	3,41	6	31	2225	380	Olfatto: grande verticalità, profondo, sentori di macchia mediterranea, molto speziato - Gusto: ricco, grande freschezza, lungo molto persistente - tannino elegante da lungo affinamento



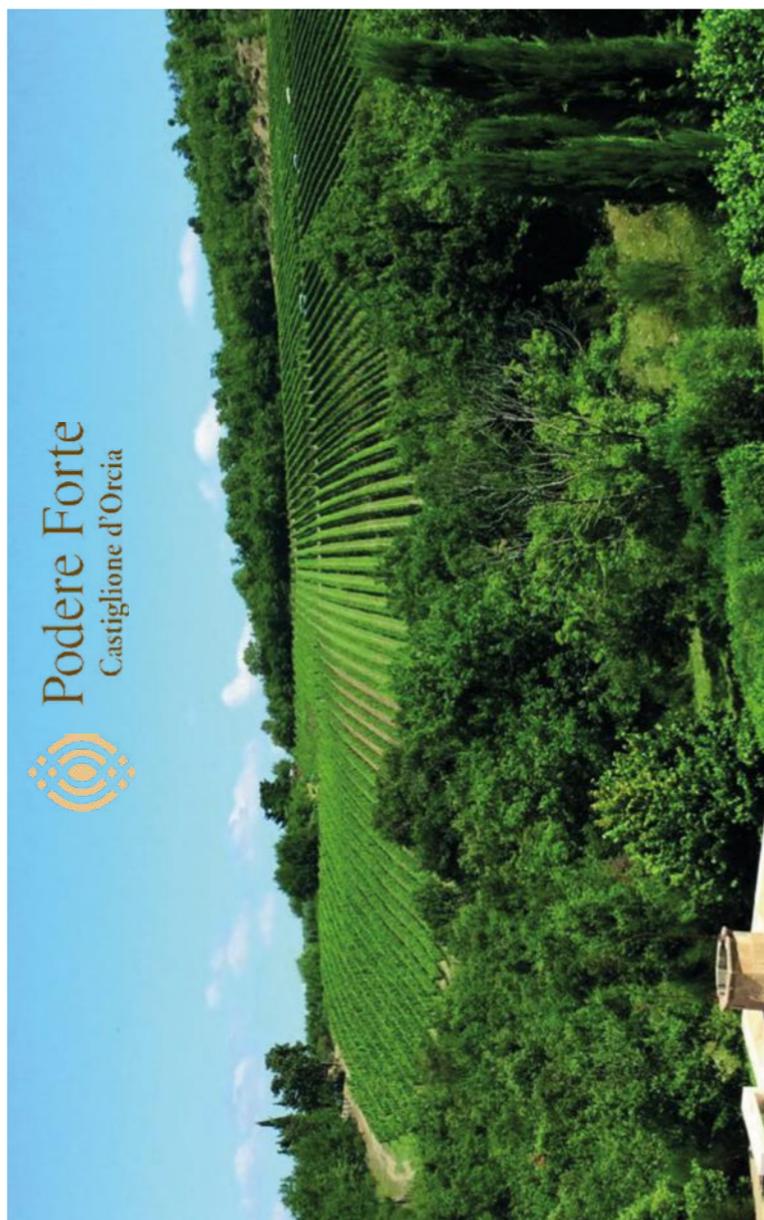
Tenuta Tre Rose Montepulciano

Annata 2018	Alcool (% vol)	pH	Acidità Totale (g/l)	Estratto Secco	Polifenoli Totali	Antociani	
Argille	14,8	3,45	5,6	28,5	2300	270	Olfatto: grande complessità, frutti rossi, marasca, pepe bianco - Gusto: bel volume, sapido - tannino rotondo e piccante chiusura leggermente astringente
Sabbie Lacustri	14,3	3,56	5,15	25	1857	230	Olfatto: molto agrumato, bergamotto, frutta candita, fiori bianchi - Gusto: agile al palato, salato, profondo - tannino piacevole non da lungo affinamento



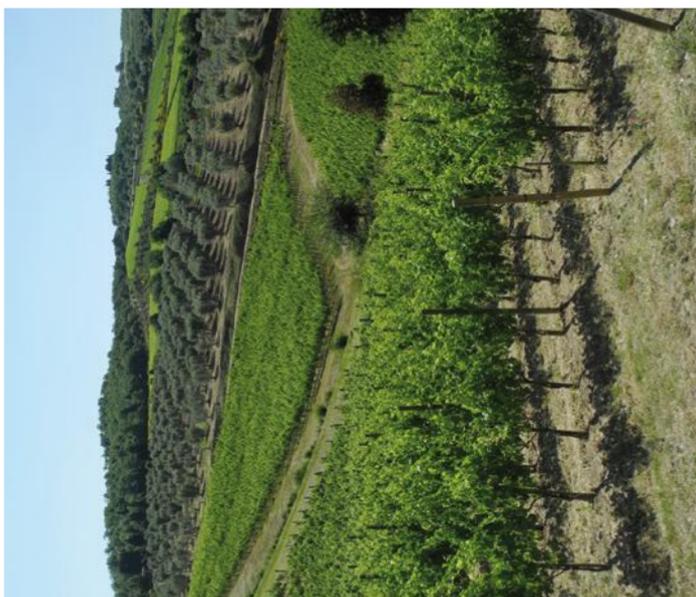
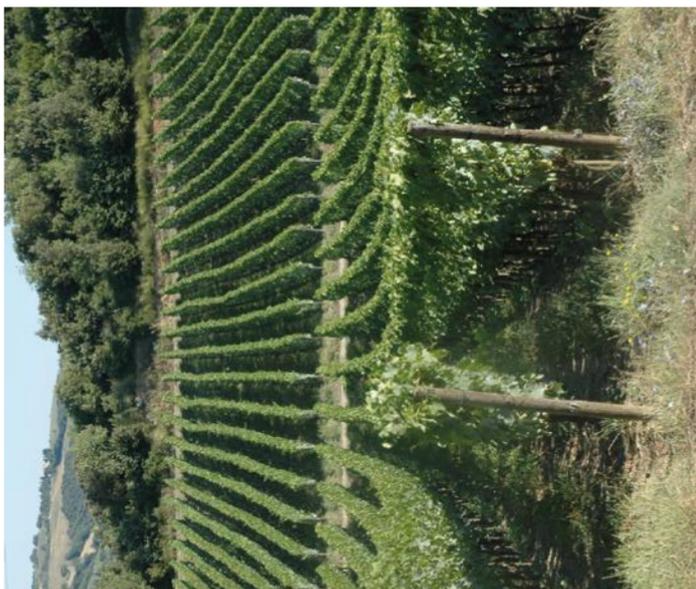
I Terroir del Sangiovese in Toscana

Tenuta	Alcool (% vol)	pH	Acidità Totale (g/l)	Estratto Secco	Polifenoli Totali	Antociani	Note Organolettiche	Terreno
Villa Cerna Chianti Classico Primocolle 2016	13,62	3,56	5,12	29,6	2763	653	Di colore rosso intenso, si presenta limpido e vivace. Il suo profumo è intenso, i fiori, come la viola mammola, l'iris sono le note più evidenti. I tannini ben integrati alla freschezza	Terreno ben equilibrato nella sua composizione tra argilla e sabbia. Esposizione ad Est, situato a 250 m, slm. Medio Impasto, alcalino
Villa Cerna Chianti Classico Riserva 2015	14,06	3,63	5,33	31	3192	735	Il naso è contraddistinto da note floreali e da ricordi fruttati di prugna, marasca e ciliegia, completati da sentori terziari e speziati. Al sorso si viene a creare un bell'equilibrio tra corpo, freschezza, alcolicità e trama tannica. Ottima la lunghezza	Terreno esposto a Nord, situato alla sommità della collina a circa 280 m, slm. Beneficia di una freschezza naturale che nasce dagli strati profondi, al confine tra sabbie ed argille
Villa Rosa Chianti Classico Ribaldoni 2016	14,4	3,61	5,52	29,5	3035	646	All'olfatto sono evidenti le note fruttate di prugna, d'amarena e di ciliegia scura, poi completate da note speziate e da sfumature di boisé. Il sorso è avvolgente e ben lavorato nella trama tannica, fresco e leggermente sapido, di lunga persistenza	Terreno di medio impasto, calcareo a matrice argillosa, posizionato a 255m, slm, esposto a nord-ovest
Villa Rosa Gran Selezione Chianti Classico 2015	13,1	3,48	5,76	26,8	2471	315	Elegante l'olfatto, contraddistinto da iniziali note floreali di violetta, poi seguite dai frutti rossi di prugna e marasca, da ultimo completati da sfumature speziate e terziarie. L'assaggio è vibrante nella trama tannica, gradevolmente sapido e di lunga persistenza	Terreno calcareo a matrice argillosa caratterizzato da profili eterogenei che uniscono la roccia di Alberese ai Galestri Scistos. Altitudine 425m, slm, esposizione Est





I vigneti



Vigneto 1

Suoli: Formazione di Sillano (SIL) ma formatisi su materiali in parte diversi (Cretaceo sup.)

È posto a circa 400 m di quota, sono presenti sedimenti colluviali recenti¹, prodotti dall'accumulo di suolo eroso proveniente dai versanti posti a quote superiori.

Il suolo si presenta profondo, abbastanza ben strutturato, con una pietrosità scarsa e una radicazione profonda e ben distribuita fino a circa 120 cm, con bassa macroporosità negli orizzonti profondi (radicabilità stimata 672 mm).

È calcareo e abbastanza povero in sostanza organica. La permeabilità e disponibilità di ossigeno per le radici è buona in tutta la profondità radicabile, bassa negli orizzonti sottostanti.

Vigneto 2

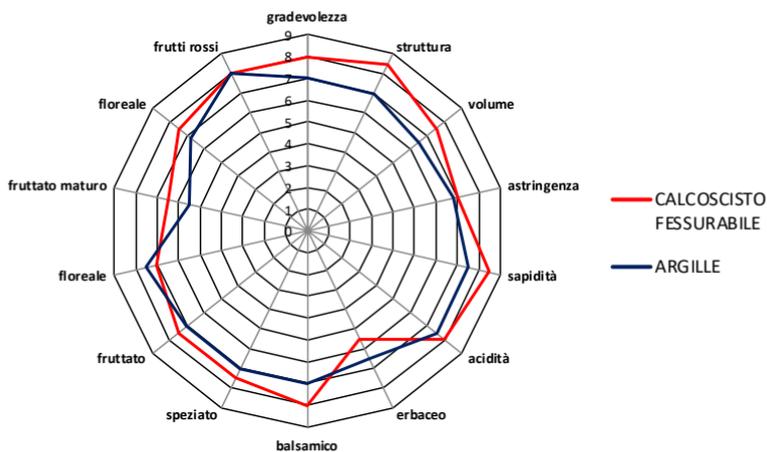
Suolo molto più sottile del precedente, con presenza al suo interno delle rocce della Formazione di Sillano.

Posto a quota più alta del precedente (circa 450 m s.l.m.) si presenta profondo ma con elevata pietrosità, poco strutturato, calcareo e molto povero in sostanza organica.

La radicabilità stimata è senz'altro inferiore al suolo precedente, soprattutto sotto alla profondità di scasso (circa 70 cm), ma la natura scistosa della roccia consente un buon approfondimento radicale (radicabilità potenziale stimata circa 420 mm).

La permeabilità è elevata, così come la disponibilità in ossigeno, che consente un approfondimento radicale oltre i 150 cm.

Tenuta Poedere Forte Orcia D.O.C.



Annata 2016	Alcool (% vol)	pH	Acidità Totale (g/l)	Estratto Secco	Polifenoli Totali	Antociani	
Calco-scisto Fessura-bile	14,7	3,48	5,58	30,5	1333	198	Naso: ampio, ciliegia scura, prugna, pepe nero, tabacco e liquirizia, balsamico di eucalipto - Bocca: i tannini sono setosi in equilibrio con l'acidità e finale salato
Argille	14,5	3,35	6,37	29,37	1400	292	Naso: frutti rossi e note floreali - Bocca: dotato di bell'acidità con beva fresca e piacevole, tannini rotondo, non da lungo affinamento

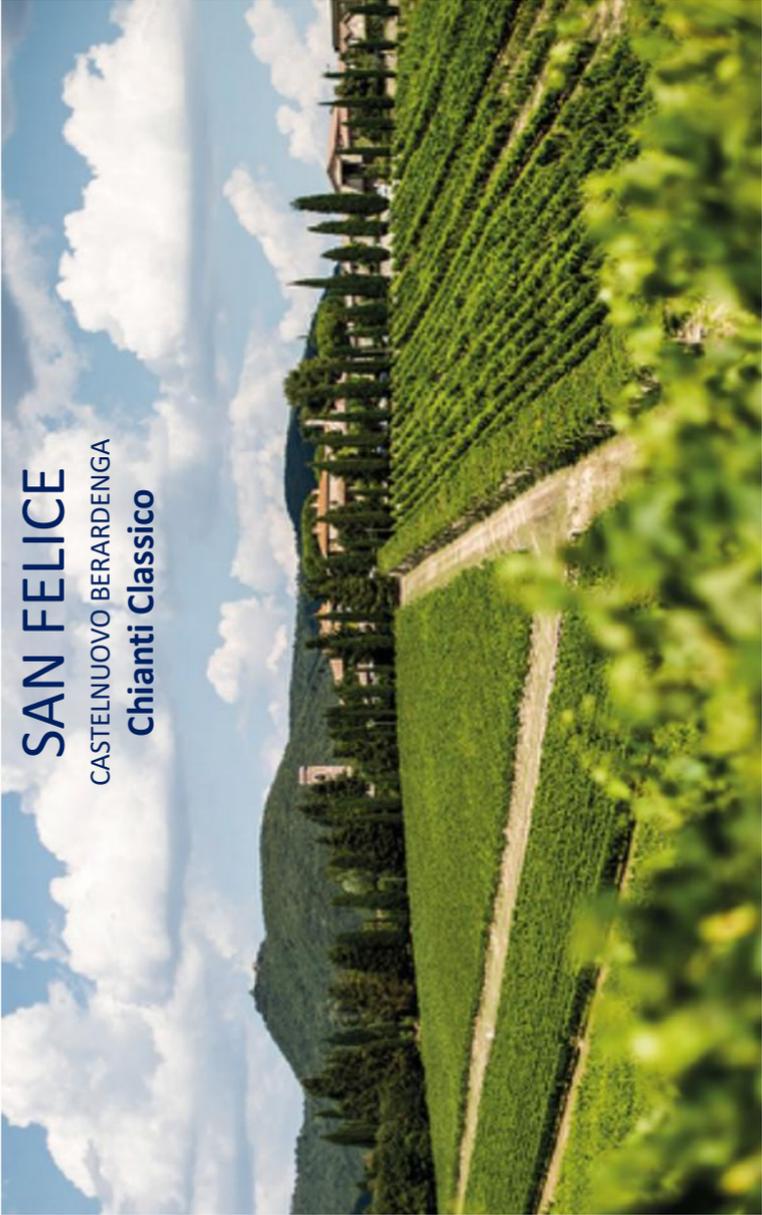
I Terroir del Sangiovese in Toscana

Vino	Perillà	Petrucci
Vigneto	Vigna Ciliegio	Vigna Melo
Anno	2016	2011
Alcol (%vol)	14,5	14,7
Acidità Totale (g/l)	6,37	5,58
Acidità Volatile (g/l)	0,62	0,68
pH	3,35	3,48
Zuccheri Riduttori (g/l)	< 0,1	< 0,5
Solforosa Libera (mg/l)	17	15
Solforosa Totale (mg/l)	67	52
Estratto Secco	29,37	30,5
Glicerolo	8,94	9,6
Antociani Totali (mg/l)	292	198
Flavonoidi Totali (mg/l)	1400	1333
Ac. Tartarico	3,23	3,5
Malico	0,56	0,25
Lattico	0,63	0,81
Note Sensoriali	<p>Colore rosso rubino, presenta aromi di frutti rossi e floreali. Speziato con finale fresco. Palato piacevole dove l'acidità caratterizza la bevibilità del prodotto e ne rispecchia il suolo profondo e fresco rispetto al suolo di Petrucci</p>	<p>Colore rosso rubino con riflessi granati, ha naso complesso di ciliegia scura, note di prugna, speziatura di pepe nero, tabacco e liquirizia con finale di eucalipto. Il palato presenta tannini setosi in equilibrio con l'acidità e piacevole salinità. Un assaggio preciso e verticale in cui si riconosce il suolo drenante e ricco di calcoscisto fessurabile di vigneto Melo</p>

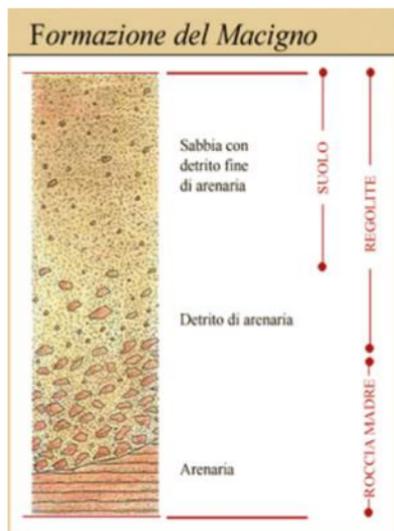
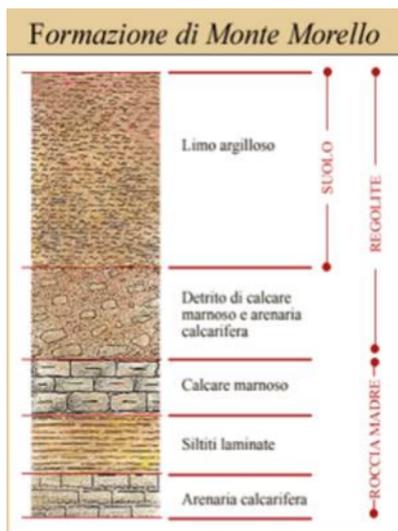
SAN FELICE

CASTELNUOVO BERARDENGA

Chianti Classico



Tipologie di terreno a San Felice





I vigneti



Cucule 2018

	U.M.	Arenaria	
		Vendemmia 27/09/2018	Affinamento 27/01/2020
Acidità Totale	g/l	6,8	5,64
Acido Malico	g/l	0,93	< 0,1
pH		3,37	3,45
Zuccheri	g/l	220	< 1
Alcool	%vol	-	13,46
Polifenoli Totali	mg/l	-	2207
Acidità Volatile	g/l	-	0,64
Anidride Solforosa Libera	mg/l	-	15
Anidride Solforosa Totale	mg/l	-	48



Sentori di vegetale secco, frutta e note balsamiche in evidenza.



San Carlo 2018

	U.M.	Arenaria	
		Vendemmia 27/09/2018	Affinamento 27/01/2020
Acidità Totale	g/l	6,9	5,52
Acido Malico	g/l	1,02	< 0,1
pH		3,4	3,49
Zuccheri	g/l	218	< 1
Alcool	%vol	-	13,28
Polifenoli Totali	mg/l	-	2240
Acidità Volatile	g/l	-	0,61
Anidride Solforosa Libera	mg/l	-	18
Anidride Solforosa Totale	mg/l	-	52



Sentori floreali,
frutta cotta e
note speziate in
evidenza.



Fineschi 2018

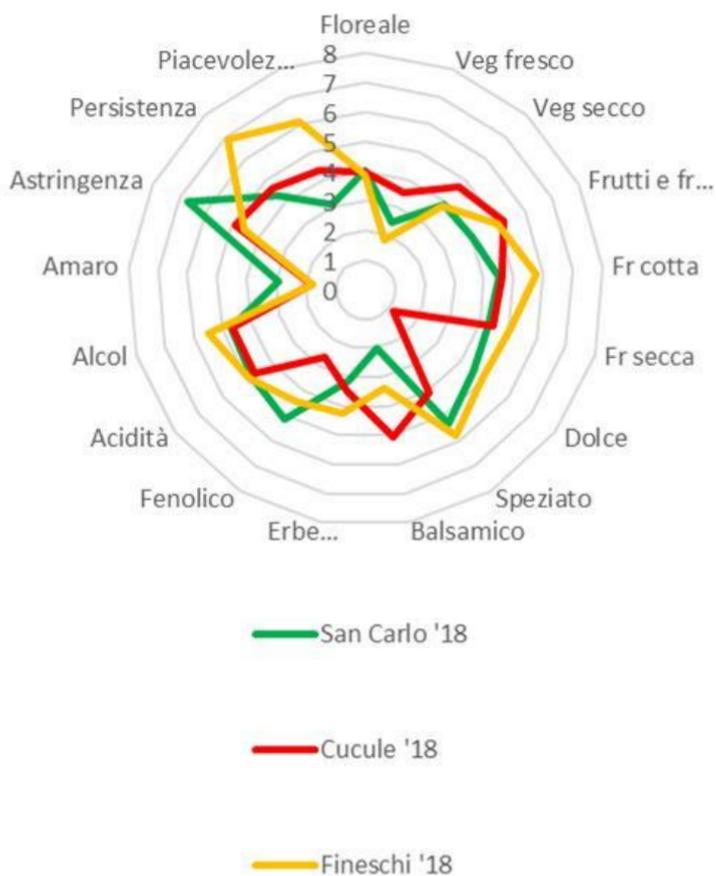
	U.M.	Arenaria	
		Vendemmia 27/09/2018	Affinamento 27/01/2020
Acidità Totale	g/l	7,05	5,66
Acido Malico	g/l	1,15	< 0,1
pH		3,36	3,42
Zuccheri	g/l	235	< 1
Alcool	%vol	-	13,97
Polifenoli Totali	mg/l	-	2297
Acidità Volatile	g/l	-	0,66
Anidride Solforosa Libera	mg/l	-	16
Anidride Solforosa Totale	mg/l	-	42

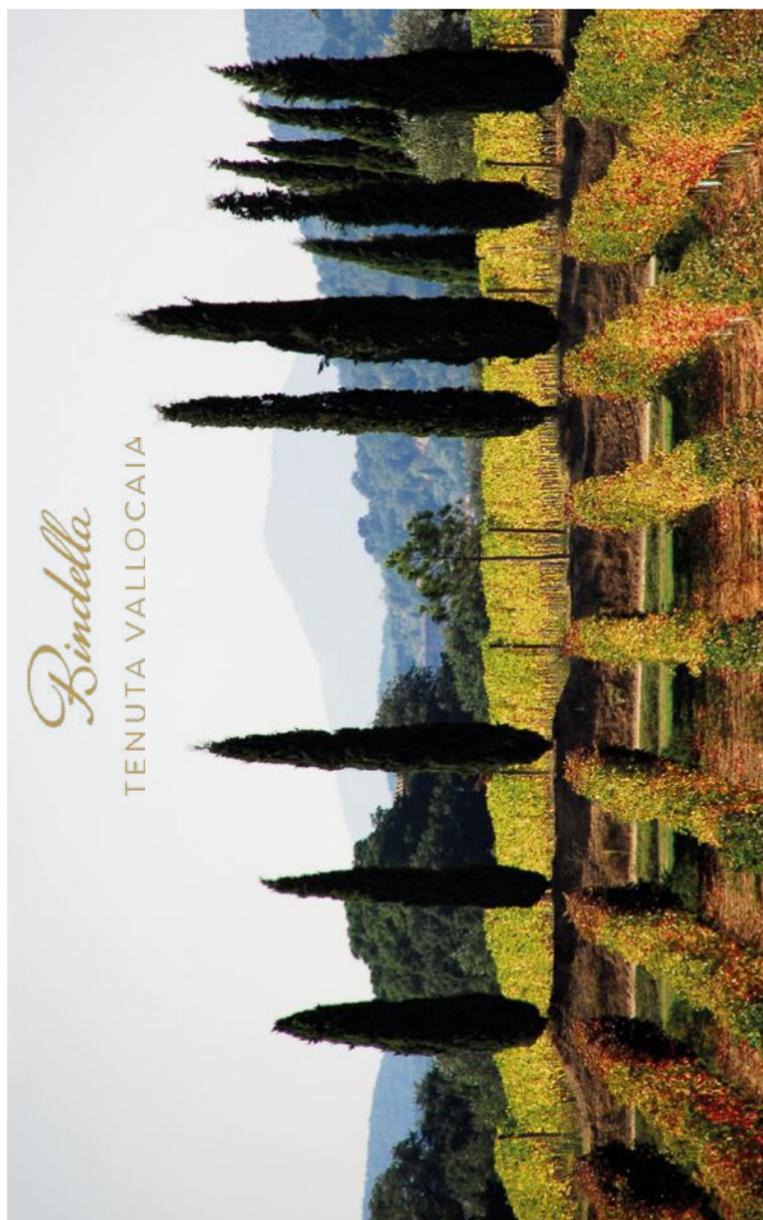


Sentori di frutta cotta, note speziate e notevole persistenza.



Confronto medie annata 2018

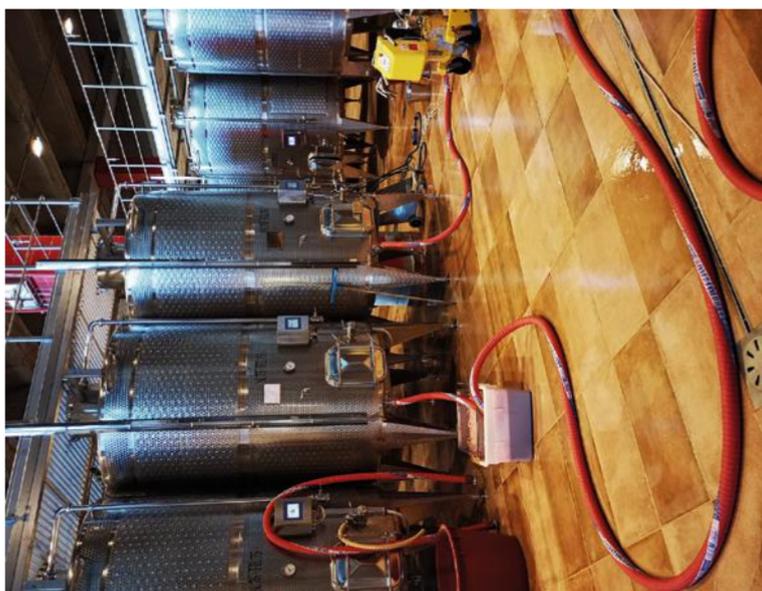


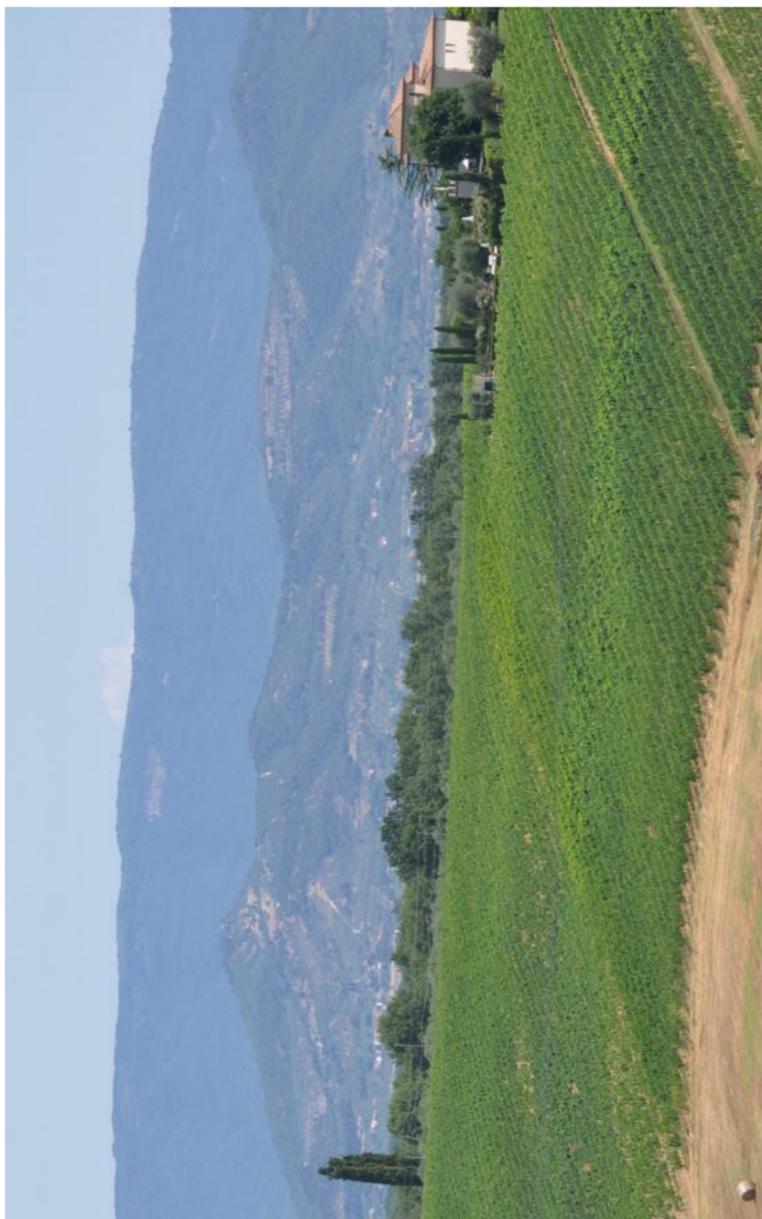


Bindella

TENUTA VALLOCAIA







Montepulciano zona Sanguinetto

(Vigneto Santa Maria; 350 m.s.l.m.)

Alcool (% vol)	pH	Acidità Totale (g/l)	Estratto Secco (g/l)	Polifenoli Totali (mg/l)	Intensità di Colore (Assorbanza 420 + 520 + 620 nm)
14,92	3,53	5,65	31,6	3129	9,88

Sangiovese 2018*Aspetti sensoriali***Vista:** colore rosso rubino intenso.**Olfatto:** dominano note di piccoli frutti rossi e neri, in particolare di amarena e prugna, accompagnate da sentori speziati di caffè torrefatto e tabacco.**Gusto:** verticale, pieno, molto strutturato e caratterizzato da una fitta e densa trama tannica.**Vino da lungo affinamento.**

Sangiovese destinato a Vino Nobile di Montepulciano DOCG “I Quadri” 2018.

**Pliocene**

Argille limose

Tessitura: argilloso - limosa

Calcare totale: 21%

pH: 8,3

Montepulciano zona Argiano

(Vigneti Vallocaia; 300 m.s.l.m.)

Alcool (% vol)	pH	Acidità Totale (g/l)	Estratto Secco (g/l)	Polifenoli Totali (mg/l)	Intensità di Colore (Assorbanza 420 + 520 + 620 nm)
14,68	3,59	5,49	30,8	3098	9,10

Sangiovese 2018

Aspetti sensoriali

Vista: colore rosso rubino.

Olfatto: ampio e complesso con sentori di agrumi e piccoli frutti rossi e neri (arancia, more e sambuco) che si integrano con note floreali (rosa e giaggiolo) e balsamiche.

Gusto: ben strutturato, progressivo, lungo, con tannicità fine e abbondante.

Vino da lungo affinamento.

Sangiovese destinato a Vino Nobile di Montepulciano DOCG Riserva “Vallocaia”.



Pleistocene

Argille sabbiose

Tessitura: franco - franco/
argillosa

Calcare totale: tracce

pH: 8,0-8,2

Montepulciano zona Argiano

(Vigneti Vallocaia; 300 m.s.l.m.)

Alcool (% vol)	pH	Acidità Totale (g/l)	Estratto Secco (g/l)	Polifenoli Totali (mg/l)	Intensità di Colore (Assorbanza 420 + 520 + 620 nm)
14,67	3,62	5,41	30,8	2737	7,47

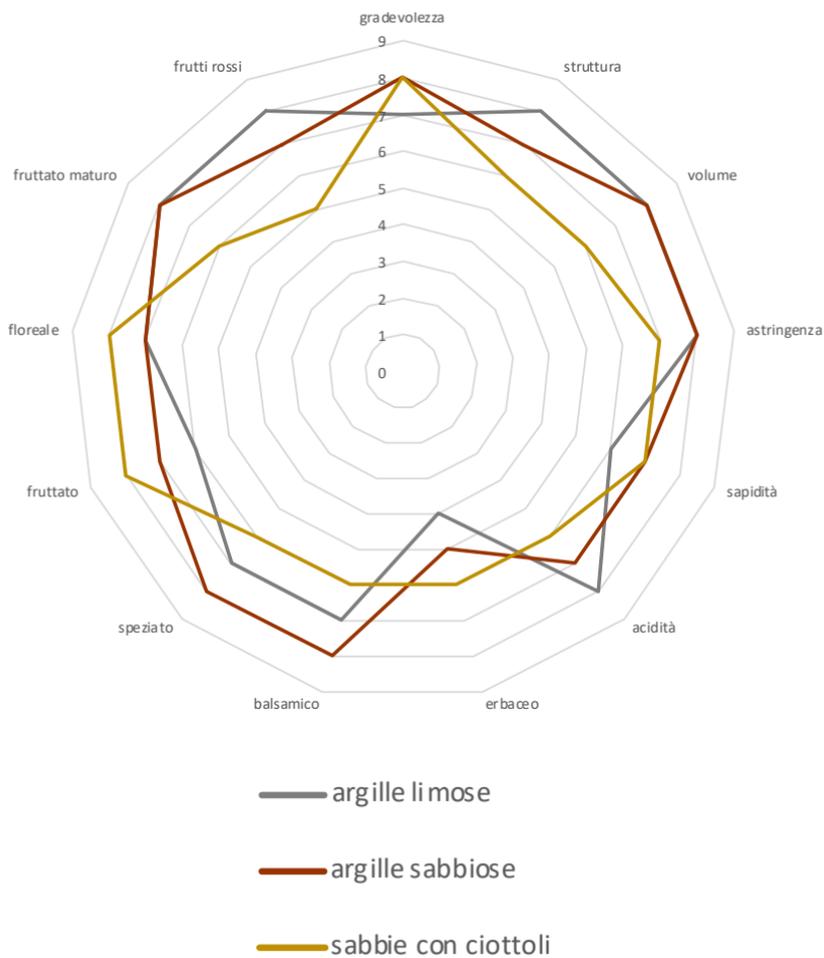
Sangiovese 2018*Aspetti sensoriali***Vista:** colore rosso rubino scarico.**Olfatto:** prevalgono sentori floreali (giaggiolo), di frutta gialla (pesca) e di agrumi (arancia) che sottendono lievi note balsamiche e di fiori secchi.**Gusto:** equilibrato, mediamente strutturato, con trama tannica sottile e granulosa.**Vino da lungo affinamento.**

Sangiovese destinato a Vino Nobile di Montepulciano DOCG “Bindella”.

**Pleistocene**

Sabbie con ciottoli silicei
 Tessitura: franco - franco/
 sabbiosa
 Calcare totale: < 4%
 pH: 8,0-8,3

Tenuta Vallocaia: profili sensoriali del Sangiovese



Il premio Rudy Buratti



Rudy Buratti, Direttore Enologo di Castello Banfi, si è diplomato presso la Scuola Enologica di San Michele all'Adige nel 1981.

Protagonista della straordinaria storia imprenditoriale di Banfi, è prematuramente scomparso nel gennaio 2018.

La Fondazione Banfi e il Centro Agricoltura Alimenti Ambiente di San Michele all'Adige intendono ricordarne la figura umana e professionale, portandola a esempio ai giovani.

Il premio viene attribuito ad una tesi/elaborato finale di laurea triennale in Viticoltura ed Enologia a carattere sperimentale, che abbia affrontato tematiche di ambito viticolo ed enologico.

Edizione 2019

Estratto da: **VERBALE DELLA SEDUTA DELLA COMMISSIONE DI VALUTAZIONE DEL “PREMIO DI LAUREA IN VITICOLTURA ED ENOLOGIA RUDY BURATTI 2019”.**

Vengono individuati 5 parametri di valutazione:

- a. il giudizio complessivo sulla carriera universitaria documentata;
- b. il voto di laurea;
- c. la rilevanza dei temi trattati da ciascuna ricerca;
- d. la sua originalità;
- e. la forma e la qualità del testo.

Per ciascun candidato si è espresso un voto in decimi per ognuno dei cinque parametri. Il punteggio finale del candidato è risultato dalla media dei voti conseguiti.

I primi tre classificati sono risultati, nell'ordine:

1. Dott. Stefano Dalledonne: “Come evolve il vino conservato su uno scaffale di un supermercato? Valutazione di parametri chimici, fisici e sensoriali”, relatore Prof Fulvio Mattivi con un punteggio di 9,6 su 10;
2. Dott.ssa Irene Poletti: “Applicazione del 18K SNP Chip Illumina per l'analisi di una popolazione segregante di vite (Riesling Renano x Cabernet Sauvignon)” relatrice Maria Stella Grando con un punteggio di 9,1 su 10;
3. Dott. Giacomo Tosi: “Verifica dell'efficacia a medio termine su vite di trattamenti preventivi post pota-

tura con *Trichoderma atroviride* SC1 nei confronti di *Phaeomoniellachlamydosporae* e di *Phaeoacremonium aleophilum*, principali organismi patogeni coinvolti nel mal dell'esca", relatrice Prof.ssa Ilaria Pertot con un punteggio di 8,9 su 10.

Con giudizio unanime la Commissione ritiene la tesi del Dott. Stefano Dalledonne, la più meritevole per l'originalità dell'argomento e per le ricadute pratiche sull'enologia italiana. Inoltre, la Commissione esprime vivo apprezzamento e ritiene degna di menzione la spiccata attitudine del candidato a svolgere attività a carattere sociale e formativo nel territorio in cui opera, la Bassa Valsugana. Il Dr. Dalledonne, infatti, ha promosso e contribuito a organizzare e gestire un Gruppo di lavoro, denominato "Viticoltori del Lagorai", iniziativa di particolare significato e utilità in un'area nella quale la viticoltura è ritornata a distanza di un secolo, dopo le distruzioni compiute dalla fillossera. Al suo brillante lavoro scientifico, dunque, il candidato ha aggiunto una meritoria iniziativa tesa ad aiutare i colleghi coetanei a sviluppare un progetto collettivo di produzione e comunicazione di vini nel territorio.

Per questi motivi la Commissione attribuisce con parere unanime al **Dott. Stefano Dalledonne** il "**Premio di Laurea in Viticoltura ed Enologia Rudy Buratti 2019**".



Università degli
Studi di Udine

DI4A



Università degli
Studi di Trento

DICAM



Fondazione Edmund Mach
Istituto Agrario di San Michele all'Adige

Corso di Laurea in Viticoltura ed Enologia

Elaborato per il conseguimento della
Laurea (L-25)

Come evolve il vino conservato
su uno scaffale di un supermercato?
Valutazione di parametri chimici, fisici e sensoriali

Relatori: prof. Roberto Zironi
dott. Fulvio Mattivi

Laureando: Stefano Dalledonne

Correlatore: dott. Panagiotis Arapitsas

Anno Accademico 2014/2015

Questo elaborato è inserito all'interno di un progetto molto più ampio tra l'Istituto Agrario di San Michele all'Adige-Fondazione Edmund Mach e Cavit s.c. (Cantina Viticoltori del Trentino) con lo scopo di indagare più nel dettaglio il tema del gusto luce. Per questo progetto si è inoltre collaborato con l'azienda Wenda permettendo di testare un nuovo tipo di sensori per il settore enologico. La tesi contiene solo una parte di tutto il progetto di ricerca, ma è sufficiente per inquadrare il problema. Il disegno sperimentale complessivo è composto da tre diversi esperimenti, due dei quali sono stati utilizzati per la mia tesi. Un primo studio è stato condotto su un numero più ristretto di campioni in quanto ha avuto solo uno scopo preparatorio, mentre il secondo rappresenta il fulcro di tutto il progetto. Sono stati sperimentati quattro diversi vini (due Pinot grigio e due Chardonnay) imbottigliati in bottiglie chiare e scure, esposti per cinquanta giorni alla luce. Sono seguite analisi di parametri chimici, fisici e sensoriali.

Sommario

Riassunto	222
1 Introduzione	224
1.1 Il gusto luce	224
1.2 Tipologie di vetro utilizzate	226
2 Fattori che influenzano il gusto luce	227
2.1 Luce	227
2.2 Temperatura	229
2.3 Bottiglia: colore, spessore e forma	230
3 Principali modificazioni del vino indotte dall'esposizione alla luce	233
3.1 Modificazioni sensoriali	233
3.2 Modificazioni fisiche	233
3.2.1 Colore	233
3.3 Modificazioni chimiche	234
3.3.1 Riboflavina	234
3.3.2 Altri composti	238
3.3.3 Altri catalizzatori di ossidazioni nel vino	240
3.3.4 Amminoacidi solforati	241
3.3.5 Contenuto di ossigeno nel vino	242
4 Il gusto luce in altri alimenti	243
4.1 Birra	243
4.2 Latte	244
5 Materiali e metodi	245
5.1 Disegno sperimentale	245
5.1.1 Disegno sperimentale progetto Cavit 2 beta (studio pilota)	245
5.1.2 Disegno sperimentale progetto Cavit 2	250
5.2 Analisi Cavit	253
5.2.1 Analisi chimiche di base con Foss FT120 (Grado alcolico, zuccheri (glucosio+fruttosio), pH, acidità totale, acidità volatile, ac.malico, ac.lattico, ac.tartarico)	253

5.2.2	Determinazione dell'anidride solforosa libera e totale con titolatore automatico Mettler T70	253
5.2.3	Determinazione di acido tartarico, malico, shikimico e lattico in UHPLC	254
5.2.4	Apprezzamento del colore	254
5.2.5	Determinazione dei citrati con la tecnica IC	254
5.2.6	Determinazione di rame e ferro in spettrofotometria ad assorbimento atomico	254
5.2.7	Determinazione dell'ossigeno disciolto con Micrologger O2 Orbisphere	256
5.3	Analisi sensoriale	256
5.3.1	Cavit 2beta (studio pilota)	256
5.3.2	Cavit 2	258
5.4	Colorimetro	258
5.5	Spettrofotometro	262
5.6	Ossigeno NomaSense	264
5.7	UPLC-MS/MS	265
5.8	Sensori "Wenda"	265
6	Risultati e discussioni	267
6.1	Analisi Cavit: Foss, Orbisphere, HPLC	267
6.1.1	Cavit 2 beta	267
6.1.2	Cavit 2	267
6.2	Analisi sensoriale	268
6.2.1	Cavit 2 beta	268
6.2.2	Cavit 2	270
6.3	Colorimetro	271
6.3.1	Cavit 2 beta	271
6.3.2	Cavit 2	274
6.4	Spettrofotometro	279
6.4.1	Cavit 2 beta	279
6.4.2	Cavit 2	280
6.5	Ossigeno	282
6.5.1	Ossigeno Orbisphere	282
6.5.2	Ossigeno NomaSense	283

6.6 UPLC-MS/MS	285
6.6.1 Cavit 2 beta	285
6.6.2 Cavit 2	286
6.7 Sensori “Wenda”	287
6.7.1 Cavit 2 beta	287
6.7.2 Cavit 2	290
7 Osservazioni finali e conclusioni	295
Bibliografia	300
Ringraziamenti	304
Appendice Tabelle	306

Riassunto

Negli ultimi anni si è reso evidente che in una visione moderna la filiera di produzione del vino include anche la distribuzione. La valorizzazione del prodotto passa attraverso una gestione moderna che gestisca la filiera della qualità, senza soluzione di continuità. La modalità di conservazione del vino riveste un ruolo fondamentale per preservare la qualità. Basta poco per compromettere in modo irreparabile tutto quello che è stato fatto prima del confezionamento. In questo studio sono stati presi in considerazione 6 vini bianchi (1 Traminer, 2 Chardonnay e 3 Pinot grigio) e sono stati esposti alla luce, su uno scaffale, per simulare le reali condizioni di conservazione in un supermercato, utilizzando bottiglie con vetro chiaro e scuro. In totale sono state impiegate 670 bottiglie suddivise in due esperimenti; un primo studio pilota condotto su un Pinot grigio e uno Chardonnay con 100 bottiglie e un secondo più ampio su due Pinot grigio e due Chardonnay con 570 bottiglie. Sono state monitorate le diverse variabili ambientali tra cui la temperatura e la radiazione luminosa, suddivisa nelle frazioni del visibile, ultravioletto e infrarosso, utilizzando dei prototipi di sensori. Si è cercato di analizzare le possibili alterazioni che subiscono questi vini bianchi in seguito all'esposizione alla luce e che portano alla comparsa del difetto noto come "gusto di luce". Le bottiglie sono state campionate ad intervalli prestabiliti e sono state sottoposte a successive analisi. In particolare si sono valutate le caratteristiche sensoriali (olfattive), fisiche (colore) e chimiche (riboflavina). L'esperimento pilota ha avuto una durata di 32 giorni mentre per il secondo si è deciso di spingersi fino a 50 giorni. Dopo pochi giorni di permanenza alla luce si possono già notare differenze rile-

vanti tra le bottiglie chiare e quelle scure. Infatti per la bottiglia chiara si ha una riduzione del colore nella componente gialla, accanto ad una rapida diminuzione del contenuto di riboflavina. Questo invece non sembra avvenire nella bottiglia scura che conserva una colorazione simile a quella del testimone rimasto al buio e mantiene più a lungo una concentrazione costante di riboflavina. Inoltre dall'analisi sensoriale si è visto che, a seconda della matrice di partenza, il difetto olfattivo inizia a manifestarsi dopo 20 - 40 giorni di esposizione alla luce nei vini contenuti nelle bottiglie con vetro chiaro.

1 Introduzione

1.1 Il gusto luce

Il vino bianco, dopo esser stato imbottigliato, può trascorre dei lunghi periodi a diretto contatto con la luce prima di arrivare sulla tavola del consumatore. L'esposizione della bottiglia alla radiazione UV- visibile può portare all'alterazione delle caratteristiche organolettiche del vino dando origine ad un difetto conosciuto come "gusto di luce", "nota di luce", "*taste of light*" o "*goût de lumière*". In questo processo avvengono numerose reazioni chimiche, molte delle quali non sono ancora note. Inoltre queste alterazioni sono influenzate dalla quantità di radiazione che riceve il prodotto, ma anche da numerosi altri parametri come ad esempio la temperatura, il colore della bottiglia, la quantità di ossigeno disciolto e il contenuto di riboflavina¹.

Sicuramente i vini bianchi imbottigliati utilizzando un vetro chiaro ed esposti alla luce sono destinati, a seconda della varietà, ad andare incontro a questo problema, ma non è detto che questo non avvenga anche in bottiglie più scure. In numerose prove riportate in letteratura vengono spesso usati il Pinot grigio e lo Chardonnay come oggetto di studio in quanto sono vini bianchi neutri che sembrano risentire particolarmente del problema del gusto luce².

Se nella scelta della tipologia della bottiglia venisse scartata quella chiara il problema sarebbe molto più contenuto o perlomeno la comparsa del difetto verrebbe ritardata. Questa decisione però va in controtendenza rispetto all'andamento del mercato attuale, dove, soprattutto per questioni legate al marketing, si tende a preferire il vetro chiaro per i vini bianchi, poiché permette al consumatore di vedere realmente il prodotto all'interno della bottiglia.

Dal punto di vista tecnico una bottiglia di colore molto scuro sarebbe in grado di mantenere il vino al riparo dalla radiazione UV-visibile per un tempo più lungo.

Oltre alla produzione di aromi negativi si ha anche un'alterazione del colore del vino e una diminuzione del contenuto di solforosa, in particolar modo della frazione libera¹. Tutto questo porta a una modificazione dell'equilibrio del vino, con una perdita in termini di qualità e di durata del prodotto stesso.

In generale, il problema del gusto luce deriva da una serie di reazioni fotochimiche che portano ad un'ossidazione del vino e il contributo principale sembra derivare da una reazione tra amminoacidi solforati (cisteina e metionina) e attivatori fotochimici, tra cui la riboflavina, che originano composti aromatici sgradevoli¹. Ma da alcuni esperimenti si è visto che sono presenti altre sostanze che potrebbero contribuire allo sviluppo dell'aroma.

Il difetto della nota di luce deriva da composti che conferiscono al vino sentori di cavolo cotto, mais tostato, lana bagnata, cipolla, aglio. In generale si ha una prima perdita della nota fruttata dei vini con una successiva evoluzione verso note sgradevoli pesanti¹.

Ci sono studi che dimostrano che una sosta prolungata sulla feccia può favorire maggiormente la comparsa di quest'alterazione¹.

Questo problema non riguarda solo l'ambito vinicolo, ma si è riscontrato anche in altri settori dell'industria alimentare, come in quello del latte e della birra¹, dove è stato risolto utilizzando degli accorgimenti sia nella fase di produzione che in quella d'imbottigliamento.

1.2 Tipologie di vetro utilizzate

Nell'ambito dei vini bianchi è diffuso l'impiego di bottiglie con vetro chiaro oltre a quelle scure. Sembra che la scelta di questo tipo di bottiglia derivi principalmente da un aspetto commerciale, in quanto il consumatore può vedere direttamente il prodotto all'interno del recipiente.

Una bottiglia in vetro chiaro ha un costo di produzione che può essere del 5-6% superiore rispetto a quello di una bottiglia scura (Vetreteria Cavit). Questa differenza è giustificata dal fatto che, nella produzione di bottiglie bianche, la materia prima di partenza deriva per il 100% da silice, mentre per le bottiglie colorate si utilizza quasi solo vetro riciclato, con un costo di partenza molto basso.

2 Fattori che influenzano il gusto luce

2.1 Luce

Figura 1
Spettro della radiazione luminosa (immagine presa da Hartley³)



La radiazione luminosa è il fattore scatenante di tutto il processo in quanto fornisce l'energia che serve per avviare le reazioni in questione (Fig. 1). Le radiazioni più pericolose nel settore alimentare e anche per il vino sono quelle che danno più alta energia e quindi quelle con una lunghezza d'onda più bassa nel campo dell'ultravioletto e del visibile. Le lunghezze d'onda da prendere in considerazione sono quindi quelle tra 200 - 400 nm (UV) e quelle tra 400 - 760 nm (visibile)¹.

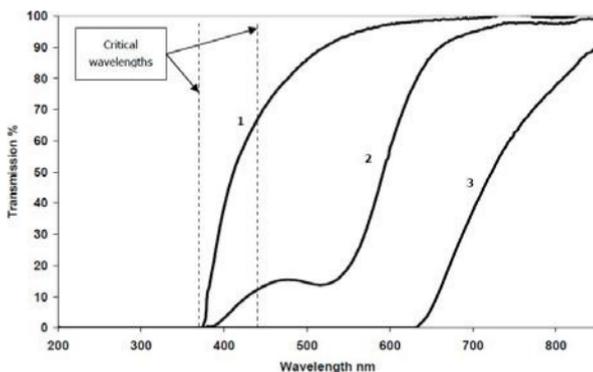
La quantità di luce assorbita varia per ogni prodotto perché dipende dalle specie chimiche presenti in grado di assorbire determinate lunghezze d'onda e quindi è influenzata dalla composizione generale del vino, oltre che dalla durata della radiazione e dalla tipologia del contenitore.

La quantità di luce che un vino può assorbire dipende anche dalle proprietà ottiche del prodotto, dalla varietà e di conseguenza dalla tipologia di vinificazione utilizzata nella fase di produzione che influenza sicuramente il colore. Nel grafico della Figura 2 vengono riportate tre curve di trasmissione per le tipologie di vini che si trovano più

frequentemente in commercio: vino bianco (1), vino rosato (2) e vino rosso (3). I vini bianchi trasmettono gran parte della radiazione visibile, mentre i rosati e i rossi tendono a trasmettere una maggior quota di radiazione alle lunghezze d'onda più basse, nel campo del visibile e lasciano passare la zona corrispondente al rosso (500 nm). Tutti i vini quindi assorbono gran parte della radiazione compresa tra 375 e 440 nm, che rappresenta l'intervallo di radiazione più pericoloso in quanto promuove reazioni dannose. A 440 nm solo i rossi e rosati presentano una bassa trasmissione, mentre i bianchi lasciano passare circa il 70% di questa radiazione³.

Figura 2

Curve di trasmissione della luce per vini bianchi (1), vini rosati (2) e vini rossi (3) (immagine presa da Hartley³)



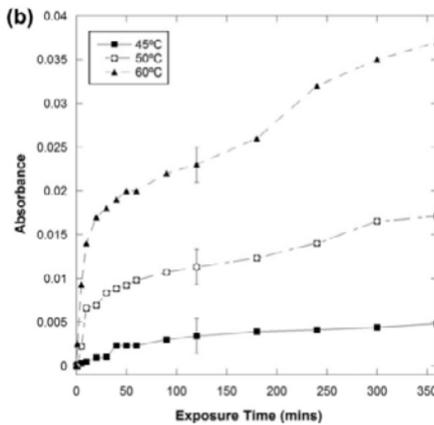
Il problema del gusto luce però non si ha nei vini rossi e nei rosati, pur avendo una maggior concentrazione di riboflavina. Questo perché hanno un elevato contenuto di composti fenolici, tannini in particolare che, a differenza dei vini bianchi, prevengono odori dovuti alla degradazi-

one luminosa. I tannini, infatti, sono in grado di accettare l'energia rilasciata dalla riboflavina eccitata e in questo modo viene ridotta la via di produzione di composti ma-leodoranti³.

2.2 Temperatura

In uno studio di Dias et al⁴ si è cercato di isolare l'effetto della temperatura da quello della luce in modo da approfondire quanto questo parametro possa influenzare direttamente il cambiamento di aroma del vino e soprattutto il cambiamento in colore, andando a misurare le assorbanze dei diversi campioni a 480 nm. Si è osservato che i campioni mantenuti al buio e sottoposti a temperature diverse mostrano un incremento di assorbanza significativo all'aumentare della temperatura quando questa supera i 45 - 50 - 60 °C (Fig. 3). Passando da 25 a 45 °C non si sono notati incrementi significativi⁴.

Figura 3
Assorbanze di vini mantenuti al buio a temperature diverse
(immagine presa da Dias et al.⁴)



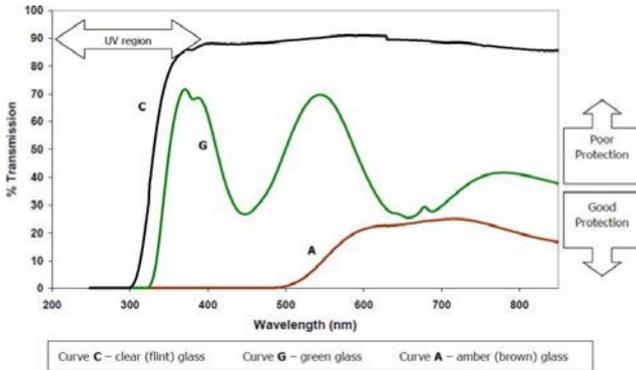
Secondo il grafico (Fig. 3) riportato da Dias et al.⁴ un aumento di temperatura va a velocizzare le reazioni chimiche che avvengono. Sembra che, in tempi brevi (350 minuti), la temperatura influenzi questi processi, ma in condizioni estreme, molto lontane da quelle reali di conservazione del vino su uno scaffale di un supermercato, che si trova ad una temperatura certamente inferiore. Nello studio di Arapitsas et al⁵ invece si è visto che, nei vini rossi, anche piccole differenze di temperatura per tempi prolungati modificano il colore.

2.3 Bottiglia: colore, spessore e forma

Alcuni studi hanno dimostrato che la tipologia della bottiglia, lo spessore del vetro, ma soprattutto il colore sono in grado di influenzare la quantità di radiazione che raggiunge il vino. Il vetro chiaro, particolarmente usato per l'imbottigliamento dei vini bianchi, lascia passare completamente la frazione del visibile e anche una parte dell'ultravioletto (Fig. 4). Tutte le tipologie di bottiglie sono in grado di fermare la radiazione con lunghezza d'onda inferiore ai 300 nm. Da una bottiglia chiara ad una color ambra, passando per quella verde scuro, si riduce la percentuale di trasmissione della radiazione ultravioletta. Si va da un 66.9% di radiazione fermata per una bottiglia chiara, nel campo dell'UV, a un 79.2% per una bottiglia verde fino ad un 99.9% per una bottiglia color ambra scuro (Fig. 4). Anche nel campo del visibile si riduce la quantità di radiazione trasmessa. La bottiglia verde limita la percentuale di radiazione trasmessa in particolare attorno a 520 nm, mentre una bottiglia marrone praticamente non lascia passare le lunghezze d'onda sotto i 520 nm³.

Si è visto che anche la forma della bottiglia e la direzi-

Figura 4
Curve di trasmittanza di diverse tipologie di bottiglie
(immagine presa da Hartley³)



one della luce incidente possono svolgere un ruolo nella formazione della “nota di luce”, seppur meno rilevante rispetto al colore, in quanto modificano la percentuale di luce che viene riflessa e conseguentemente la frazione assorbita. Alcuni studi sulla birra mostrano che bottiglie con colli molto lunghi e spalle con angoli molto larghi sono più efficienti nella protezione nei confronti della luce, perché aumentano la quantità di radiazione riflessa³.

È importante quindi prendere in considerazione le caratteristiche dei locali in cui vengono conservate ed esposte le bottiglie. Se possibile è preferibile adottare impianti di illuminazione con bassa emissione nel campo dell’ultravioletto oppure applicare degli appositi filtri. Fondamentale risulta anche la disposizione delle luci che influenza la quantità di radiazione che raggiunge la bottiglia. Può risultare utile tener conto anche della dimensione e della posizione dell’etichetta che può rappresentare un strumento ulteriore per proteggere il prodotto.

Per quanto riguarda il peso della bottiglia, e di conseguenza lo spessore del vetro, non si sono viste differenze importanti che portino a preferire l'utilizzo di una bottiglia "pesante" rispetto ad una "leggera" considerando le bottiglie presenti attualmente in commercio. Lo spessore del vetro è un parametro che praticamente non incide sulla qualità del prodotto, o comunque è molto meno importante rispetto al ruolo che ricopre la colorazione⁴.

3 Principali modificazioni del vino indotte dall'esposizione alla luce

3.1 Modificazioni sensoriali

In generale il difetto del gusto luce viene descritto come una prima perdita della nota fruttata dei vini, seguita dalla formazione di aromi sgradevoli associati al cavolo cotto/crauti, lana bagnata¹.

3.2 Modificazioni fisiche

3.2.1 Colore

L'esposizione alla luce comporta anche un cambiamento del colore dei vini bianchi in seguito alla fotodegradazione e alla formazione di diversi pigmenti. Solitamente l'invecchiamento dei vini bianchi porta naturalmente a una modificazione del colore che diventa più scuro e assume sfumature tendenti al giallo oro, arancio, dovute principalmente a fenomeni ossidativi⁶.

Si è visto che l'esposizione alla radiazione luminosa, in particolari condizioni, porta alla formazione di alcuni pigmenti, come il catione *xanthylum*, in presenza di ferro, acido tartarico e catechine, che vanno ad incrementare il colore⁴.

In generale il cambiamento del colore dei vini bianchi in seguito all'esposizione alla luce è frutto della fotodegradazione di alcuni metaboliti.

La riboflavina, un altro pigmento giallo presente nei vini, viene degradata rapidamente in vini sottoposti a radiazione luminosa, mentre è relativamente stabile al buio e alle temperature elevate⁷.

3.3 Modificazioni chimiche

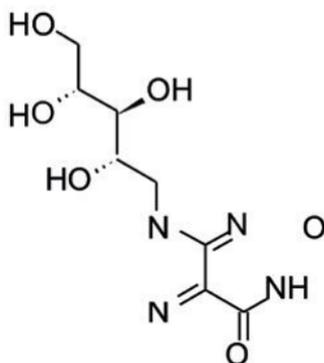
3.3.1 Riboflavina

La riboflavina (Fig. 5) è una vitamina (B2) essenziale nella salute umana per i normali processi di crescita e sviluppo, per la produzione e regolazione di alcuni ormoni e nella formazione dei globuli rossi. La dose di assunzione giornaliera raccomandata si aggira attorno a 1.1 - 1.6 mg/gg a seconda dell'età e del sesso. I principali alimenti in grado di fornire questa vitamina sono il latte, le uova e la verdura a foglia larga^{8,9}. La riboflavina è uno dei principali marcatori correlati con il gusto di luce.

La riboflavina è un pigmento fotosensibile, presente nelle bevande e nei cibi. Dalla riboflavina derivano anche due cofattori di enzimi che catalizzano il trasferimento di elettroni nelle cellule e sono la flavina mononucleotide e la flavin adenin dinucleotide.

La concentrazione di riboflavina nei vini si aggira tra 0.1 e 0.4 mg/L³.

Figura 5
Struttura della riboflavina



La concentrazione media di riboflavina presente nei vini bianchi è di circa $100 \mu\text{g/L}^2$. Tendenzialmente si parte da valori più bassi nei mosti ($55 \mu\text{g/L}$), che poi aumentano durante la fermentazione e possono arrivare a $110 - 170 \mu\text{g/L}$. Valori ancora più elevati si possono riscontrare in vini che vengono conservati sulla feccia, attorno a $160 - 200 \mu\text{g/L}$ dopo quattro giorni dalla fermentazione¹.

Sembra che la quantità di riboflavina presente nel vino possa dipendere anche dal ceppo di lievito utilizzato in fermentazione¹⁰.

La riboflavina è molto stabile alle alte temperature e alle condizioni di disidratazione utilizzate per la conservazione di alcuni cibi o alla protezione in contenitori riempiti con N_2 o CO_2 ⁷.

L'instabilità della riboflavina è influenzata soprattutto dalla presenza di ossigeno e dall'esposizione alla luce.

La riboflavina esposta alla luce ultravioletta si degrada rapidamente dando origine a due prodotti: il lumicromo è quello più abbondante in soluzioni neutre e acide, mentre la lumiflavina si origina in soluzioni alcaline⁷.

In presenza di ossigeno, se la riboflavina viene irradiata con luce UV-visibile si ha la produzione di specie molto reattive come il superossido e l'ossigeno singoletto, radicale idrossilico e perossido di idrogeno. Queste specie reattive portano alla decomposizione di proteine, lipidi, carboidrati e vitamine⁸.

Presenta dei picchi massimi di assorbimento a $225, 275, 370$ e 450 nm in soluzioni a $\text{pH } 7^8$. Nel campo spettrale del visibile il picco massimo è quello che corrisponde a 442 nm .

La reazione foto-ossidativa della riboflavina può seguire due vie come riportato nella Figura 6.

Nella prima via (tipo I) la riboflavina 1 viene eccitata dalla luce passando attraverso uno stato intermedio di singo-

letto 2 per poi arrivare allo stato di tripletto 3. In presenza di metionina 5 questa si ossida riducendo la riboflavina 3. La metionina 5 va incontro poi a una serie di reazioni con produzione di metionale 7, metantiolo 8 e dimetil disolfuro 9, principali composti responsabili del sentore di cavolo cotto. La riboflavina ridotta 4 reagisce direttamente con l'ossigeno trasferendo l'eccesso di energia, portando quindi alla produzione di radicali dell'ossigeno, specie estremamente reattive.

Nella seconda via invece (tipo II), quando la riboflavina raggiunge lo stato di tripletto, trasferisce l'eccesso di energia al tripletto dell'ossigeno portandolo allo stato di singoletto che a sua volta può reagire con altre specie, ossidandole. Quindi, in assenza di ossigeno può avvenire solo la prima via, mentre in presenza di ossigeno avvengono entrambe¹.

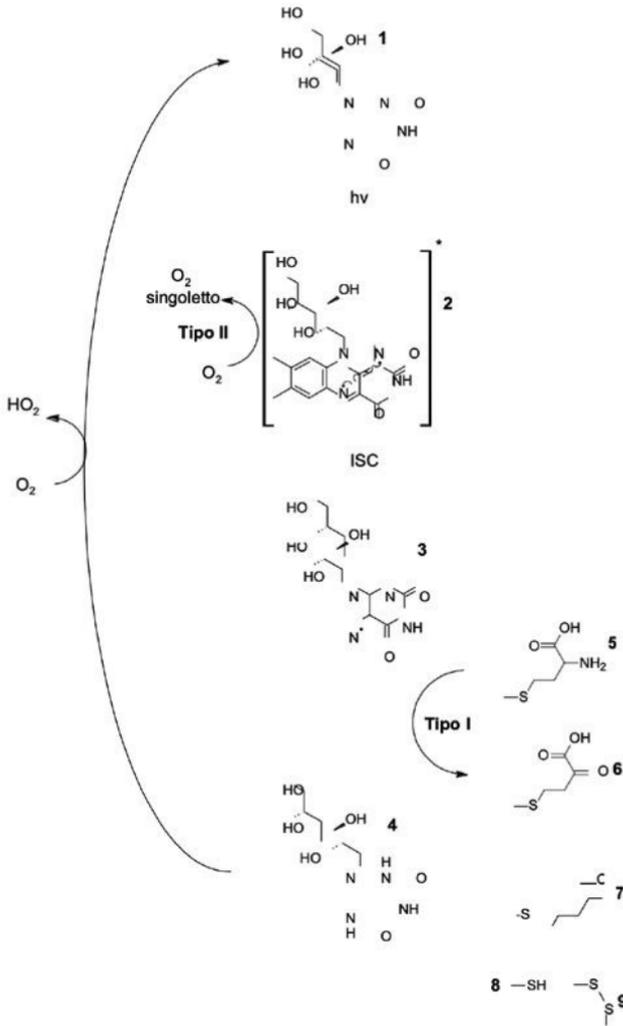
Specie come composti fenolici, che possono essere facilmente ossidati o ridotti, seguono la prima via, mentre altre come i composti aromatici seguono la seconda via¹.

La produzione di ossigeno singoletto contribuisce all'aumento del consumo di ossigeno. L'ossigeno singoletto può anche reagire con i terpeni, ossidandoli, e questo può dare un contributo all'aroma della nota di luce¹.

Da uno studio condotto su alcuni vini bianchi si è visto che il contenuto di riboflavina influenza la presenza e l'intensità del gusto luce. A differenza di quanto riportato da Grant-Preece et al. (2015) però, un contatto prolungato dei vini con la feccia non sembra influenzare la concentrazione di riboflavina. Sicuramente i vini con una elevata intensità dell'off flavor sono associati ai vini che hanno più elevati contenuti di riboflavina, però non si può predire che una bassa concentrazione di riboflavina non darà origine al difetto, in quanto questa vitamina non è

Figura 6

Reazione fotossidativa della riboflavina. 1: riboflavina, 2: riboflavina singoletto, 3: riboflavina tripletto, 4: riboflavina ridotta, 5: metionina, 6: metionina ossidata, 7: metionale, 8: metantiolo, 9: dimetil disolfuro



l'unico responsabile, ma è solo un fattore di incremento nella formazione della "nota di luce". Sono coinvolti molti altri composti che intervengono nelle reazioni di ossido - riduzione come metalli di transizione, polifenoli e precursori degli *off-flavor* tra cui gli amminoacidi solforati.²

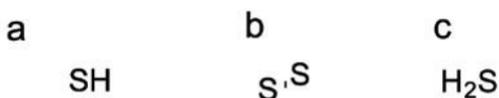
In una prova condotta su degli Champagne, sono state fatte delle aggiunte di riboflavina, metionina e cisteina. Si è visto che questo ha generato un aumento della produzione di metantiolo e dimetil disolfuro durante l'esposizione alla luce in assenza di ossigeno. In una soluzione similvino la presenza di riboflavina è necessaria per la produzione di composti solforati in presenza degli stessi composti aggiunti precedentemente. In queste ultime soluzioni l'esposizione alla luce porta alla riduzione della riboflavina che poi ritorna ad ossidarsi se vengono esposte nuovamente all'aria; mentre viene degradata in assenza di metionina¹¹.

3.3.2 Altri composti

Il sentore prevalente di cavolo/verdura cotta viene associato ad un aumento dei composti solforati come il metantiolo a, il dimetil disolfuro b e l'acido solfidrico c (Fig. 7).

In generale si nota una perdita della nota fruttata derivante dagli alcoli, dagli esteri etilici, dagli acetati e dagli acidi grassi. Con il processo di invecchiamento si va

Figura 7
Formule di struttura di a: metantiolo,
b: dimetil disolfuro e c: acido solfidrico



incontro sicuramente a una riduzione della concentrazione degli esteri etilici per processi di idrolisi, ma sembra che la riboflavina, in condizioni di esposizione alla luce, possa giocare un ruolo nella loro degradazione. In particolar modo in letteratura viene riportato che la riboflavina può avere un ruolo nell'idrolisi degli esteri etilici¹.

Inoltre l'esposizione alla luce può portare anche a una degradazione di alcuni composti terpenici. Questi ultimi sono tutti fenomeni che avvengono naturalmente con l'invecchiamento del vino, ma l'esposizione a una sorgente luminosa ne accelera la cinetica.

Si è visto però che altri composti possono subire delle modificazioni. In alcuni Riesling esposti alla luce si è osservato un aumento nel contenuto di furfurale, che risulta incrementare più velocemente in prodotti imbottigliati in vetro scuro, contribuendo al sentore di verdura cotta¹.

In alcuni Chardonnay invece è aumentata l'acetaldeide che potrebbe derivare da un'accelerazione dell'ossidazione dell'etanolo¹².

Clark ha dimostrato che l'acido tartarico, in condizioni di esposizione alla luce, può degradare portando alla produzione di acido gliossilico che a sua volta può fare da collegamento tra due molecole di catechina originando un pigmento giallo, lo *xanthylum*, che assorbe a 440 nm. Se questa reazione avviene in presenza di acido caffeico si nota un imbrunimento del colore¹³. In questo studio è riportato che vini aggiunti di flavan-3-oli ed esposti alla luce tendono ad aumentare la loro componente gialla registrata da un incremento del valore di assorbanza misurato a 420 nm, proprio per la formazione del catione *xanthylum*.

3.3.3 Altri catalizzatori di ossidazioni nel vino

Alcuni metalli di transizione, come il ferro e il rame, possono favorire reazioni di ossidazione nel vino. Oggi l'enologo cerca di mantenere le loro concentrazioni al di sotto di 5 mg/L per il ferro e 0.2 mg/L per il rame. In letteratura si trovano valori medi misurati per il ferro attorno a 2- 3 mg/L, mentre per il rame attorno a 0.2 - 0.3 mg/L¹⁴⁻¹⁷. Lo ione ferroso può ridurre l'ossigeno in un radicale con formazione dello ione ferrico che a sua volta può ossidare sostanze presenti nel vino per ritornare allo stato ridotto iniziale¹.

Spesso lo ione ferrico presente nel vino è legato agli anioni dei principali acidi carbossilici presenti nel vino come l'acido tartarico, l'acido malico, l'acido citrico e altri minori come l'acido succinico. La formazione di questi complessi carbossilici con lo ione ferrico sposta l'equilibrio verso lo ione ferrico e abbassa il potenziale di riduzione della coppia Fe^{3+}/Fe^{2+} . In questo modo il Fe^{2+} diventa un forte agente di riduzione favorendo la riduzione dell'ossigeno¹.

Si è visto che, in soluzioni contenenti ferro, l'acido tartarico viene degradato ad acido gliossilico¹³. È stato proposto un meccanismo di formazione in cui l'acido tartarico viene ossidato ad acido diidrossi fumarico, ad opera dei radicali idrossilici, che a sua volta viene degradato portando alla formazione dell'acido gliossilico.

In letteratura è riportato un esperimento dove si valuta la differenza di assorbanza a 440 nm di vini bianchi con e senza aggiunta di flavanoli dopo un periodo di esposizione alla luce di 71 giorni utilizzando vetro di colori diversi. I vini con aggiunta di (-)- *epi*-catechina o (+)- catechina hanno dato un'assorbanza molto più elevata dopo 71 giorni di esposizione rispetto a quelli tal quale. Inoltre i vini con (-)- *epi*-catechina

hanno dato valori di assorbanza più elevati rispetto a quelli con (+)- catechina. Questo ha dimostrato che per avere una variazione significativa di assorbanza tra bottiglie diverse e uno sviluppo di colore osservabile è necessaria una ragionevole concentrazione di catechine. Inoltre si è visto che se la temperatura non è controllata si ha un incremento maggiore della colorazione in bottiglie con vetro scuro, che hanno una minor trasmissione della luce UV-visibile rispetto a quelle chiare¹³.

Questo può derivare dal fatto che la bottiglia scura assorbe una maggior quantità di radiazione infrarossa, andando ad aumentare la temperatura del vino e quindi la velocità delle reazioni.

3.3.4 Amminoacidi solforati

Il vino contiene naturalmente tra 1 e 4 g/L di cisteina e metionina, i principali responsabili della produzione di composti solforati in seguito ad esposizione del vino alla luce. Queste reazioni sono catalizzate dalla riboflavina e originano acido solfidrico e mercaptani³.

Composti come il gliossale e l'alfa dicarbonile possono reagire con la metionina dando origine alla metionale, al metantiolo, al dimetilsolfuro o con la cisteina formando acido solfidrico, metantiolo e altri prodotti, tutti responsabili della produzione di note olfattive maleodoranti¹ (Fig. 7).

È importante prestare attenzione se si effettuano aggiunte di acido ascorbico, in presenza di una bassa concentrazione di solforosa, in vini che contengono soprattutto metionina e ferro, perché aumenta la produzione di metionale, favorita dall'ambiente ossidante.

Mentre l'acido solfidrico, il metantiolo e il dimetil disol-

furo sono i principali composti volatili responsabili dell'aroma di riduzione nei vini bianchi, la metionale contribuisce all'aroma dei vini ossidati. Secondo Grant-Preece et al. tutti questi composti sono tra i principali responsabili dell'aroma della nota di luce¹.

3.3.5 Contenuto di ossigeno nel vino

La quantità di ossigeno presente in bottiglia dipende principalmente dal processo di imbottigliamento e dal tipo di chiusura. Con il tempo comunque la concentrazione dell'ossigeno totale, considerata come somma dell'ossigeno disciolto e di quello presente nello spazio di testa, va diminuendo. Al momento dell'imbottigliamento la concentrazione dell'ossigeno media può variare solitamente tra 1 e 9 mg/L¹.

In un altro studio basato sul controllo della concentrazione dell'ossigeno dopo l'imbottigliamento dei vini sono riportati i dati dell'ossigeno suddivisi in ossigeno disciolto e dello spazio di testa. A seconda del tipo di chiusura utilizzata, l'ossigeno disciolto può andare da una concentrazione inferiore a 1mg/L fino a 5 mg/L, mentre quello dello spazio di testa può raggiungere i 7mg/L¹⁸.

L'esposizione alla luce accelera il consumo di ossigeno e questo influenza il potenziale di riduzione della bottiglia che si abbassa. L'ossigeno disciolto è uno dei presupposti per l'aumento del colore dei vini in seguito all'esposizione alla luce. L'ossigeno non può reagire direttamente con le singole specie presenti nel vino, ma il suo tripletto deve essere attivato attraverso un'eccitazione. Il tripletto dell'ossigeno può essere eccitato a uno stato di singoletto nel vino esposto alla luce.

4 Il gusto luce in altri alimenti

4.1 Birra

Anche la birra, se sottoposta a dei periodi di esposizione alla luce, può presentare lo stesso problema del vino. Nel caso della birra questo off-flavour deriva dall'ossidazione diretta degli iso- α -acidi dal tripletto della riboflavina in presenza di alfa-amminoacidi solforati che originano il 3-metil-2-butene-1-tiolo¹.

Si è visto che l'aggiunta di acido ascorbico alla birra o di (+)-catechina in soluzioni simil-birra riducono la produzione di aromi del gusto luce, in particolare del dimetilsolfuro. Sembra che all'aumentare della quantità di aria durante l'imbottigliamento, l'ossigeno tripletto sia in grado di smorzare l'azione del tripletto della riboflavina¹.

Nella birra ci sono essenzialmente due tipi di meccanismi che possono dar origine alla "nota di luce" detta anche "skunky"¹⁹.

Il primo coinvolge direttamente l'isohumulene, che viene eccitato allo stato di singoletto dalla radiazione UV-B. L'eccesso di energia viene trasferito a un gruppo acilico. La molecola si rompe perdendo il gruppo carbonilico e si lega a un radicale sulfidrico formando il 3-metil-2-butene-1-tiolo (3MBT). Il radicale sulfidrico sembra essere prodotto da una reazione tra il tripletto eccitato della riboflavina e alfa-amminoacidi solforati contenenti la cisteina.

Il secondo meccanismo di formazione deriva dall'eccitazione della riboflavina al suo stato di tripletto da parte della radiazione visibile, nel campo del blu. La riboflavina rimuove un elettrone dalla molecola dell'isohumulene portando a una decarbonilazione della molecola. La riboflavina eccitata allo stato di tripletto reagisce poi con un

amminoacido contenente cisteina producendo un radicale sulfidrico, che può ricombinarsi con la catena precedentemente decarbonilata originando il 3MBT.

Il problema nel mondo della birra è stato risolto utilizzando dei malti contenenti iso-alpha acidi idrogenati. In particolare l'isohumulene viene sottoposto a un processo di idrogenazione, riducendo i gruppi carbonilici della catena laterale a gruppi alcolici. In questo modo non si ha la formazione del difetto del gusto luce. Questi composti però non sono stabili alla radiazione; vengono comunque degradati come l'isohumulene in seguito all'esposizione alla luce, ma danno origine a radicali diversi¹⁹.

Le soluzioni proposte quindi per ridurre il gusto luce nel mondo della birra sono molteplici. L'utilizzo di bottiglie marroni o contenitori che proteggono dalla luce, limitare l'esposizione alla luce durante i processi di produzione, l'utilizzo di malti contenenti iso-alpha acidi idrogenati e ridurre al minimo l'uso dello zolfo.

4.2 Latte

Anche il latte è un alimento che risente della luce. Infatti, dopo poche ore di esposizione si ha una rapida degradazione della riboflavina, un'ossidazione del latte, una perdita di valori nutrizionali e la formazione di aromi sgradevoli²⁰. Questo contributo deriva anche dall'ossidazione della metionina a metionale in presenza di riboflavina¹.

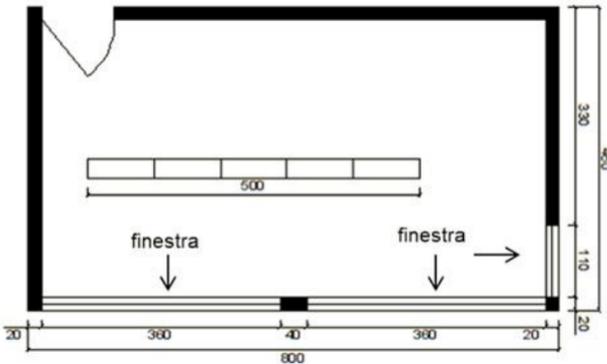
5 Materiali e metodi

5.1 Disegno sperimentale

5.1.1 Disegno sperimentale progetto Cavit 2 beta (studio pilota)

Figura 8

Piantina stanza Cavit, luogo dell'esperimento in cui sono stati esposti i vini in condizioni simili a quelle di un supermercato (misure espresse in cm)



Questo esperimento, denominato Cavit 2 beta, è stato progettato per preparare al meglio quello successivo (Cavit 2), che è stato condotto utilizzando un numero di campioni molto più elevato. È servito anche per analizzare tutti i punti critici, eventuali problematiche che possono insorgere durante l'esperimento e per definire la frequenza di campionamento. In particolare si è cercato di valutare i fattori che possono condizionare la comparsa della nota di luce e di cercare dei possibili marcatori di questo difetto. Si sono utilizzate due tipologie di vini

bianchi dell'annata 2014: un Pinot grigio, e un Traminer.

Questo esperimento è servito, oltre che per studiare il gusto luce, anche per testare dei prototipi di sensori "Wenda" che sono in grado di rilevare alcuni parametri ad intervalli di tempo stabiliti. In particolare misurano la temperatura, la radiazione con lunghezza d'onda che ricade nel campo del visibile, dell'ultravioletto e dell'infrarosso.

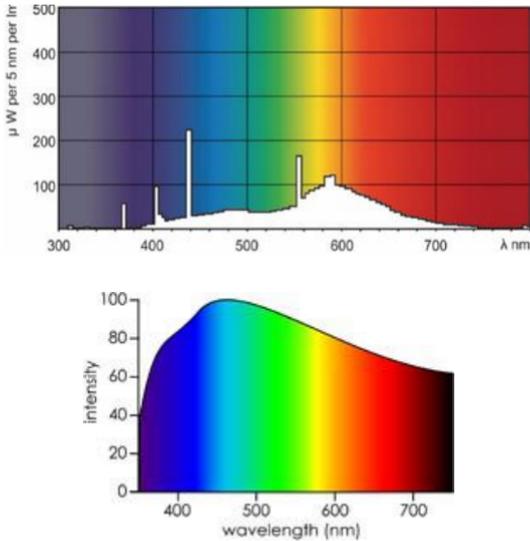
I vini sono stati imbottigliati utilizzando bottiglie con vetro chiaro e alcune con vetro scuro (color verde scuro). In particolare per il Pinot grigio è stata utilizzata una bottiglia con tappo a vite, mentre per il Traminer una bottiglia con tappo in sughero agglomerato (Appendice Tab. 1).

Nelle appendici si trovano le Tabelle 1 e 2 dove vengono riportati i dati analitici di base relativi ai due vini al momento dell'imbottigliamento, dopo dieci giorni, prima della disposizione sullo scaffale e dopo 32 giorni di esposizione alla luce (bottiglia chiara e bottiglia scura).

Entrambi i vini, dopo esser stati imbottigliati, sono rimasti per circa 10 giorni al buio ad una temperatura di 4-5° C. Trascorso questo periodo le bottiglie sono state posizionate nella stessa stanza su due scaffali in modo da simulare le condizioni di illuminazione di un supermercato. La luce proviene dall'alto da quattro lampade, ognuna delle quali contiene due neon. Le caratteristiche riportate sul neon sono: TL-D 58W/33-640 1SL. Di seguito viene riportato lo spettro di emissione della lampada. Si può notare che la maggior parte della luce artificiale della stanza ricade nel campo del visibile con un picco di emissione attorno a 600 nm.

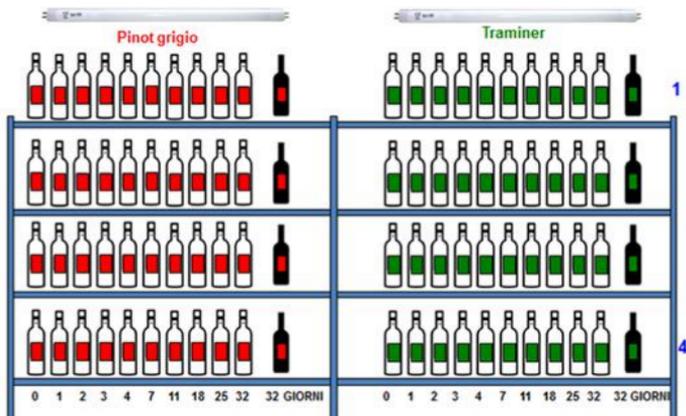
Per le prime tre settimane la luce proviene anche dalla vetrata, esposta a sud-ovest, che è stata lasciata libera, priva di tende.

Figura 9
Spettro di emissione lampada TL-D 58W/33-6401SL (sopra)
Spettro di emissione della radiazione solare (sotto)



Questo esperimento è finalizzato a simulare le reali condizioni di conservazione di un vino bianco su uno scaffale di un supermercato. In particolare è stato progettato per ricercare dopo quanto tempo si manifesta il difetto della “nota di luce” tenendo sotto controllo alcuni parametri (colore della bottiglia, temperatura, radiazione luminosa, concentrazione di ossigeno). Si è cercato anche di analizzare possibili correlazioni tra la comparsa del difetto e la modifica di parametri fisici e chimici.

Figura 10
Schema scaffale primo esperimento (Cavit 2 beta)



Il numero di bottiglie utilizzate per ognuna delle due prove è stato preventivamente studiato in modo da poter seguire tutta la cinetica. Per ognuno dei 10 punti di prelievo ci sono 4 bottiglie chiare, tranne che per l'ultimo dove è stata aggiunta anche una bottiglia scura. I campioni sono raccolti dopo un diverso numero di giorni di esposizione alla luce, secondo la seguente tabella, in modo da coprire tutto il periodo:

Figura 11
Schema date di prelievo dei campioni
del primo esperimento (Cavit 2beta)

L	M	M	G	V	S	D
0	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	32		

La bottiglia prelevata dallo scaffale viene riportata al buio ad una temperatura di 4-5° C. Quattro bottiglie per ogni tipologia di vino, invece, sono rimaste al buio per tutto il periodo per avere un campione di riferimento.

Nella prima parte dell'esperimento è stata seguita anche la cinetica di consumo dell'ossigeno disciolto all'interno del vino, utilizzando la tecnologia NomaSense. Un fascio luminoso attraversa un sensore posizionato all'interno della bottiglia e determina la concentrazione dell'ossigeno che viene corretta in base alla temperatura del campione. Per queste misure sono state utilizzate tre bottiglie per ognuna delle due tesi^{18, 21}.

I sensori Wenda sono stati posizionati su ognuno dei quattro ripiani dei due scaffali, in modo da controllare quattro bottiglie per ogni vino registrandone i dati per tutto il periodo di permanenza sullo scaffale. Il sensore è stato impostato per acquisire i dati ogni dieci minuti (temperatura, radiazione visibile, ultravioletta e infrarossa).

Al termine dell'esperimento sono state eseguite le analisi di base con Foss, per ognuno dei punti campionati, a cui sono seguite altre analisi più specifiche tra cui la valutazione del cambiamento di colore con il colorimetro, misure di assorbanza con lo spettrofotometro, analisi quantitative dei principali polifenoli del vino e della riboflavina, tramite HPLC. È stato utilizzato il metodo riportato nel lavoro di Vrhovsek et al.²² con le modifiche di Ehrhardt et al.²³.

Tutti i campioni prima di essere analizzati sono stati randomizzati per ridurre l'effetto di eventuali errori sistematici e per non essere influenzati dal campione oggetto d'esame. Sono state create due sequenze separate per il gruppo dei Pinot e quello dei Traminer e sono state utilizzate per tutte le analisi eseguite.

5.1.2 Disegno sperimentale progetto Cavit 2

Questo esperimento è quello più complesso ed è il fulcro attorno al quale ruotano tutte le analisi e gli studi precedenti. L'obiettivo principale è quello di seguire la cinetica sensoriale, chimica e fisica dei vini sottoposti alla luce, in condizioni simili a quelle di un supermercato, per un periodo di 50 giorni.

Per questa prova sono stati utilizzati 4 vini diversi dell'annata 2015: 2 Pinot grigio e 2 Chardonnay (Appendice Tab. 3 e 4).

Per ogni punto di campionamento (0, 2, 7, 14, 22, 40, 50 giorni) sono state utilizzate 8 bottiglie chiare e 8 bottiglie color verde scuro per ogni vino, ad eccezione del punto 0 dove si sono impiegate solo 8 bottiglie. Si sono utilizzate 59 bottiglie chiare e 65 bottiglie scure per ognuna delle quattro tesi per un totale di 496 bottiglie.

Quindi 8 bottiglie per ogni tipologia di vino sono state riposte in cella al buio (4-5 °C) come testimone.

Per studiare se la sosta al buio dopo l'esposizione determina qualche cambiamento si è deciso di dividere la prova in due parti.

3 bottiglie scure e 3 bottiglie chiare per ogni tipologia di vino vengono aggiunte sullo scaffale rispettivamente 21, 14, 7 e 2 giorni prima della fine dell'esperimento.

Tutte le altre bottiglie invece sono posizionate sullo scaffale all'inizio dell'esperimento e per ogni data di campionamento saranno rimosse 5 bottiglie chiare e 5 bottiglie scure. Si è scelto di effettuare 7 campionamenti: a 2, 7, 14, 22, 29, 40 e 50 giorni.

Lo schema delle date di prelievo è riportato nella tabella sottostante (Fig. 12): (in verde sono riportate le date in cui i campioni vengono messi sullo scaffale, mentre in giallo le date in cui le bottiglie vengono rimosse).

Figura 12
Schema prelievo bottiglie secondo esperimento (Cavit 2)

	M	T	W	T	F	S	S
dic	14	15	16	17	18	19	20
dic	21	22	23	24	25	26	27
dic /gen	28	29	30	31	1	2	3
gen	4	5	6	7	8	9	10
gen	11	12	13	14	15	16	17
gen	18	19	20	21	22	23	24
gen	25	26	27	28	29	30	31
feb	1	2	3	4	5	6	7

Le posizioni in cui sono state esposte le bottiglie sono state definite prima dell'inizio dell'esperimento in modo da distribuirle su tutto lo spazio disponibile.

Una parte delle bottiglie è stata posizionata sul lato dello scaffale rivolto verso il muro, mentre un'altra parte sul lato rivolto verso la finestra. Per questo esperimento, al contrario del precedente, le tende sono state montate fin dall'inizio.

Le luce proviene dall'alto da quattro lampade TL-D 58W/33-640 1SL, ognuna con due neon, che si accendono automaticamente dalle ore 7.00 alle 19.00.

L'esperimento è iniziato il 16 dicembre 2015 ed è terminato il 4 febbraio 2016. È importante ricordare che in questo periodo l'irraggiamento naturale è minimo. Per tutta la durata della prova, a intervalli di 10 minuti, sono stati raccolti i dati della radiazione luminosa e della temperatura utilizzando i sensori Wenda. In totale sono stati posizionati 16 sensori sul lato verso la finestra e 16 verso il muro in modo da monitorare tutte le posizioni dello scaffale. Inoltre due sensori sono stati collocati all'interno di due bottiglie, una verde e una chiara, tagliate appositamente.

mente per monitorare la quantità di radiazione che viene lasciata passare all'interno dal contenitore e la temperatura dell'aria all'interno della bottiglia vuota.

Figura 13
Scaffale stanza Cavit



Per ogni tipologia di vino si è monitorato anche il consumo dell'ossigeno. Si sono scelte tre bottiglie chiare per ogni vino per un totale di 12 bottiglie, posizionate sullo scaffale a differenti distanze dalla luce. Prima dell'imbotigliamento sono stati applicati i sensori NomaSense, utilizzati anche nell'esperimento precedente. Questa volta però, sono stati inseriti due sensori in ogni bottiglia per seguire la concentrazione dell'ossigeno disciolto, ma anche di quello presente nello spazio di testa. Ad ogni data di campionamento dei vini è stata anche rilevata la concentrazione di ossigeno.

Prima del termine dell'esperimento tutte le bottiglie sono state randomizzate per le successive analisi, suddividendo i Pinot grigio dagli Chardonnay.

L'ultimo giorno dell'esperimento sono state eseguite le analisi di base nel laboratorio Cavit. Per ogni vino si sono analizzate 15 bottiglie: 1 bottiglia chiara e 1 bottiglia scura per ogni punto di prelievo più il testimone rimasto al buio a una temperatura inferiore ai 10°C.

Su queste stesse bottiglie, al momento dell'apertura è stata organizzata anche un'analisi sensoriale per la ricerca del gusto luce con le stesse modalità utilizzate nell'esperimento precedente.

Nella settimana successiva si sono iniziate tutte le altre analisi presso il laboratorio di San Michele.

5.2 Analisi Cavit

5.2.1 Analisi chimiche di base con Foss FT120 (Grado alcolico, zuccheri (glucosio+fruttosio), pH, acidità totale, acidità volatile, ac.malico, ac.lattico, ac.tartarico)

Con Winescan FT 120 si prende in considerazione il medio infrarosso. L'interferometro presente in questo strumento misura la lunghezza d'onda alla quale il detector rileva un assorbimento di intensità luminosa, generato da una sorgente IR, dovuto alla presenza di composti organici nel campione. Tutte questa analisi sono state eseguite sul campione tal quale.

5.2.2 Determinazione dell'anidride solforosa libera e totale con titolatore automatico Mettler T70

La determinazione è stata fatta prelevando 50 mL del campione tal quale.

L'anidride solforosa presente nel campione viene fatta ossidare aggiungendo una soluzione standard di io-

dio. L'andamento della titolazione si controlla mediante la misura del potenziale della soluzione utilizzando un elettrodo Pt/Pt. Il punto di fine è raggiunto quando il potenziale misurato risulta ≤ 150 mv. Conoscendo la stechiometria di reazione e il volume della soluzione titolante utilizzata è possibile calcolare la concentrazione di anidride solforosa del campione.

5.2.3 Determinazione di acido tartarico, malico, shikimico e lattico in UHPLC

5.2.4 Apprezzamento del colore

Misura dell'assorbanza di un campione di vino tal quale a 420 nm ed espressione del risultato come densità ottica a 420 nm.

5.2.5 Determinazione dei citrati con la tecnica IC

Si effettua la separazione della componente anionica del vino in gradiente basico su colonna a scambio ionico. La rivelazione avviene per via conduttimetria dopo soppressione del segnale dell'eluente.

5.2.6 Determinazione di rame e ferro in spettrofotometria ad assorbimento atomico

La spettroscopia ad assorbimento atomico sfrutta la capacità degli atomi di ogni elemento di acquistare energia quando vengono investiti da una radiazione. Tale radiazione è generata da una sorgente (lampada a catodo cavo) che è specifica per ogni elemento. La quantità di energia assorbita è proporzionale alla concentrazione dell'elemento presente nel campione.

Di seguito sono documentate le condizioni operative, la procedura di preparazione degli standards e del campione.

Spettrofotometro ad assorbimento atomico AA 200

– *lampada rame* $\lambda = 324,75 \text{ nm}$

SLIT = 0,8/2,7 mm

corrente alimentazione = 15 mA

assorbanza tipica standard Cu 0.5 ppm (standard STD2)³ 0,070

l'energia iniziale della lampada di rame è 89.

– *lampada ferro* $\lambda = 248,33 \text{ nm}$

SLIT = 1,35/1,8 mm

corrente alimentazione = 30 mA

assorbanza tipica standard Fe 5 ppm (standard ST2)³ 0,300

l'energia iniziale della lampada di ferro è 74.

I campioni vengono aspirati dallo strumento introducendo un capillare nella bottiglia. Lo strumento esegue tre misure e fornisce un dato medio finale.

Dopo alcune analisi si fa aspirare una soluzione di acido nitrico per ripulire la fiamma.

5.2.7 Determinazione dell'ossigeno disciolto con Micrologger O2 Orbisphere

Si utilizza un elettrodo di Clark che è un elettrodo combinato costituito da un catodo d'oro e da un anodo d'argento. Questo elettrodo è un elettrodo selettivo per l'ossigeno; quindi per ottenere misure di ossigeno accettabili sono molto importanti le modalità di campionamento.

Si agita il campione per circa 1 minuto per mettere in equilibrio l'ossigeno presente nello spazio di testa con quello disciolto. Il sistema è costituito da un doppio ago che viene inserito nella bottiglia perforando il tappo. Viene creato un aumento di pressione attraverso l'immissione di azoto e in questo modo viene aspirato il vino che viene poi analizzato.

5.3 Analisi sensoriale

Il giorno prima del *panel test* sono state aperte le bottiglie in atmosfera inerte, utilizzando una cappa ad azoto, e sono state prelevate le aliquote di vino necessarie per le analisi.

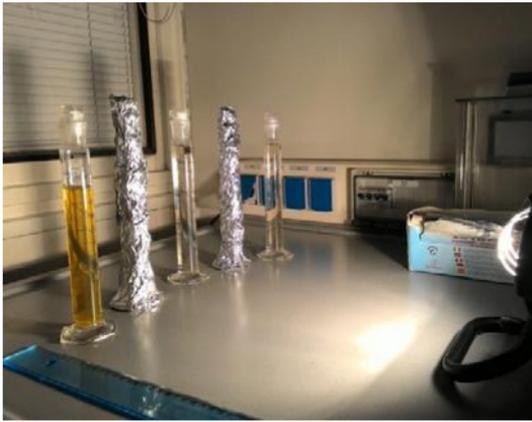
5.3.1 Cavit 2beta (studio pilota)

L'analisi sensoriale è stata organizzata in modo da procedere con quattro serie di vini, due Traminer e due Pinot grigio, rimasti alla luce per un diverso numero di giorni. Per entrambe le varietà una serie è rimasta sullo scaffale più alto (1), a diretto contatto con la luce, mentre un'altra proviene dallo scaffale più in basso (4), come riportato in Figura 10. In ogni serie è stato indicato il campione di riferimento (rimasto al buio) e si è richiesto di assegnare un valore da 0 a 10 in base all'intensità dell'aroma del gus-

to luce che viene percepita nei diversi campioni. L'ordine dei campioni è stato randomizzato in modo da influenzare l'analisi il meno possibile e per ridurre gli errorisistematici.

Prima di iniziare il test sono state utilizzate delle soluzioni standard per far sentire le diverse intensità aromatiche. Questi riferimenti sono stati preparati aggiungendo una concentrazione nota di riboflavina a un vino bianco neutro ed esponendolo ad una sorgente luminosa per 48 ore, posta ad una distanza di circa 50 cm.

Figura 14
**Campioni di vino esposti alla luce per
la preparazione degli standards**



Dopo le prime due serie di campioni si è deciso di fare una pausa per migliorare l'esecuzione del test.

Nell'appendice in fondo è riportato un fac-simile della scheda utilizzata per l'analisi sensoriale (Appendice Tab. 5).

5.3.2 Cavit 2

L'analisi sensoriale per questo esperimento è stata organizzata nello stesso modo di quella dello studio pilota utilizzando la medesima scheda (Appendice Tab. 5). Anche in questo caso l'ordine dei campioni è stato randomizzato. Visto l'elevato numero di campioni presenti si è deciso di dividere il test sensoriale in due giorni; uno per i due Pinot grigio e uno per i due Chardonnay.

5.4 Colorimetro

Il colore è una sensazione che percepiamo in seguito alla rifrazione o riflessione della luce che ha colpito la superficie di un oggetto. Per questo il colore che vediamo dipende sia dall'oggetto in questione, ma anche dal tipo di luce che riceve. La misura del colore del vino è un parametro che fornisce numerose informazioni. È una tecnica di colorimetria tristimolo dove viene descritto il colore usando tre attributi specifici: la tonalità, l'intensità e il cromatismo. In questo modo si riesce ad avere un'analisi rapida e precisa per il controllo delle caratteristiche cromatiche dei vini²⁴.

La misura del colore è stata effettuata utilizzando un colorimetro Minolta CM-3500d e l'illuminante utilizzato è di tipo C (luce diurna), temperatura di colore equivalente a 6774°K. La sorgente luminosa è una lampada Xenon pulsata ad alta intensità che illumina il campione in modo diffuso ed uniforme. Per i vini bianchi viene utilizzato un percorso ottico di 10 mm. Il vantaggio di quest'analisi sta nel fatto che non è necessaria alcuna preparazione preventiva, ma la misura viene eseguita direttamente sul campione tal quale.

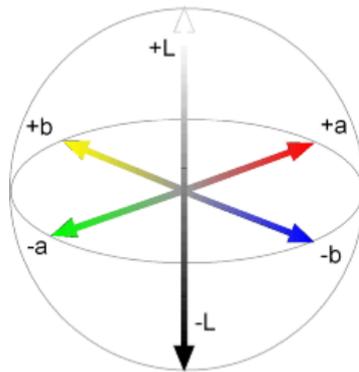
Lo strumento viene calibrato con acqua distillata prima di ogni sessione di misura. Le misure sono state effettuate

il giorno dell'apertura dei campioni, subito dopo l'analisi sensoriale, sul vino tal quale.

I parametri di misura del colore utilizzati in enologia sono:²⁴

- luminanza (L): indica la diversa intensità di luce. Ha una scala da 0 a 100 e assume valore 0 per il nero e 100 per il bianco;
- saturazione (Chroma, C*): indica quanto la tinta pura è diluita con il bianco. Varia da 0 (bianco) a 100;
- tinta (hue, h): definisce la tonalità del colore, è un angolo e si misura in gradi (rosso, giallo, verde, azzurro).

Figura 15
Spazio tridimensionale CIE-Lab



In altre parole la saturazione, chiamata anche cromaticità, va a definire l'intensità del colore. La luminanza invece, o luminosità, dà informazione sulla quantità di luce che viene assorbita dal campione in questione.

Questo metodo spettrofotometrico permette di calco-

lare e misurare le caratteristiche cromatiche del vino in uno spazio tridimensionale, racchiuso da tre assi cartesiani, noto anche come spazio CIE - Lab.

Lo spazio tridimensionale viene definito da delle coordinate (Fig. 15):

- asse verticale “Z”: contiene la coordinata che misura la Luminosità (L);
- assi orizzontali “X” ed “Y” che vanno a definire la cromaticità (C*) e la tonalità (h*).

La tonalità è definita dalla coordinata a^* sull’asse X che può essere positiva e quindi rappresentare una colorazione rossa, oppure negativa andando ad identificare una colorazione verde, e dalla coordinata b^* sull’asse Y che se positiva indica una colorazione gialla, mentre se negativa rappresenta il blu.

La cromaticità invece varia a seconda del valore che assume la coordinata lungo l’asse cartesiano: più il valore è vicino allo zero meno intenso è quel colore.

In particolare, visto che in questa tesi vengono presi in considerazione solo vini bianchi, il parametro a^* assumerà valori negativi andando ad identificare una colorazione tendente al verde, mentre il parametro b^* sarà positivo in quanto indica una colorazione gialla.

Per valutare le differenze colorimetriche tra due vini si utilizza una funzione matematica che va ad intersecare i valori della luminosità e delle coordinate a^* e b^* . Il simbolo di questo parametro è ΔE^* e si calcola con la seguente formula:

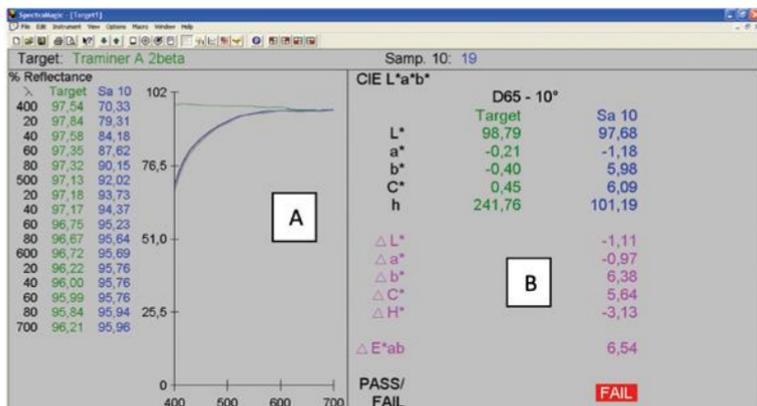
$$\Delta E^* = \sqrt{(L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2}$$

Procedura per l'analisi:

- il campione deve essere omogeneo e rappresentativo, se il vino non è limpido deve essere centrifugato. Se si opera con vini giovani o vini spumanti si deve eliminare l'anidride carbonica;
- si sceglie la cuvetta in vetro più adatta per la misura. Nel caso di vini bianchi e rosati si utilizza una cuvetta con un cammino ottico di 10 mm mentre per vini rossi si utilizza quella da 1mm;
- prima di procedere con la lettura dei campioni, si tara lo strumento con una soluzione simil-vino.

Di seguito viene preso in considerazione un esempio di lettura di una serie di campioni Pinot grigio effettuata con il colorimetro tristimolo. In particolare viene riportata la schermata del *software* SpectraMagic per lo spettrofotometro Minolta (Fig. 16). Sulla parte destra (B) si osservano le coordinate misurate del campione, mentre sulla sinistra (A) l'andamento dell'assorbanza tra 400 e 700 nm con la relativa rappresentazione grafica. La linea verde rappresenta la taratura eseguita al momento dell'accensione dello strumento, in questo caso effettuata con una soluzione simil-vino.

Figura 16
Videata software SpectraMagic. A: rappresentazione grafica dell'assorbanza dei diversi campioni, B: coordinate misurate del campione analizzato



5.5 Spettrofotometro

Lo spettrofotometro UV-visibile è uno strumento che si basa sull'assorbimento di radiazioni elettromagnetiche monocromatiche, da parte delle molecole, nel campo dell'UV-visibile. È una tecnica che permette di determinare qualitativamente e quantitativamente numerose sostanze.

Dopo aver eseguito la taratura dello strumento con una soluzione simil-vino si procede alla lettura dei diversi campioni utilizzando delle cuvette in plastica ed effettuando una misura contro bianco. Negli spettrofotometri a doppio fascio la presenza della cuvetta del bianco assieme a quella del campione permette di correggere immediatamente il dato ed eliminare eventuali interferenze.

In pratica, una certa intensità di luce monocromatica

incidente (I_0) viene fatta passare attraverso la cuvetta contenente il campione che assorbirà una parte della radiazione e lascerà passare la rimanente (I).

Si definisce trasmittanza (T) il rapporto tra l'intensità della radiazione in uscita e quella in entrata

$$T = \frac{I}{I_0}$$

L'assorbimento di luce da parte del campione viene definito dall'assorbanza (A) calcolato con il logaritmo dell'inverso della trasmittanza

$$A = \log \frac{1}{T}$$

L'assorbanza viene determinata dalla legge di Lambert-Beer:

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot C$$

dove:

- ε rappresenta il coefficiente di estinzione molare;
- b rappresenta il cammino ottico che equivale allo spessore in cm della soluzione attraversata dalla luce monocromatica;
- C è la molarità della soluzione.

5.6 Ossigeno NomaSense

La misura della concentrazione dell'ossigeno è un dato molto importante in quanto la quantità di ossigeno è un elemento fondamentale per l'avvio di numerose reazioni di ossidazione che influenzano la durata e la qualità del prodotto. NomaSense è basato sulla tecnologia dell'oxoluminescenza a fibre ottiche. I sensori vengono posizionati nelle bottiglie campione e poi vengono attivati attraverso una luce blu trasmessa attraverso una bacchetta a fibra ottica. Il sensore risponde emettendo una luce rossa che indica la presenza di ossigeno. Un analizzatore traduce l'intensità della luce rossa in un livello specifico di concentrazione dell'ossigeno. Quest'analisi ha il vantaggio di non essere né invasiva, né distruttiva e quindi permette di monitorare l'andamento dell'ossigeno nel tempo, ad esempio all'interno di una bottiglia, ma non solo¹⁸.

Figura 17
Particolare durante la misura dell'ossigeno disciolto con sonda NomaSense



Ogni dispositivo è dotato di una sonda di temperatura e di un barometro per correggere i dati prendendo in considerazione le influenze derivanti da temperatura e pressione. Oltre alla misura dell'ossigeno disciolto è possibile misurare anche la concentrazione dell'ossigeno nello spazio di testa applicando un sensore nella parte alta della bottiglia e inserendo il dato del volume dello spazio della bottiglia occupato dall'aria¹⁸.

5.7 UPLC-MS/MS

L'analisi è stata condotta utilizzando il sistema "Waters Acquity UPLC" composto da una pompa binaria, da un autocampionatore refrigerato, da un sistema di degasaggio in linea e da una colonna accoppiata a un rivelatore, uno spettrometro di massa Water Xevo triplo-quadrupolo. L'analisi polifenolica è stata eseguita seguendo il procedimento Vrhovsek et al. Con una colonna Waters acquity HSS T3 (1,8 μm , 150 mm x 2.1 mm, temperatura 40 °C; Milford, MA, USA). Il volume di iniezione è di 10 μL . L'iniezione dei campioni è stata condotta seguendo la sequenza randomizzata, usata per l'analisi sensoriale, suddividendo i campioni per varietà. I campioni QC sono stati iniettati tre volte all'inizio della sequenza e poi ogni 10 campioni reali. È stato preparato un QC per i Traminer, uno per i Pinot grigio e uno per gli Chardonnay, mescolando un'aliquota proveniente da tutti i campioni²³.

5.8 Sensori "Wenda"

I sensori Wenda vengono applicati al collo della bottiglia (Fig. 18). Permettono di monitorare i parametri che influenzano lo stato di conservazione del vino. Vengono misurati la temperatura, la radiazione ricevuta e l'inclinazi-

one della bottiglia. Inoltre è presente un sensore anticontraffazione che indica se il dispositivo viene staccato dalla bottiglia. Il dispositivo, unito alla bottiglia, memorizza i dati dei sensori; un'App permette di leggere i dati dei parametri e di accedere ad una piattaforma Cloud dove è possibile conservare e controllare tutti i dati misurati. Per maggiori informazioni sui dispositivi è possibile consultare la pagina web dell'azienda al sito www.wenda-it.com.

Figura 18
Sensori Wenda



6 Risultati e discussioni

6.1 Analisi Cavit: Foss, Orbisphere, HPLC

6.1.1 Cavit 2 beta

I dati delle analisi di base effettuate all'imbottigliamento e alla fine dell'esperimento sono riportati nella tabella nell'appendice. Per quanto riguarda i parametri misurati non si sono notate differenze statisticamente significative ad eccezione dell'ossigeno disciolto (Appendice Tab. 6).

Essendo questi vini dell'annata 2014 i livelli di ossigeno in partenza sono già bassi. Già dopo quattordici giorni dall'imbottigliamento, periodo in cui i vini sono rimasti al buio, ad una temperatura inferiore ai 10° C, la concentrazione di ossigeno disciolto cala rapidamente fino a 0,31 ppm per il Pinot grigio e 0,11 ppm per il Traminer. Questa concentrazione si abbassa ulteriormente nei primi giorni di esposizione alla luce, per poi tendere allo zero.

Nell'appendice nelle Tabelle 1 e 2 sono riportati i dati analitici di base dell'esperimento pilota.

6.1.2 Cavit 2

Anche per questo esperimento sono state ripetute le stesse analisi di base di quello precedente e si è giunti alle stesse conclusioni. Nelle Tabelle 3 e 4 dell'appendice sono riportati i dati analitici di base della bottiglia testimone (tempo 0) e di quelle rimaste per 50 giorni alla luce (scura e chiara). Sono stati comunque analizzati tutti i punti di campionamento, sia per le bottiglie chiare che per quelle scure. L'unica differenza statisticamente significativa si è rilevata nella misura della concentrazione di ossigeno con Orbisphere (paragrafo 6.5.1; Appendice Tab. 3).

6.2 Analisi sensoriale

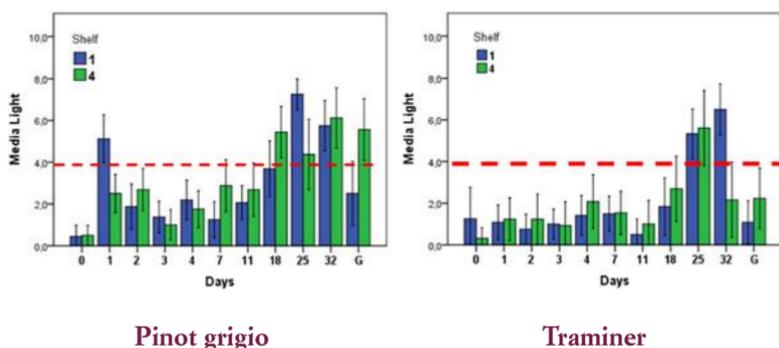
6.2.1 Cavit 2 beta

I risultati del panel sensoriale sono riportati nei grafici in Figura 19.

Figura 19

Risultati analisi sensoriale primo esperimento:

1: ripiano più in alto dello scaffale vicino alla luce; 4: ripiano più basso



Si può notare che il panel è riuscito ad evidenziare delle differenze tra i campioni all'aumentare del periodo di esposizione alla luce. In ognuno dei due grafici sono riportate le due serie di vini. Il numero 1 corrisponde al ripiano dello scaffale posizionato più in alto, quindi a diretto contatto con la luce, mentre il numero 4 indica il ripiano più basso (Fig. 10).

In particolare nelle due serie di Pinot grigio si nota come il difetto venga percepito in maniera evidente dopo 18 giorni di esposizione alla luce, per poi aumentare ancora nei campioni a 25 e 32 giorni (sopra il valore 4 come descritto sulla scheda utilizzata nell'analisi sensoriale Appendice Tab. 5). Il campione "G" corrisponde alla botti-

glia scura rimasta per 32 giorni alla luce. Da notare come la presenza del difetto non venga avvertita o comunque non sia statisticamente distinguibile dai campioni rimasti per pochi giorni alla luce, ad eccezione del campione posizionato nello scaffale più in basso (4). Si può vedere anche come il campione rimasto per un giorno alla luce, sullo scaffale più in alto, sia stato indicato come difettoso.

Per quanto riguarda il Traminer si può subito evidenziare che fino a 18 giorni di esposizione alla luce il panel non è stato in grado di individuare differenze tra i campioni. Gli unici vini difettosi sono risultati quelli rimasti per 28 e 32 giorni alla luce. Si nota, in maniera ancora più evidente rispetto al Pinot grigio, la differenza tra il campione 32 e G. Anche in questo caso entrambi sono rimasti sullo scaffale per 32 giorni, ma il campione G, che rappresenta la bottiglia scura, ha evitato la comparsa del difetto.

Dai risultati si può anche vedere come nel Pinot grigio questo difetto venga percepito dopo meno giorni di esposizione alla luce e con un'intensità inferiore rispetto al Traminer. Questo può essere dovuto anche al fatto che il Pinot grigio, essendo una varietà meno aromatica, permette di riconoscere più facilmente dei cambiamenti rispetto al testimone. Al contrario il Traminer, grazie alla sua carica aromatica, tende a nascondere il difetto della nota di luce e quindi presumibilmente può essere considerata anche una varietà che sopporta un maggior periodo di esposizione, non perché non avvengano queste reazioni chimiche, ma per la sua grande capacità di mascherarle dal punto di vista olfattivo.

In entrambe le varietà non ci sono differenze statisticamente significative dal punto di vista sensoriale tra i campioni rimasti più vicini alla luce e quelli posizionati sullo scaffale più in basso.

6.2.2 Cavit 2

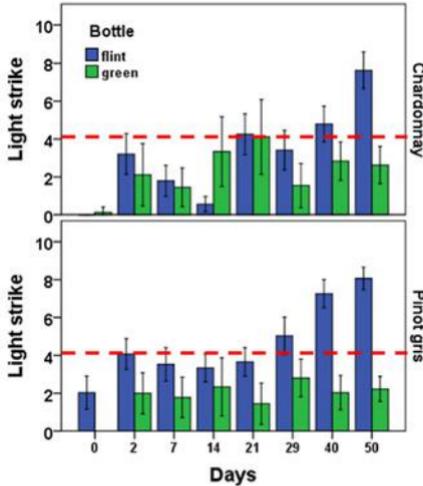
Per tutti e quattro i vini è stata eseguita una valutazione sensoriale organizzata in due settimane. Una prima analisi sensoriale è stata fatta a Cavit, un giorno per i Pinot e uno per gli Chardonnay con un totale di 12 persone.

Una seconda analisi, su bottiglie diverse, è stata condotta presso la Fondazione Edmund Mach, sempre in due giornate con 28 persone. Tutti i dati sono stati aggregati ottenendo così un totale di 40 giudici.

Anche questa volta i campioni sono stati presentati secondo una sequenza randomizzata ed è stato chiesto di esprimere un giudizio quantitativo in termini di intensità della nota di luce con una scala da 0 a 10. Il fac-simile della scheda utilizzata per l'analisi sensoriale è lo stesso dell'esperimento pilota (Appendice Tab. 5).

Di seguito sono riportati i dati ottenuti dall'analisi sensoriale relativi solo al Pinot grigio 1 e allo Chardonnay 1, in quanto per gli altri due vini non si sono avute differenze statisticamente significative. In entrambi i casi si conferma che la maggior parte dei giudici inizia a riconoscere il difetto della nota di luce, con una differenza statisticamente significativa, dopo circa 29 giorni di esposizione nei vini conservati in bottiglia chiara per il Pinot grigio e dopo circa 40 giorni per lo Chardonnay (Fig. 20).

Figura 20
Risultati analisi sensoriale Chardonnay 1 e Pinot grigio 1



6.3 Colorimetro

6.3.1 Cavit 2 beta

Visto il ridotto numero di bottiglie utilizzato per questo esperimento di prova, i dati riportati sono stati ottenuti misurando per tre volte la stessa bottiglia.

Da una prima analisi dei parametri dei dati del colorimetro si nota che si riescono a distinguere in maniera molto evidente i due gruppi di campioni (Fig. 21). I Traminer si collocano nella parte alta del grafico. Questo significa che sono caratterizzati da una componente gialla (parametro b^*) più carica dei Pinot e anche da delle note tendenti al verde (a^*). I vini contrassegnati dal numero 1 sono quelli posizionati sullo scaffale più vicino alla luce, mentre il numero 4 si riferisce al ripiano più in basso (Fig. 10).

Figura 21
Grafico colorimetro Pinot grigio e Traminer (parametri a^* e b^*)

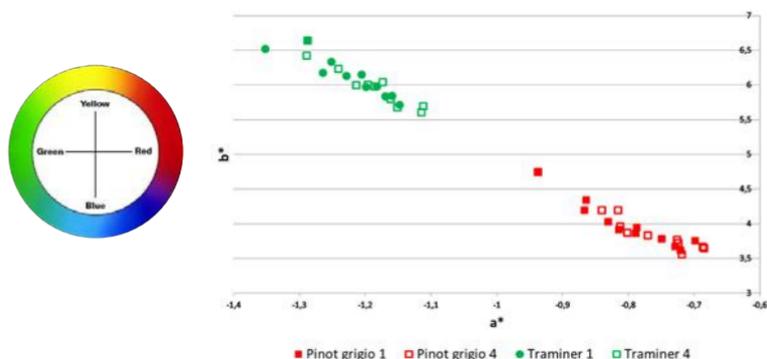
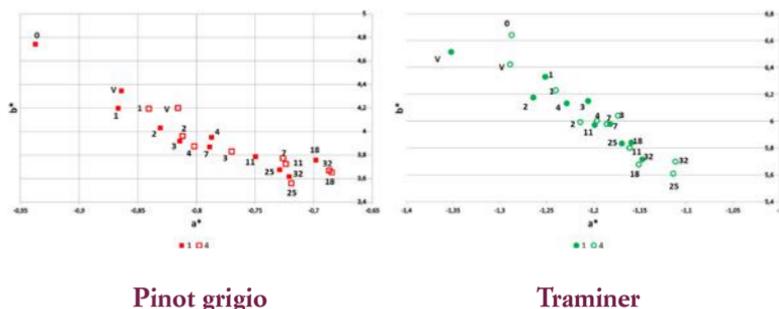


Figura 22
Grafici colorimetro dei parametri a^* e b^* di Pinot grigio e Traminer esposti su scaffale per un diverso numero di giorni



Questi grafici (Fig. 22), relativi a Pinot grigio e Traminer dei due scaffali presi in considerazione mostrano i cambiamenti di colore dei diversi campioni con l'aumentare dei giorni di esposizione alla luce. Sono stati considerati i parametri CieLAB a^* e b^* . Il parametro b^* aumenta all'au-

mentare della colorazione gialla, mentre il parametro a^* diminuisce all'aumentare della colorazione verde. In entrambi i casi, sia il testimone (0) che i campioni in bottiglia scura (V) si distinguono bene dagli altri perché si collocano ad un'estremità del grafico, dove i valori di b^* sono più elevati e a^* sono più negativi. Con l'aumentare dei giorni di esposizione alla luce si può notare che sia il parametro b^* che a^* tendono a diminuire. Significa quindi che si ha una riduzione della componente gialla, più evidente, che di quella verde.

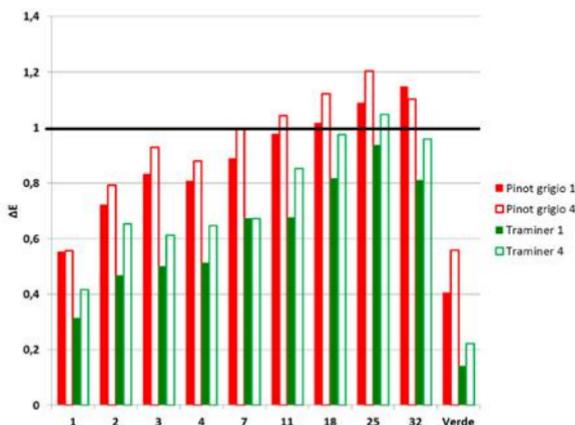
Nel prossimo grafico (Fig. 23) invece sono rappresentati i valori di ΔE^* delle quattro diverse serie di vini analizzati calcolati con la formula spiegata precedentemente (vedi materiali e metodi).

La formula permette di esprimere numericamente la differenza globale tra due colori. Dal punto di vista pratico questi valori sono determinati dalla distanza euclidea tra due punti nello spazio tridimensionale $CIE L^*a^*b^*$.

Dal punto di vista empirico si considera indistinguibile un colore all'occhio umano se ha un ΔE^* inferiore a 1^{25} . Più è alto questo valore più l'occhio umano riesce a distinguere le differenze tra due campioni. Nel caso in questione si vede che per il Traminer, per tutti i punti campionati, il valore ΔE^* rimane sempre sotto la soglia identificata, seppur incrementando all'aumentare dell'esposizione del vino alla luce. Per i Pinot grigio, i valori di ΔE^* sono più elevati se confrontati con la varietà precedente e, nei campioni con maggior esposizione alla luce (11, 18, 25, 32 giorni) i valori sono vicini, se non superiori a 1. Questo potrebbe derivare anche dal fatto che il Traminer presenta già di suo una colorazione più accentuata rispetto al Pinot grigio, come spiegato anche precedentemente nel grafico che riporta l'andamento del parametro b^* (colorazione gialla).

Quindi può risultare più difficile notare una piccola perdita di colore su una varietà molto ricca rispetto ad una che ne ha già poco in partenza.

Figura 23
Grafico ΔE dei diversi vini utilizzati
nell'esperimento Cavit 2beta



6.3.2 Cavit 2

Di seguito vengono analizzati i dati raccolti con il colorimetro Minolta per l'esperimento Cavit 2. In generale i dati raccolti confermano l'andamento dell'esperimento preparatorio, condotto su vini dell'annata precedente (2014). In questo caso però per ogni punto di campionamento sono state misurate dalle due alle quattro bottiglie. Si ha quindi una variabilità biologica dei campioni molto più elevata con una conseguente maggior significatività dei dati raccolti.

Nei primi due grafici sono riportati i parametri b^* (colorazione gialla) e a^* (colorazione verde) relativi ai due vini Pinot grigio (Fig. 24 e 25).

Figura 24
Parametri a^* e b^* colorimetro Minolta relativi al Pinot grigio 1

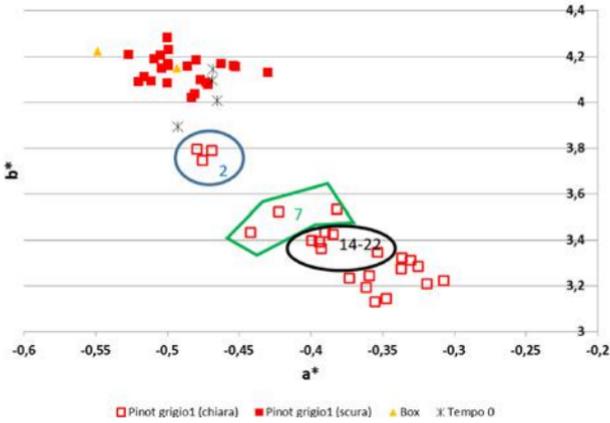
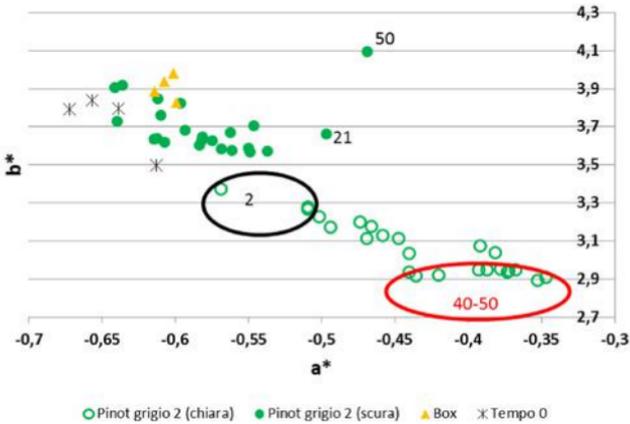


Figura 25
Parametri a^* e b^* colorimetro Minolta relativi al Pinot grigio 2



I dati sono ripartiti in quattro gruppi per suddividere il tempo 0 (buio, $T < 10^{\circ}\text{C}$), da Box (buio, temperatura ambiente), dalle bottiglie chiare e scure rimaste per un periodo diverso alla luce.

In entrambi i casi si riescono a separare nettamente i due gruppi di bottiglie in base al colore del vetro. Le bottiglie color verde scuro mantengono valori del parametro b^* relativamente costanti, anche dopo 50 giorni di esposizione alla luce, che si avvicinano a quelli del tempo 0.

Nel caso delle bottiglie chiare, già dopo 2 giorni di esposizione alla luce, si ha un netto calo del parametro b^* che indica la perdita della colorazione gialla, che diminuisce ancora nelle bottiglie rimaste per più giorni alla luce. Anche per il parametro a^* si nota un decremento all'aumentare dei giorni di esposizione alla luce.

In entrambi i casi si nota come i campioni presi come riferimento e rimasti al buio a differenti temperature di conservazione si collocano nella stessa zona del grafico.

Nel caso specifico della bottiglia scura del secondo Pinot grigio ci sono due punti di campionamento (21 e 50 gg) che si scostano dagli altri. Possono essere considerati come degli outlier (valore anomalo) visto che per entrambe le date sono state misurate altre tre bottiglie.

I prossimi grafici riportano le stesse misure appena descritte, ma per gli altri due vini Chardonnay (Fig. 26 e 27). Anche in questo caso viene riportato lo stesso andamento, con una diminuzione di entrambi i parametri a^* e b^* con l'aumentare dei giorni di esposizione alla luce.

Per entrambi i vini i testimoni rimasti al buio a temperatura diversa sono ben raggruppati e la stessa cosa vale per i campioni conservati nelle bottiglie scure. Nuovamente, già dopo 2 - 7 giorni di esposizione alla luce si ha un rapido calo del parametro b^* come pure del parametro a^* , seppur in maniera meno accentuata.

Figura 26
Parametri a^* e b^* colorimetro Minolta relativi allo Chardonnay 1

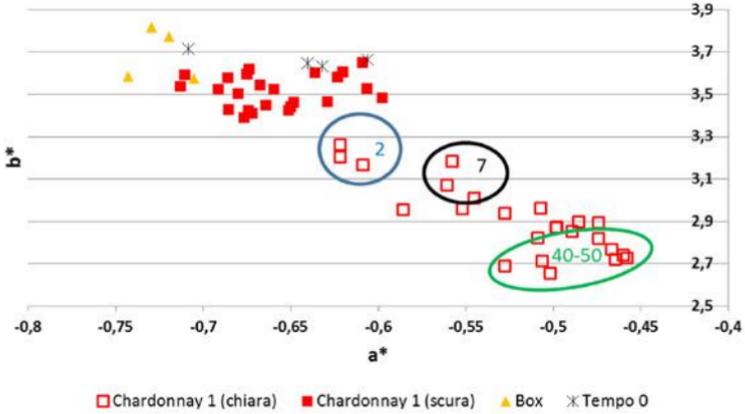
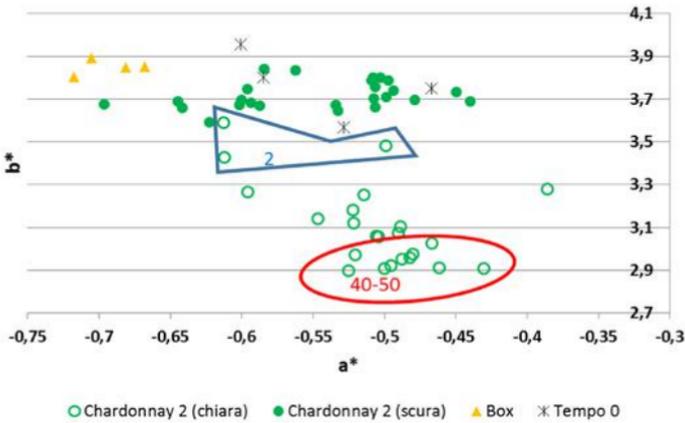


Figura 27
Parametri a^* e b^* colorimetro Minolta relativi allo Chardonnay 2



I prossimi grafici riportano il ΔE^* dei quattro vini oggetto della tesi (Fig. 28 e 29). Questo parametro, calcolato utilizzando i dati ottenuti dal colorimetro, permette di definire le variazioni subite dal colore rispetto al tempo 0. Empiricamente, come riportato nella pubblicazione di Figueredo-Gonzalez et al. (2013)²⁶, viene considerato distinguibile un colore, dall'occhio umano, solo se il ΔE^* assume valori superiori a 1²⁷. In questo caso per entrambi i vini il valore di ΔE^* per le bottiglie scure è molto basso, inferiore a 0,2. Per quelle chiare invece assume valori relativamente più elevati, che incrementano con il tempo di esposizione alla luce, ma che rimangono comunque sotto la soglia 1. Significa quindi che, per questa durata di esposizione a scaffale. Le differenze cromatiche registrate usando il colorimetro non sono visibili dall'occhio umano. In entrambi i grafici si può notare come la differenza di ΔE^* tra la bottiglia chiara e la bottiglia scura è molto grande già dopo 2, 7 giorni di esposizione e che a partire da 7 giorni la variazione di colore è circa 4 volte superiore nella bottiglia chiara rispetto alla scura.

Figura 28
Grafico ΔE Pinot grigio

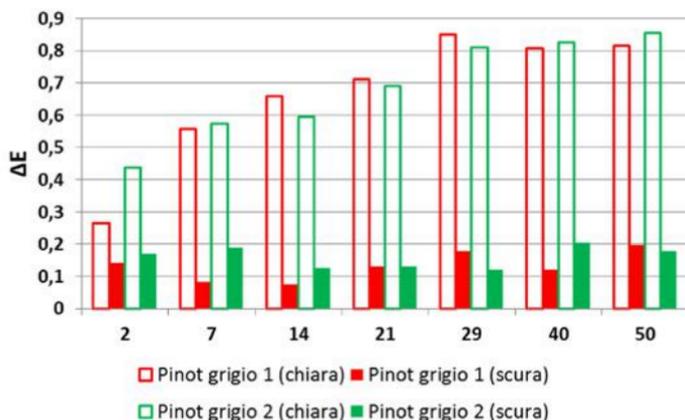
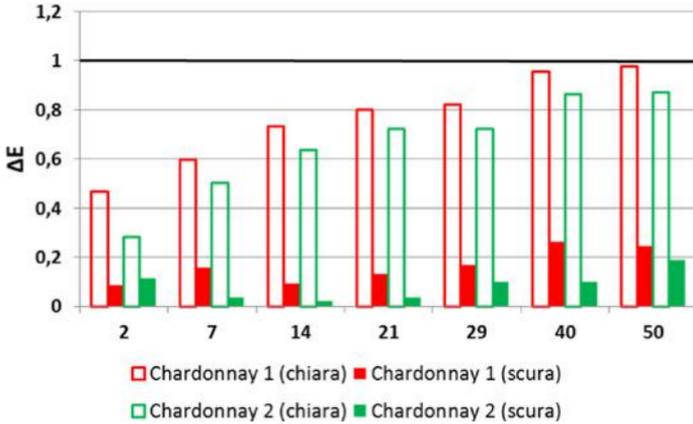


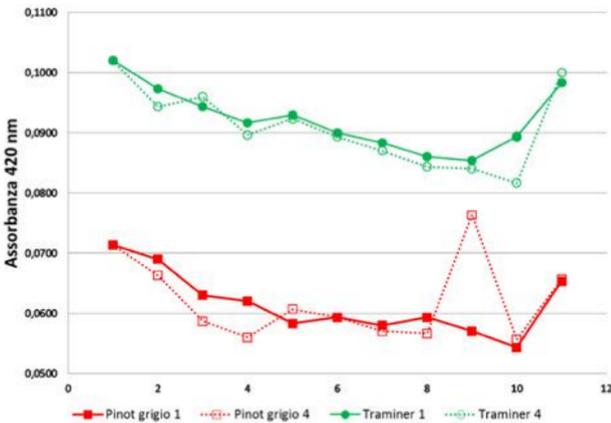
Figura 29
Grafico ΔE Chardonnay



6.4 Spettrofotometro

6.4.1 Cavit 2 beta

Figura 30
Grafico assorbanza a 420 nm dei vini Pinot grigio e Traminer



Questo grafico (Fig. 30) riporta i valori di assorbanza misurati con lo spettrofotometro alla lunghezza d'onda di 420 nm. L'assorbanza misurata a 420 nm si riferisce alla colorazione gialla dovuta ai tannini. In particolare sono riferiti alle due varietà oggetto della tesi. Le curve identificate con una linea continua rappresentano i campioni conservati sullo scaffale più in alto vicino alla luce. Le linee tratteggiate invece si riferiscono ai campioni dell'ultimo scaffale più lontano dalla luce. Sull'asse delle ascisse sono posizionati i campioni con ordine crescente di esposizione alla luce (0, 1, 2, 3, 4, 7, 11, 18, 25, 32 giorni). L'ultimo punto è riferito alla bottiglia scura rimasta per 32 giorni alla luce. Si può notare fin da subito che praticamente non esiste una differenza significativa dei dati di assorbanza tra i campioni conservati sullo scaffale più vicino alla luce e quello più lontano. Con l'aumentare dei giorni di esposizione alla luce per entrambe le varietà si ha una diminuzione del valore di assorbanza misurato a 420 nm ad eccezione dell'ultimo punto, riferito alla bottiglia scura, che mostra un valore di assorbanza simile a quello dei primi punti. Questo a testimonianza del fatto che la bottiglia scura garantisce una maggior protezione nei confronti della luce. Nel caso del Pinot grigio un campione può essere considerato come outlier (25 giorni Pinot grigio 4). Il grafico inoltre mette in evidenza la possibilità di separare nettamente i vini appartenenti alle due varietà. Il Traminer ha dei valori di assorbanza molto più elevati del Pinot grigio, caratteristica che si può ben apprezzare anche visivamente, in quanto presenta una colorazione gialla molto più intensa.

6.4.2 Cavit 2

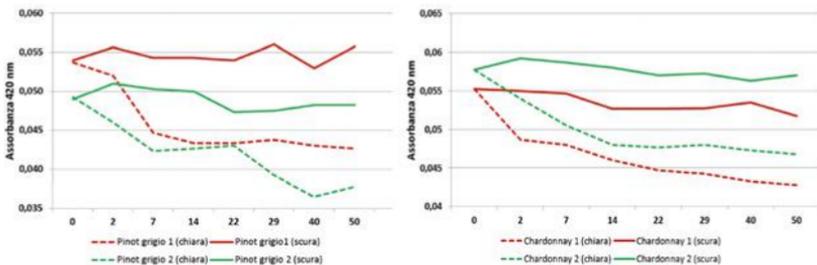
I dati riportati nel grafico sono ottenuti dalla media di più bottiglie analizzate per ogni punto di campionamento,

da un minimo di due a un massimo di quattro bottiglie per ogni data (Fig. 31).

Come per l'esperimento precedente si conferma il trend decrescente all'aumentare dell'esposizione alla luce, andamento opposto rispetto a quello riportato in letteratura dove le misure venivano fatte su soluzioni simil-vino, aggiunte di catechina e *epi*-catechina, e si vedeva un incremento dell'assorbanza sulle bottiglie rimaste alcune ore alla luce^{4, 12}. Secondo Dias et al. il pigmento xanthylum è stato identificato come componente che contribuisce a incrementare il colore. Sembra che derivi dall'ossidazione dell'acido tartarico che viene degradato a gliosale e acido gliossilico. Questi in presenza di flavan-3-oli danno origine a un pigmento giallo, il catione xanthylum.

Per tutti e quattro i vini la bottiglia scura mantiene valori simili di assorbanza a 420 nm per tutti i punti di campionamento. Per la bottiglia chiara invece già dopo 2 - 7 giorni di esposizione alla luce si ha un rapido decremento, che va a confermare i dati ottenuti dal colorimetro.

Figura 31
Assorbanza a 420 nm dei campioni di Pinot grigio e Chardonnay in bottiglia scura e bottiglia chiara



6.5 Ossigeno

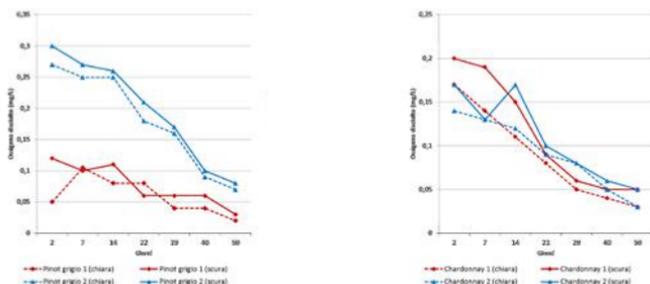
6.5.1 Ossigeno Orbisphere

A differenza dell'esperimento pilota, nell'esperimento Cavit 2 si è misurato l'ossigeno disciolto con lo strumento Orbisphere per ogni punto di campionamento per entrambe le tipologie di bottiglie (chiara e scura).

Nei grafici sottostanti (Fig. 32) viene riportata la concentrazione di ossigeno disciolto per i quattro vini suddividendoli in base al colore della bottiglia.

La concentrazione di ossigeno disciolto dopo due giorni di esposizione alla luce si aggira tra 0,15 e 0,30 mg/L sia per il Pinot grigio 2 che per le due tipologie di Chardonnay con un contenuto leggermente superiore per la bottiglia scura. Per il Pinot grigio 1 invece il valore di partenza è molto più basso, attorno a 0,1 mg/L. Già dopo 15 giorni di esposizione alla luce la concentrazione di ossigeno per entrambi gli Chardonnay è inferiore a 0,1 mg/L. Per il Pinot grigio 2, invece, questa situazione si raggiunge dopo circa 40 giorni di esposizione alla luce, considerando però che partiva da una concentrazione iniziale più elevata (Fig. 32).

Figura 32
Ossigeno disciolto (Orbisphere)



Ossigeno disciolto Pinot grigio

Ossigeno disciolto Chardonnay

6.5.2 Ossigeno NomaSense

Nell'esperimento pilota è stata monitorata la concentrazione dell'ossigeno disciolto per entrambi i vini, misurando tre bottiglie diverse. La concentrazione iniziale dell'ossigeno all'imbottigliamento era già molto bassa (vini annata 2014) e dopo pochi giorni non era più rilevabile (Appendice Tab. 1 e Tab. 6).

Per l'esperimento Cavit 2, per ognuno dei quattro vini, è stato seguito l'andamento della concentrazione dell'ossigeno disciolto e dello spazio di testa utilizzando i sensori NomaSense. I dati riportati nei grafici in Figura 33 e Tabella 7 sono ottenuti dalla media delle misure derivanti da tre bottiglie esposte alla luce sullo scaffale in posizioni diverse. Il punto di partenza (16.12.2015) corrisponde al giorno in cui le bottiglie sono state esposte sullo scaffale, a distanza di circa 5 - 10 giorni dall'imbottigliamento. In questo periodo le bottiglie sono rimaste al buio a una temperatura inferiore ai 10°C.

In questo caso i contenuti di ossigeno di partenza sono più elevati. Per il Pinot grigio si va da 1,40 a oltre 3 mg/L di ossigeno totale, quasi completamente come ossigeno presente nello spazio di testa. Per lo Chardonnay invece i valori iniziali sono più elevati, da 2 a oltre 5 mg/L. La frazione dell'ossigeno disciolto oscilla tra 0,2 e 0,5 mg/L con l'eccezione di uno Chardonnay che supera 1 mg/L.

Per tutti e quattro i vini, già dopo due giorni, la concentrazione dell'ossigeno dello spazio di testa scende sotto 0,2 mg/L che conferma quanto visto nei dati precedenti nelle misure effettuate con Orbisphere e ne rafforza il risultato visto che c'è una maggior variabilità biologica.

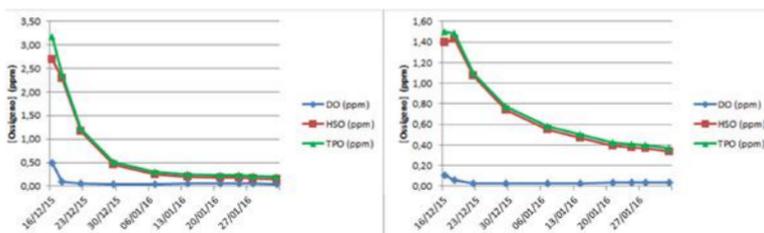
In questo caso però si può vedere che rimane comunque una frazione di ossigeno all'interno dello spazio di tes-

ta che viene consumata, ma molto più lentamente. Dopo circa 15 - 20 giorni di esposizione alla luce la concentrazione dell'ossigeno nello spazio di testa si dimezza rispetto a quella iniziale. Al termine dell'esperimento, dopo 50 giorni, la concentrazione di ossigeno è risultata inferiore a 0,5 mg/L per tutti i vini.

Per quanto riguarda invece la diversa posizione delle bottiglie sullo scaffale e quindi la distanza dalla luce non si sono viste differenze significative a livello di velocità di consumo dell'ossigeno.

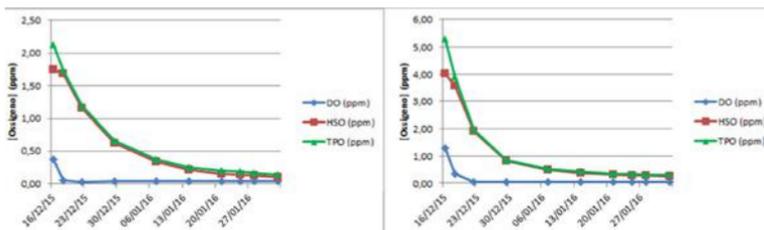
Figura 33

Andamento nel tempo della concentrazione di ossigeno disciolto (DO), ossigeno dello spazio di testa (HSO) e ossigeno totale (TPO) per i quattro vini oggetto della tesi esposti alla luce sullo scaffale



**Concentrazione ossigeno
Pinot grigio 1**

**Concentrazione ossigeno
Pinot grigio 2**



**Concentrazione ossigeno
Chardonnay 1**

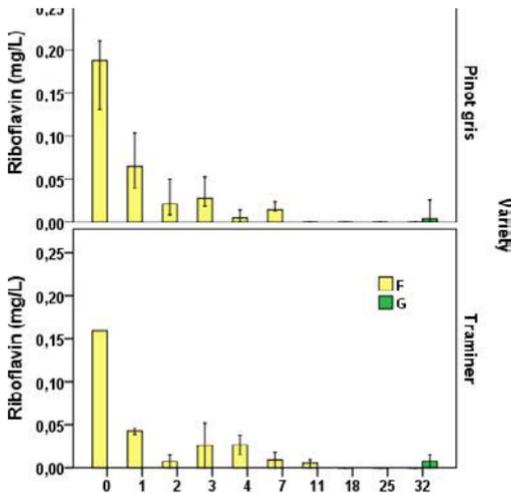
**Concentrazione ossigeno
Chardonnay 2**

6.6 UPLC-MS/MS

6.6.1 Cavit 2 beta

Figura 34

Grafico concentrazione riboflavina nei vini Pinot grigio e Traminer dell'esperimento Cavit 2 beta



Dai risultati delle analisi UPLC-MS/MS si nota come il contenuto di riboflavina crolla rapidamente dopo poche ore di esposizione alla luce (Fig. 34). Già dopo ventiquattrore la concentrazione di riboflavina è più che dimezzata e dopo quattro-sette giorni non è più rilevabile. Nelle bottiglie scure rimaste per 32 giorni alla luce si può misurare ancora un contenuto di riboflavina, seppur basso (G). Questo è dovuto al fatto che la bottiglia color verde scuro è in grado di schermare la radiazione attorno ai 520 nm a differenza di tutte le bottiglie chiare che non lasciano passare solo la radiazione inferiore a 300 nm. Uno dei pic-

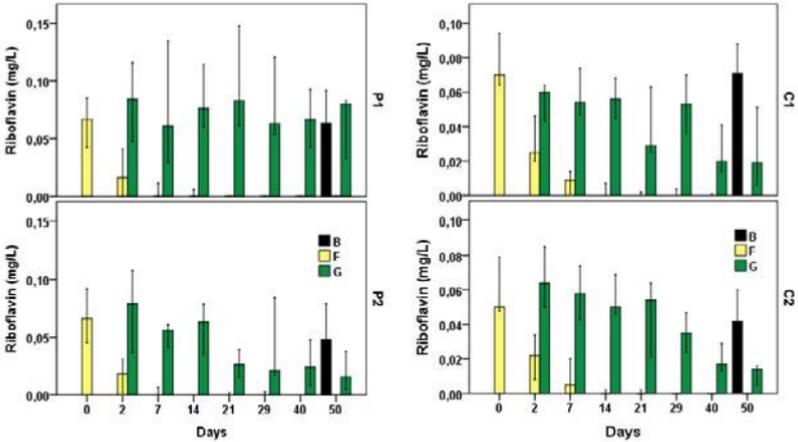
chi di massimo assorbimento della riboflavina si colloca attorno a 450 nm. La presenza di concentrazioni rilevabili di riboflavina nella bottiglia color verde scuro può essere dovuta proprio al fatto che è in grado di bloccare una parte di questa radiazione, riducendo la cinetica di degradazione.

Tutti gli altri dati ottenuti dalle analisi UPLC-MS dei principali metaboliti ricercati sono riportati nella tabella in fondo (appendice Tab. 8).

6.6.2 Cavit 2

I risultati delle analisi mostrano come dopo due giorni di esposizione alla luce, in bottiglia chiara (F), la concentrazione di riboflavina è più che dimezzata rispetto a quella del tempo 0 (Fig. 35). Dopo sette giorni di esposizione non è più presente. Per quanto riguarda la bottiglia scura (G) invece la concentrazione rimane abbastanza stabile, con una tendenza al decremento dopo 50 giorni di esposizione alla luce. L'istogramma identificato dalla lettera B rappresenta il campione rimasto per 50 giorni al buio, ma nella stessa stanza dell'esperimento, quindi a una temperatura più elevata rispetto al tempo 0. (La temperatura oscilla tra i 14 e i 23° C rispetto a quella del tempo 0 che rimane costantemente sotto i 10°C).

Figura 35
Grafico concentrazione media riboflavina nei campioni Pinot grigio (P1 e P2) e Chardonnay (C1 e C2) in bottiglia chiara (F) e scura (G) esposti per 50 giorni alla luce (paragrafo 6.3)



Concentrazione riboflavina Pinot grigio

Concentrazione riboflavina Chardonnay

La rapida degradazione della riboflavina (gialla) può spiegare la perdita di colore, misurata con il parametro b^* , che si registra nelle bottiglie chiare già dopo 2 - 7 giorni di esposizione alla luce (paragrafo 6.3).

6.7 Sensori “Wenda”

6.7.1 Cavit 2 beta

Su ogni scaffale è stato applicato un sensore in modo da avere una situazione rappresentativa dell’ambiente in cui sono stati conservati i vini. In totale sono stati utilizzati otto sensori: 4 per il Pinot grigio e 4 per il Traminer.

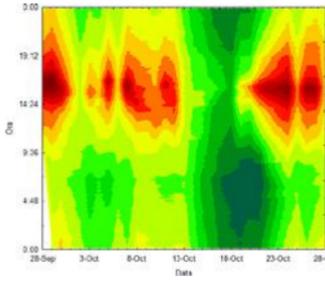
In questa prima fase i dati raccolti sono serviti principalmente per verificare la funzionalità dei sensori e l'utilità effettiva dei dati misurati. (temperatura, visibile, UV e infrarosso). Per questo riporto solo i dati di due sensori. Nell'esperimento successivo, visto l'elevato numero di sensori applicati (35), verranno descritti più accuratamente i dati raccolti.

Il sensore 1 è quello installato sullo scaffale più alto, mentre il numero 2 corrisponde allo scaffale più in basso, entrambi rivolti verso la finestra. È importante ricordare che le finestre sono prive di tende, quindi per gran parte del pomeriggio la luce del sole entra nella stanza colpendo direttamente le bottiglie situate sugli scaffali più in basso. In questo caso i grafici rappresentano l'andamento della temperatura, della radiazione visibile e ultravioletta per tutta la durata del primo esperimento, dal 28 settembre 2015 al 28 ottobre 2015 (Fig. 36). I dati raccolti sono risultati molto utili soprattutto per tarare l'esperimento successivo.

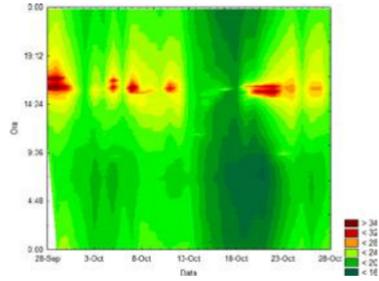
Per quanto riguarda la temperatura si nota subito come ci sia una grande differenza tra il sensore posizionato più in alto (1) e quello più in basso (2). Questo perché la luce del sole, tra le ore 14.00 e le ore 17.00 entrava direttamente dalla finestra colpendo direttamente le bottiglie posizionate più in basso.

Si può notare lo stesso effetto anche per la radiazione visibile e UV. Infatti il picco di radiazione massimo, sempre collocato nel pomeriggio, risulta essere più di 20 volte più elevato per lo scaffale colpito direttamente dal sole rispetto a quello situato in alto. Appare evidente che l'utilizzo di questo tipo di sensori può permettere di ottenere informazioni di estrema importanza pratica sulla idoneità di uno specifico posizionamento in scaffale.

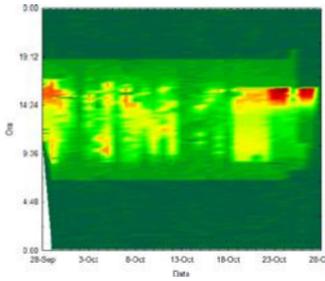
Figura 36
Dati sensori “Wenda” Cavit 2 beta



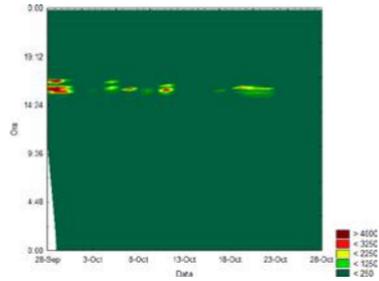
Temperatura (°C)
 sensore 1 (scaffale alto)



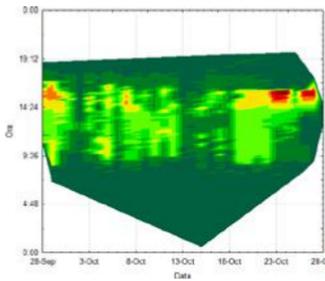
Temperatura (°C)
 sensore 2 (scaffale basso)



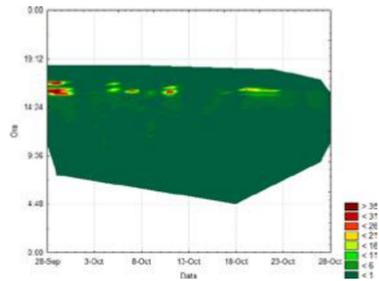
Radiazione visibile (lux)
 sensore 1 (scaffale alto)



Radiazione visibile (lux)
 sensore 2 (scaffale basso)



Radiazione UV (lux)
 sensore 1 (scaffale alto)



Radiazione UV (lux)
 sensore 2 (scaffale basso)

6.7.2 Cavit 2

Per questo esperimento, grazie alle informazioni raccolte in quello precedente, sono stati applicati 35 sensori Wenda che hanno rilevato per tutta la durata dell'esperimento, ad intervalli di 10 minuti, quattro diversi parametri. Si è scelto di monitorare la temperatura, la radiazione visibile, la radiazione UV e quella infrarossa. In questo modo è stato possibile creare una mappa dettagliata dello scaffale posizionato nella stanza dell'esperimento e quindi poter conoscere le variabili ambientali dello spazio in cui si trovava ogni bottiglia.

I 35 sensori sono stati suddivisi su quattro scaffali, a quattro diverse altezze. Metà sono stati posizionati sul lato rivolto verso il muro, mentre gli altri sul lato esposto verso la finestra. Inoltre due sensori sono stati posizionati all'interno di due bottiglie (una chiara e una scura) tagliate appositamente per poter monitorare la condizione reale in cui si trova il vino all'interno della bottiglia.

I primi sei grafici sottostanti riportano la temperatura media misurata dal sensore, la radiazione visibile media e UV media del 25.01.2016, relative al lato rivolto al muro e quello rivolto alla finestra (Fig. 37). I dati sono stati calcolati considerando le medie del pomeriggio dalle ore 12.00 alle ore 19.00. Questo perché è il momento in cui si ha una maggior differenza della situazione ambientale dei due lati dello scaffale in quanto, pur essendoci le tende, la luce diffusa nella stanza incrementa di molto al pomeriggio perché la finestra è spostata a sud - ovest.

In particolare nei diversi grafici la distanza verticale indica l'altezza dello scaffale, mentre la distanza orizzontale specifica la lunghezza.

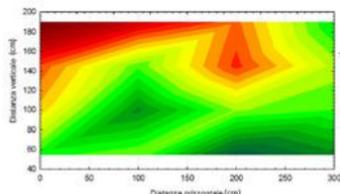
Nei primi due grafici si nota come la temperatura media dalle ore 12.00 alle ore 19.00 sia abbastanza simile su

entrambi i lati dello scaffale con tendenza ad essere un po' più elevata nella parte superiore.

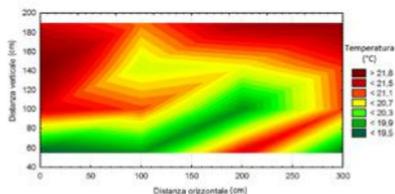
Per quanto riguarda la radiazione visibile, invece, si ha una netta differenza sui due lati dello scaffale. Il lato rivolto verso la finestra, da dove entra la luce del sole, raggiunge valori in lux superiori di più di tre volte rispetto a quelli massimi registrati sul lato rivolto al muro (>1600 lux). La luce del sole va quindi a mascherare l'effetto della presenza delle lampade della stanza. Nel lato del muro invece si raggiungono valori massimi attorno a 500 lux e più elevati nella parte alta dello scaffale, più vicina alla fonte luminosa artificiale.

Anche la radiazione UV permette di distinguere i due lati dello scaffale. Sicuramente la quantità di questa radiazione è molto inferiore rispetto a quella del visibile, come si può vedere dai valori registrati. Il lato della finestra riceve una maggior quantità di radiazione ultravioletta, con massimi circa tre volte superiori (0,07 lux) rispetto a quelli del lato del muro perché colpito direttamente dalla radiazione solare, seppur filtrata dalla finestra e dalle tende. Sul lato rivolto al muro invece, la quantità di radiazione UV ricevuta dalle bottiglie è praticamente pari a 0 e assume valori più elevati nella parte alta dello scaffale, più vicina alla luce artificiale. È comunque da ricordare che la luce proveniente dalle lampade della stanza ha uno spettro di emissione che ricade quasi interamente nel campo del visibile (Fig. 19 Paragrafo 5).

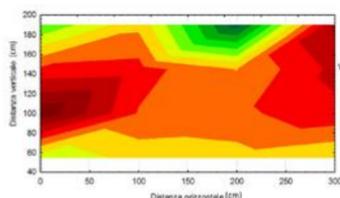
Figura 37
Diversi parametri misurati con i sensori Wenda
dalle ore 12.00 alle 19.00 del 25.01.2016



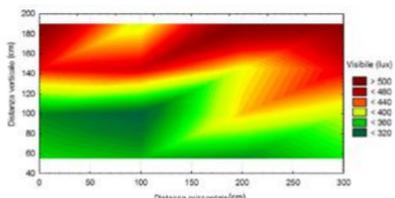
Temperatura media (°C)
25.01.2016 ore 12.00 - 19.00
lato finestra



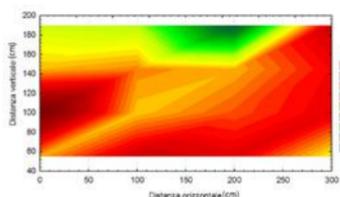
Temperatura media (°C)
25.01.2016 ore 12.00 - 19.00
lato muro



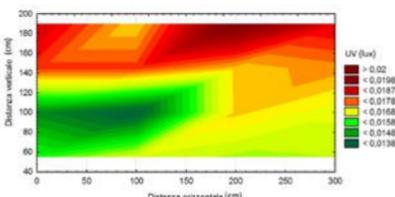
Radiazione visibile media (lux)
25.01.2016 ore 12.00 - 19.00
lato finestra



Radiazione visibile media (lux)
25.01.2016 ore 12.00 - 19.00
lato muro



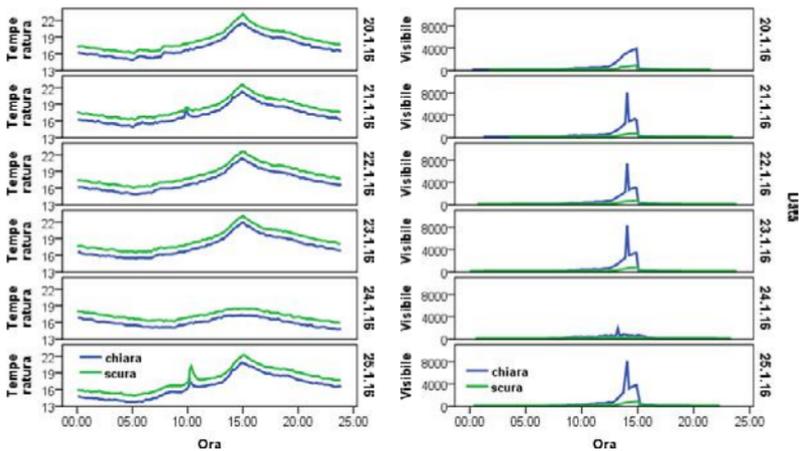
Radiazione UV media (lux)
25.01.2016 ore 12.00 - 19.00
lato finestra



Radiazione UV media (lux)
25.01.2016 ore 12.00 - 19.00
lato muro

Nella prossima tabella (Fig. 38) sono riportati i dati registrati dai sensori posizionati all'interno della bottiglia chiara e di quella scura nella settimana dal 20 al 25 gennaio 2016. I dati raccolti confermano quanto viene riportato in letteratura³. La bottiglia scura infatti raggiunge temperature più elevate rispetto a quella chiara e soprattutto assorbe gran parte della radiazione nel campo dell'UV e del visibile garantendo un maggior grado di protezione del vino. La temperatura registrata durante la giornata oscilla tra i 14 e i 23° C. Nei grafici della radiazione si può notare un picco tra le ore 14.00 e le 15.00 che corrisponde al momento in cui la radiazione solare entra dalla finestra. Questo non avviene per la giornata del 24.01.2016 in quanto era presente una copertura nuvolosa.

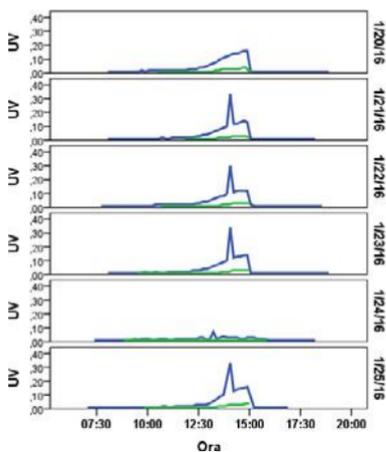
Figura 38
Parametri registrati dai sensori inseriti all'interno
di una bottiglia chiara e scura



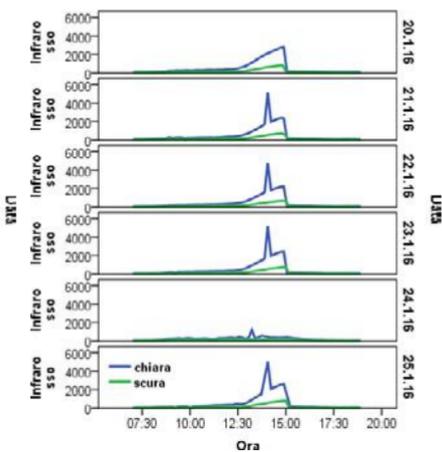
Temperatura (°C)
bottiglia chiara e scura

Radiazione visibile (lux)
bottiglia chiara e scura

I Terroir del Sangiovese in Toscana



**Radiazione UV (lux)
bottiglia chiara e scura**



**Radiazione IR (lux)
bottiglia chiara e scura**

7 Osservazioni finali e conclusioni

Questo lavoro, a differenza di altri riportati in letteratura, ha avuto come obiettivo principale quello di simulare una condizione reale di conservazione dei vini all'interno di un supermercato utilizzando vini tal quale. L'esecuzione di un primo studio pilota ha permesso di calibrare al meglio il numero di campionamenti necessari. Infatti, dai primi dati raccolti, si è deciso di ridurre il numero dei prelievi nei primi giorni di esposizione alla luce e di aumentare la durata dell'esperimento fino a 50 giorni. Dall'analisi sensoriale effettuata sull'esperimento Cavit 2, infatti, è emerso che il difetto iniziava a manifestarsi sensorialmente dopo 18 - 20 giorni di esposizione, sia per il Pinot grigio che per lo Chardonnay (Fig. 19).

Anche nell'esperimento Cavit 2 l'analisi sensoriale ha confermato che la maggior parte dei giudici percepiva il difetto aromatico nelle bottiglie chiare rimaste per 20 - 30 giorni alla luce (Fig. 20). Spesso è stata osservata una perdita generale di freschezza e fragranza dell'aroma, nei campioni rimasti per pochi giorni alla luce, rispetto al testimone conservato al buio. Invece per quelli conservati sullo scaffale per tutto il periodo si avvertivano più chiaramente i principali descrittori del gusto luce riportati in letteratura (crauti, cavolo cotto, lana bagnata).

In generale si è notato che il difetto è stato percepito con maggior intensità sul Pinot grigio e sullo Chardonnay e dopo meno giorni di esposizione alla luce rispetto ad un Traminer. Questo può derivare dal fatto che quest'ultima varietà è caratterizzata da un potenziale aromatico molto più elevato rispetto alle altre due e che quindi può essere in grado di mascherare e ritardare la comparsa del difetto.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche, il colore

in particolare, si è notato un andamento contrario rispetto a quello descritto in letteratura (Paragrafo 6.3). Nel lavoro di Dias et al. (2012)⁴ infatti è riportato che vini esposti per poche ore a una sorgente luminosa, con uno spettro di emissione che ricade nella zona dell'UV (< 400 nm), hanno portato ad un aumento dell'assorbanza misurata a 420 nm, maggiore in bottiglie scure rispetto a quelle chiare. Tutti questi lavori sono stati ottenuti utilizzando soluzioni simil-vino, non vini tal quale. Infatti spesso i campioni vengono aggiunti di flavan-3-oli.

Non possiamo escludere però che un'esposizione alla luce più prolungata rispetto a quella ideata per questa tesi (superiore a 50 giorni) possa determinare un incremento della colorazione gialla.

Le analisi colorimetriche invece hanno dimostrato che già dopo 2 - 7 giorni di esposizione alla luce, la bottiglia chiara si discosta nettamente da quella scura per quanto riguarda la componente del giallo (b^*). La colorazione si riduce rapidamente per poi continuare a diminuire all'aumentare dell'esposizione alla luce. Questo dato è supportato anche dalla lettura spettrofotometrica dell'assorbanza a 420 nm che riporta lo stesso andamento, con un trend decrescente all'aumentare dell'esposizione alla luce per la bottiglia chiara, mentre la bottiglia scura rimane su valori simili a quelli del testimone rimasto al buio.

La differenza del colore dei vini usati nella tesi e per la durata di esposizione monitorata però non è percepibile all'occhio umano, come dimostrato anche dal calcolo del parametro ΔE^* (Paragrafo 6.3). Nella maggior parte delle prove infatti i campioni assumono valori inferiori o prossimi a 1, soglia sotto la quale un colore è considerato indistinguibile dall'occhio umano²⁷.

Accanto alla perdita della componente gialla si registra

una rapida riduzione anche del contenuto di riboflavina, che è peraltro composto di colore giallo. (Paragrafo 6.6). Nei vini conservati in bottiglia chiara, già dopo due giorni di esposizione alla luce, il contenuto di riboflavina si dimezza rispetto a quello iniziale e dopo 7 giorni praticamente la concentrazione è pari a zero. Per la bottiglia verde invece si è visto che la concentrazione rimane costante, anche dopo diversi giorni di esposizione alla luce o comunque la concentrazione si abbassa molto più lentamente.

L'andamento della concentrazione della riboflavina, pigmento giallo, visto nelle bottiglie chiare, può spiegare la perdita di colore misurata con il colorimetro. Infatti il parametro b^* (giallo) si abbassa rapidamente dopo pochi giorni di esposizione del vino alla luce, come avviene per la riboflavina.

Anche in alcuni studi effettuati sul latte si è visto che la riboflavina viene degradata con l'esposizione alla luce. Il lavoro di Walsh et al. riporta uno studio sul latte esposto per 8 e 168 ore alla radiazione luminosa, proveniente da una lampada fluorescente ad una temperatura di 4 °C. Dopo 8 ore di esposizione alla luce, il contenuto di riboflavina rimane simile a quello iniziale, ma dopo 168 ore più del 70 % è stato degradato⁹.

Le rilevazioni delle diverse concentrazioni di ossigeno (totale, disciolto e spazio di testa), effettuate su bottiglie diverse e posizionate in zone differenti dello scaffale, ci permettono di dire che la distanza dalla fonte luminosa non influisce sulla velocità di consumo dell'ossigeno (Paragrafo 6.5).

I sensori "Wenda" hanno permesso di monitorare la radiazione luminosa e la temperatura della stanza in cui sono state simulate le reali condizioni di conservazione in un supermercato. In particolare è stato possibile scomporre

le diverse frazioni della luce registrando i dati del visibile, dell'ultravioletto e dell'infrarosso. Nel secondo esperimento, in cui sono stati applicati un maggior numero di sensori, è stato possibile costruire una mappa delle variabili ambientali nelle diverse posizioni dello scaffale, sia nella parte rivolta al muro che in quella verso la finestra. Fin da subito si è visto che il lato esposto verso la vetrata, pur coperta da tende, riceveva un maggior quantità di radiazione (quasi tutta appartenente alla frazione del visibile), in particolar modo durante le prime ore del pomeriggio, quando la luce solare colpiva direttamente la finestra (Fig. 37).

Si è cercato anche di monitorare la quantità di radiazione che riesce ad attraversare la bottiglia inserendo un sensore al suo interno, sia per il vetro chiaro che per quello scuro (Fig. 38). La bottiglia scura registra valori molto più bassi rispetto a quella chiara, soprattutto nelle ore pomeridiane caratterizzate da una forte quantità di radiazione. In generale comunque i valori registrati sono risultati molto più bassi rispetto a quelli degli altri sensori, in particolar modo per la bottiglia scura, confermando quanto viene riportato in letteratura³.

Il problema della “nota di luce” è sicuramente molto complesso. Negli ultimi anni, visto anche l'aumento dell'impiego delle bottiglie chiare, se ne sta parlando sempre più nel mondo enologico. C'è ancora molto da indagare e da studiare per comprendere più a fondo la comparsa di questo difetto e ricercare delle possibili soluzioni. Sicuramente una corretta conservazione della bottiglia in un luogo che si avvicini il più possibile alle condizioni ambientali ideali della cantina, al riparo dalla luce e ad una temperatura adeguata, può evitare che questo difetto si manifesti o quantomeno rallentarlo e ridurne l'entità. Una corretta conservazione però non dipende solo dal produt-

tore e dal consumatore, ma da tutta le catena che ritroviamo nel mezzo, passando dai trasportatori, ai distributori, ai rivenditori di bar, ristoranti ed enoteche. Bastano poche disattenzioni in queste fasi per compromettere irrimediabilmente la qualità del prodotto per cui tanto si è speso e lavorato.

Bibliografia

- (1) Grant-Preece, P.; Barril, C.; Schmidtke, L. M.; Scollary, G. R.; Clark, A. C. Light-induced Changes in Bottled White Wine and Underlying Photochemical Mechanisms. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2015, No. April 2015, 00 - 00.
- (2) Mattivi, F.; Monetti, A.; Vrhovšek, U.; Tonon, D.; Andrés-Lacueva, C. High-performance liquid chromatographic determination of the riboflavin concentration in white wines for predicting their resistance to light. *J. Chromatogr. A* 2000, 888 (1 - 2), 121 - 127.
- (3) Hartley, A. The Effect of Ultraviolet Light on Wine Quality. 2008, No. January 2007, 1 - 24.
- (4) Dias, D. A.; Smith, T. A.; Ghiggino, K. P.; Scollary, G. R. The role of light, temperature and wine bottle colour on pigment enhancement in white wine. *Food Chem.* 2012, 135 (4), 2934 - 2941.
- (5) Arapitsas, P.; Speri, G.; Angeli, A.; Perenzoni, D.; Mattivi, F. The influence of storage on the “chemical age” of red wines. *Metabolomics* 2014, 10 (5), 816 - 832.
- (6) Ribèreau-Gayon, P.; Dubourdieu, D.; Donèche, B.; Lonvaud, A. *Trattato di enologia I. Microbiologia del vino e Vinificazioni*, 3a edizione.; 2007.
- (7) Choe, E.; Huang, R.; Min, D. B. Chemical Reactions and Stability of Riboflavin in Foods. *J. Food Sci.* 2005, 70 (1), R28 - R36.
- (8) Ohanningsmeier, J.; Oger, R. F. R : Concise Reviews /

- Hypotheses in Food Science A Hypothesis for the Chemical Basis. 2005, 70 (1), 44 - 48.
- (9) Walsh, A. M.; Duncan, S. E.; Potts, H.; Gallagher, D. L. Comparing quality and emotional responses as related to acceptability of light-induced oxidation flavor in milk. *Food Res. Int.* 2015, 76, 293 - 300.
- (10) Dal Cin. Maggio 2015 http://www.dalcin.com/altridw/strumenti/applicazioni/gusto_di_luce.pdf.
- (11) Pripis-Nicolau, L.; de Revel, G.; Bertrand, A.; Maujean, A. Formation of Flavor Components by the Reaction of Amino Acid and Carbonyl Compounds in Mild Conditions. *J. Agric. Food Chem.* 2000, 48 (9), 3761 - 3766.
- (12) Dias, D. A.; Clark, A. C.; Smith, T. A.; Ghiggino, K. P.; Scollary, G. R. Wine bottle colour and oxidative spoilage: whole bottle light exposure experiments under controlled and uncontrolled temperature conditions. *Food Chem.* 2013, 138 (4), 2451 - 2459.
- (13) Maury, C.; Clark, A. C.; Scollary, G. R. Determination of the impact of bottle colour and phenolic concentration on pigment development in white wine stored under external conditions. *Anal. Chim. Acta* 2010, 660 (1 - 2), 81 - 86.
- (14) Larcher, R.; Nicolini, G. Survey of 22 mineral elements in wines from Trentino (Italy) using ICP- OES. *Ital. J. Food Sci.* 2001, 13 (2), 233 - 241.
- (15) Taylor, V. Multielement Analysis of Canadian Wines by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) and Multivariate Statistics. 2003, 856 - 860.

- (16) Fabani, M. P.; Arrù, R. C.; Vázquez, F.; Diaz, M. P.; Baroni, M. V.; Wunderlin, D. A. Evaluation of elemental profile coupled to chemometrics to assess the geographical origin of Argentinean wines. *Food Chem.* 2010, 119 (1), 372 - 379.
- (17) Coetzee, P. P.; Steffens, F. E.; Eiselen, R. J.; Augustyn, O. P.; Balcaen, L.; Vanhaecke, F. Multi-element analysis of south african wines by ICP-MS and their classification according to geographical origin. *J. Agric. Food Chem.* 2005, 53 (13), 5060 - 5066.
- (18) Ugliano, M.; Dieval, J.-B.; Dimkou, E.; Wirth, J.; Cheynier, V.; Jung, R. Controlling oxygen at bottling to optimize post-bottling development of wine. *Pract. Winer. Vineyard* 2013, Winter, 44 - 50.
- (19) DeKeukeleire, D.; Keyerick, A.; Huvaere, K.; Skibsted, L. H.; Andersen, M. L. Beer Lightstruck Flavor: The Full Story. In *Hop Flavor and Aroma, Proceedings of the 1st International Brewers Symposium, Master Brewers Association of the Americas and American Society of Brewing Chemists*; 2009; pp 1 - 16.
- (20) Antone, U.; Sterna, V.; Zagorska, J. Potential to increase the stability of milk riboflavin against photo-oxidative degradation. *6th Balt. Conf. Food Sci. Technol. Innov. Food Sci. Prod. FOODBALT-2011 - Conf. Proc.* 2011, 50 - 54.
- (21) Arapitsas, P.; Ugliano, M.; Perenzoni, D.; Angeli, A.; Pangrazzi, P.; Mattivi, F. Wine metabolomics reveals new sulfonated products in bottled white wines, promoted by small amounts of oxygen. *J. Chromatogr. A* 2016, 1429, 155 - 165.

- (22) Vrhovsek, U.; Masuero, D.; Gasperotti, M.; Franceschi, P.; Caputi, L.; Viola, R.; Mattivi, F. A versatile targeted metabolomics method for the rapid quantification of multiple classes of phenolics in fruits and beverages. *J. Agric. Food Chem.* 2012, 60 (36), 8831 - 8840.
- (23) Ehrhardt, C.; Arapitsas, P.; Stefanini, M.; Flick, G.; Mattivi, F. Analysis of the phenolic composition of fungus-resistant grape varieties cultivated in Italy and Germany using UHPLC- MS/MS. *J. Mass Spectrom.* 2014, 49 (9), 860 - 869.
- (24) Mattivi, F.; Rottensteiner, H.; Nicolini, G.; Bisconti, R. Metodo rapido per la determinazione del colore dei prodotti enologici. 2000.
- (25) Gonnet, J.-F. Colour effects of co-pigmentation of anthocyanins revisited-1. A colorimetric definition using the CIELAB scale. *Food Chem.* 1998, 63 (3), 409 - 415.
- (26) Figueiredo-González, M.; Cancho-Grande, B.; Simal-Gándara, J. Garnacha Tintorera-based sweet wines: chromatic properties and global phenolic composition by means of UV-Vis spectrophotometry. *Food Chem.* 2013, 140 (1 - 2), 217 - 224.
- (27) W.S, M.; M, T. Color difference Delta E - A survey. *Mach. Graph. Vis.* 2011, 20 (4), 383 - 411.

Ringraziamenti

Al termine di questo elaborato colgo l'occasione per ringraziare tutte le persone che ho incontrato in questo progetto di ricerca: è stata sicuramente un'esperienza che mi ha arricchito dal punto di vista professionale, ma anche da quello umano perché mi hanno fatto sentire fin da subito parte del gruppo.

In primis vorrei ringraziare i miei relatori, il prof. Roberto Zironi e il dott. Fulvio Mattivi, per avermi dato la possibilità di partecipare a questo studio; vorrei ricordare in particolare il dott. Mattivi per la sua disponibilità e i numerosi consigli.

Un ringraziamento speciale va al mio correlatore, il dott. Panagiotis Arapitsas, per avermi seguito nello svolgimento dell'esperimento e nella stesura della tesi, non mancando di stimolarmi continuamente e supportarmi.

Ringrazio anche Andrea Angeli e Daniele Perenzoni, che mi hanno prontamente aiutato nelle analisi di laboratorio.

La mia riconoscenza va a Cavit s.c. per l'opportunità che mi hanno concesso. Durante l'esecuzione dell'esperimento e le analisi in laboratorio mi sono sentito fin da subito in un ambiente familiare grazie a tutto lo staff. In particolare, non posso fare a meno di citare i dott. Giacomo Durante e Guido Mattiello per il loro sostegno.

Ringrazio inoltre la ditta Wenda s.r.l. che ha fornito i prototipi di sensori per la misura della luce, in special modo il signor Antonio Catapano, sempre disponibile durante la raccolta dei dati.

Vorrei rivolgere un ringraziamento a tutti quelli che hanno contribuito all'analisi sensoriale per avermi dato la possibilità di ottenere dei risultati statisticamente più at-

tendibili, mettendomi a disposizione un elevato numero di informazioni sperimentali.

A questo proposito cito anche la prof.ssa Adriana Bianchi, il prof. Salvatore Maule e gli studenti del corso di enotecnico perché, oltre ad averci fornito dati per l'analisi sensoriale, hanno dimostrato interesse per il progetto, invitandoci a descriverlo e farlo conoscere durante le loro lezioni.

Anche durante il mio percorso di studio ho avuto la fortuna di non essere solo spettatore delle classiche lezioni frontali, ma di essere stimolato attivamente dai miei professori, soprattutto dai docenti delle superiori a San Michele, senza i quali non avrei potuto raggiungere questo traguardo. Ringrazio anche la dott.ssa Sabrina Dorigoni per avermi indirizzato nella scelta della tesi, consigliandomi questo progetto.

Last but not least, devo ringraziare la mia famiglia per avermi sostenuto materialmente e moralmente in questo periodo di studi e nei primi passi da "viticoltore". Lavorando fra le mie viti, il pensiero va in particolare al nonno Faustino, che mi ha fatto apprezzare il mondo dell'agricoltura fin da piccolo.

Infine ricordo i miei compagni di corso, che hanno reso divertenti questi anni, e gli amici con i quali ho condiviso molti momenti che non dimenticherò mai.

Appendice Tabelle

Tabella 1
Analisi chimiche di base Cavit 2 beta (esperimento pilota)

Varietà	Data prelievo	Colore bottiglia	Tipologia bottiglia	Capacità bottiglia (mL)	Peso bottiglia (g)	Spessore vetro (mm)	Tipologia chiusura	Ossigeno disciolto Nomasense (mg/L)	Ossigeno disciolto Orispinere mg/L	Grado alcolico %vol (Foss)	Zuccheri (gluc+ frut) g/L (Foss)	pH (Foss)	Acidità totale g/L (Foss)	Acidità volatile g/L (Foss)	Anidride solforosa libera mg/L	Anidride solforosa totale mg/L
Gewurztraminer TN DOC	14/09/2015	chiara						0,35	0,35	13,22	4,7	3,58	5,04	0,28	41	132
	28/09/2015	chiara	Renana	750	500	3	Sughero	0,11	0,18	13,14	4,8	3,59	5,06	0,25	38	134
	30/10/2015	chiara					agglomerato	0,05		19,19	4,9	3,57	4,95	0,28	38	127
	30/10/2015	scura								13,18	4,8	3,57	4,97	0,27	38	127
Pinot grigio TN DOC	15/09/2015	chiara						1,11	1,00	12,43	3,9	3,46	6,41	0,23	43	115
	28/09/2015	chiara	Bordolese	750	410	3	Tappo a vite	0,31	0,44	12,42	4,0	3,47	6,46	0,19	37	111
	30/10/2015	chiara						0,05		12,42	4,2	3,44	6,37	0,23	35	104
	30/10/2015	scura								12,39	4,3	3,44	6,38	0,23	34	103

Tabella 2
Analisi chimiche di base Cavit 2 beta (esperimento pilota)

Varietà	Data prelievo	Colore bottiglia	Massa volumica a 20°C g/cm3 (Foss)	Densità relativa a 20°C (Foss)	DO a 420 nm spettrofo tometro	Estratto secco tot g/L (Foss)	Rame mg/L (ass. atomico)	Ferro mg/L (ass. atomico)	Acido citrico g/L	Acido malico g/L HPLC	Acido lattico g/L HPLC	Acido tartarico g/L HPLC	Acido shikimico g/L HPLC
Gewurztraminer TN DOC	14/09/2015	chiara	0,99131	0,9931	0,100	26,5	0,02	0,5	0,16	1,88	1,01	1,01	40
	28/09/2015	chiara	0,99120	0,9930	0,100	26,4	0,05	0,4	0,24	1,97	1,02	1,02	39
	30/10/2015	chiara	0,99131	0,9931	0,083	26,9	0,02	0,5	0,22	1,89	0,99	1,00	40
	30/10/2015	scura	0,99131	0,9931	0,097	26,9	0,02	0,5	0,19	1,91	0,99	1,00	41
Pinot grigio TN DOC	15/09/2015	chiara	0,99175	0,9935	0,073	25,7	0,16	0,7	0,26	3,75	0,59	1,02	17
	28/09/2015	chiara	0,99169	0,9935	0,073	25,5	0,16	0,6	0,26	3,54	0,67	1,00	18
	30/10/2015	chiara	0,99187	0,9937	0,059	26,1	0,16	0,6	0,29	3,47	0,64	1,05	18
	30/10/2015	scura	0,99190	0,9937	0,073	26,1	0,17	0,6	0,29	3,49	0,66	1,00	18

Tabella 3
Analisi chimiche di base Cavit 2

Varietà	Tipologia bottiglia	Capacità bottiglia (mL)	Peso bottiglia (g)	Spessore vetro bottiglia (mm)	Tipologia chiusura	Giorni luce	Colore bottiglia	Ossigeno disciolto Orbsiphere mg/L	Grado alcolico %vol (Foss)	Zuccheri (gluc + frutt) g/L (Foss)	pH (Foss)	Acidità tot g/L (Foss)	Acidità volatile g/L (Foss)	Anidride solforosa libera mg/L	Anidride solforosa totale mg/L
Pinot grigio 1	Bordolese europea	750	410	3	Sughero agglomerato	0	chiara	0,08	12,43	3,5	3,31	5,38	0,15	25	95
						50	chiara	0,02	12,4	3,6	3,3	5,38	0,14	25	92
Pinot grigio 2	Bordolese	750	550	3	Tappo sintetico (Nomacorc)	0	chiara	0,15	12,66	3,7	3,36	5,4	0,2	36	106
						50	chiara	0,07	12,68	3,7	3,37	5,42	0,18	35	100
Chardonnay 1	Bordolese	750	410	3	Tappo a vite	0	chiara	0,14	12,38	4,0	3,39	5,43	0,15	31	109
						50	chiara	0,03	12,36	4,0	3,4	5,39	0,16	32	108
Chardonnay 2	Bordolese	750	410	3	Sughero agglomerato	0	scura	0,05	12,35	4,0	3,4	5,37	0,16	31	107
						50	chiara	0,16	12,7	3,4	3,44	5,42	0,24	31	108
						50	chiara	0,03	12,71	3,6	3,43	5,43	0,23	32	107
						50	scura	0,05	12,7	3,5	3,43	5,42	0,22	28	102

Tabella 4
Analisi chimiche di base Cavit 2

Varietà	Giorni luce	Colore bottiglia	Massa volumica a 20°C g/cm ³ (Foss)	Densità relativa a 20°C (Foss)	DO a 420 nm spettrofotometro	Estratto secco tot g/L (Foss)	Rame mg/L (ass. atomico)	Ferro mg/L (ass. atomico)	Acido citrico g/L	Acido malico g/L HPLC	Acido lattico g/L HPLC	Acido tartarico g/L HPLC	Acido shikimico g/L HPLC
Pinot grigio 1	0	chiara	0,99066	0,9924	0,058	22,8	0,18	0,5	0,46	2,1	0,22	1,42	13
	50	chiara	0,99070	0,9925	0,054	22,9	0,18	0,5	0,47	2,11	0,25	1,41	13
	50	scura	0,99072	0,9925	0,071	22,9	0,18	0,5	0,47	2,12	0,24	1,41	13
Pinot grigio 2	0	chiara	0,99061	0,9924	0,057	23	0,18	0,4	0,52	2,21	0,27	1,31	11
	50	chiara	0,99059	0,9924	0,040	23,1	0,18	0,3	0,53	2,24	0,25	1,31	11
	50	scura	0,99062	0,9924	0,050	23,1	0,18	0,3	0,52	2,14	0,25	1,31	11
Chardonnay 1	0	chiara	0,99117	0,9930	0,034	23,7	0,17	0,3	0,59	2,24	0,25	1,09	36
	50	chiara	0,99120	0,9930	0,023	23,7	0,16	0,3	0,59	2,31	0,24	1,13	38
	50	scura	0,99119	0,9930	0,030	23,7	0,16	0,3	0,59	2,33	0,26	1,13	37
Chardonnay 2	0	chiara	0,99070	0,9925	0,039	23,1	0,18	0,4	0,52	2,61	0,23	1,09	39
	50	chiara	0,99060	0,9924	0,042	23,2	0,19	0,4	0,46	2,58	0,19	1,10	40
	50	scura	0,99070	0,9925	0,033	23,1	0,2	0,3	0,46	2,6	0,18	1,10	41

Tabella 5 Fac-simile della scheda utilizzata per l'analisi sensoriale

Pinot grigio

Colonna: A

Fila: _____

Nome: _____

Valutare i vini in base al carattere **"gusto luce"** attribuendo un punteggio da 0 a 10.

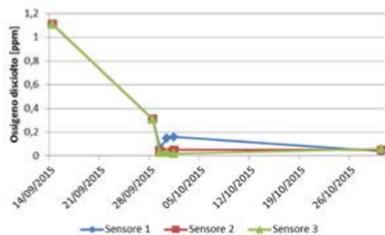
1. 0 è usato in assenza della caratteristica.
2. 1-3 vengono usati quando la caratteristica è appena percepibile.
3. 4-6 vengono usati quando la caratteristica è percepibile, ma non chiaramente.
4. 7-8 sono usati quando la caratteristica viene riconosciuta chiaramente.
5. 9-10 sono usati quando la caratteristica è riconosciuta perfettamente ed è intensa

Il vino con il codice 00 è il bianco

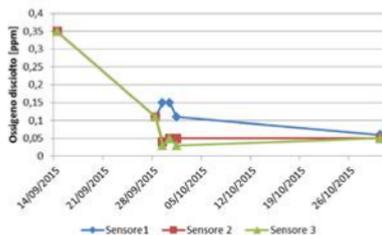
Wine	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Comment
28												
43												
56												
59												
71												
74												
76												
80												
84												
92												
93												

Commenti

Tabella 6 Grafici concentrazione ossigeno disciolto esperimento Cavit 2 beta (studio pilota)



Pinot grigio



Traminer

Tabella 7

Concentrazione ossigeno disciolto (DO), dello spazio di testa (HSO) e totale (TPO) espresse in mg/L durante l'esposizione su scaffale misurate con sonda NomaSense durante l'esperimento Cavit2. Ogni dato riportato deriva dalla media di tre bottiglie

Data	DO	HSO	TPO
Pinot grigio 1			
16/12/15	0,49 ± 0,04	2,70 ± 0,35	3,18 ± 0,36
18/12/15	0,09 ± 0,01	2,29 ± 0,30	2,38 ± 0,29
22/12/15	0,05 ± 0,01	1,17 ± 0,17	1,22 ± 0,18
29/12/15	0,05 ± 0,01	0,46 ± 0,07	0,51 ± 0,07
07/01/16	0,05 ± 0,01	0,25 ± 0,04	0,30 ± 0,04
14/01/16	0,05 ± 0,01	0,20 ± 0,02	0,26 ± 0,03
21/01/16	0,06 ± 0,00	0,17 ± 0,02	0,23 ± 0,02
25/01/16	0,06 ± 0,01	0,17 ± 0,02	0,23 ± 0,02
28/01/16	0,05 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,21 ± 0,02
02/02/16	0,05 ± 0,01	0,15 ± 0,02	0,20 ± 0,02
Pinot grigio 2			
16/12/15	0,10 ± 0,03	1,40 ± 0,28	1,50 ± 0,30
18/12/15	0,06 ± 0,02	1,43 ± 0,21	1,49 ± 0,23
22/12/15	0,02 ± 0,00	1,07 ± 0,11	1,10 ± 0,11
29/12/15	0,03 ± 0,01	0,74 ± 0,07	0,77 ± 0,07
07/01/16	0,03 ± 0,01	0,55 ± 0,05	0,58 ± 0,05
14/01/16	0,03 ± 0,01	0,47 ± 0,04	0,50 ± 0,03
21/01/16	0,03 ± 0,01	0,39 ± 0,02	0,42 ± 0,03
25/01/16	0,04 ± 0,01	0,37 ± 0,02	0,41 ± 0,02
28/01/16	0,03 ± 0,01	0,37 ± 0,02	0,40 ± 0,02
02/02/16	0,03 ± 0,01	0,34 ± 0,01	0,37 ± 0,01

Data	DO	HSO	TPO
------	----	-----	-----

Chardonnay 1

16/12/15	0,38 ± 0,04	1,75 ± 0,06	2,13 ± 0,07
18/12/15	0,05 ± 0,01	1,69 ± 0,03	1,74 ± 0,02
22/12/15	0,03 ± 0,01	1,16 ± 0,05	1,19 ± 0,05
29/12/15	0,04 ± 0,01	0,62 ± 0,04	0,66 ± 0,05
07/01/16	0,04 ± 0,01	0,33 ± 0,04	0,38 ± 0,04
14/01/16	0,04 ± 0,01	0,21 ± 0,02	0,25 ± 0,03
21/01/16	0,04 ± 0,01	0,16 ± 0,02	0,20 ± 0,02
25/01/16	0,04 ± 0,01	0,14 ± 0,02	0,19 ± 0,03
28/01/16	0,04 ± 0,01	0,12 ± 0,02	0,16 ± 0,02
02/02/16	0,04 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,15 ± 0,02

Chardonnay 2

16/12/15	1,28 ± 0,15	4,01 ± 0,13	5,29 ± 0,22
18/12/15	0,33 ± 0,26	3,56 ± 0,17	3,89 ± 0,43
22/12/15	0,04 ± 0,01	1,92 ± 0,12	1,96 ± 0,13
29/12/15	0,04 ± 0,00	0,82 ± 0,08	0,86 ± 0,08
07/01/16	0,04 ± 0,01	0,47 ± 0,06	0,52 ± 0,05
14/01/16	0,04 ± 0,01	0,37 ± 0,04	0,42 ± 0,04
21/01/16	0,05 ± 0,00	0,30 ± 0,02	0,35 ± 0,02
25/01/16	0,04 ± 0,01	0,29 ± 0,02	0,33 ± 0,02
28/01/16	0,04 ± 0,01	0,28 ± 0,03	0,32 ± 0,03
02/02/16	0,04 ± 0,00	0,26 ± 0,02	0,30 ± 0,02

Tabella 8
Risultati delle analisi UPLC-MS/MS Cavit 2 beta.
Le concentrazioni dei metaboliti sono espresse in mg/L.
(B¹: B1 + B2 + B3, ²: glutatione, ³: bottiglia scura)

Giorni	Ac. Caffarico	Ac. Fertarico	Ac. Cutarico	Ac. Caffeico	Ac. Ferulico	Ac. Cumarico	Catechina	epi- catechina	B ¹	trans- piceide	cis- piceide	Riboflavina	GSH ²
PINOT GRIGIO SCAFFALE 1													
0	6,77	0,26	1,53	0,16	0,04	0,15	2,01	2,24	1,00	0,08	0,33	0,20	1,51
1	6,47	0,24	1,52	0,23	0,04	0,14	1,71	1,49	1,02	0,08	0,29	0,06	1,55
2	6,43	0,24	1,59	0,21	0,04	0,16	2,64	1,68	1,07	0,08	0,30	0,03	1,44
3	6,45	0,24	1,58	0,22	0,04	0,17	2,92	2,54	1,14	0,09	0,31	0,03	1,43
4	6,64	0,24	1,55	0,18	0,03	0,14	1,77	2,12	1,01	0,08	0,28	0,00	1,15
7	6,94	0,24	1,56	0,23	0,04	0,16	2,72	2,26	1,26	0,09	0,29	0,02	1,47
11	6,70	0,23	1,52	0,18	0,04	0,15	1,55	1,52	1,02	0,09	0,29	0,00	1,52
18	6,66	0,23	1,60	0,20	0,03	0,17	1,89	1,91	1,02	0,10	0,29	0,00	1,51
25	6,59	0,25	1,53	0,19	0,03	0,16	2,35	2,12	1,16	0,09	0,27	0,00	1,50
32	6,43	0,22	1,44	0,17	0,03	0,16	1,53	1,71	1,02	0,08	0,27	0,00	1,20
32G ³	6,62	0,24	1,47	0,18	0,04	0,16	1,67	1,91	1,07	0,08	0,27	0,02	1,20
PINOT GRIGIO SCAFFALE 4													
0	6,91	0,23	1,46	0,21	0,04	0,13	1,67	1,73	0,86	0,08	0,31	0,16	1,40
1	6,63	0,24	1,65	0,21	0,04	0,16	2,38	1,69	1,05	0,09	0,30	0,08	1,31
2	6,76	0,24	1,55	0,17	0,04	0,15	1,70	1,35	0,87	0,08	0,28	0,02	1,20
3	6,55	0,23	1,60	0,22	0,04	0,14	1,28	1,57	0,97	0,07	0,28	0,04	1,35
4	7,00	0,24	1,53	0,18	0,04	0,15	1,90	1,87	0,95	0,08	0,27	0,01	1,33
7	6,86	0,25	1,51	0,23	0,04	0,15	2,30	1,67	0,92	0,08	0,26	0,01	1,48
11	6,67	0,24	1,45	0,23	0,04	0,17	2,33	1,96	1,22	0,09	0,28	0,00	1,28
18	6,93	0,23	1,61	0,22	0,03	0,16	1,70	1,96	0,99	0,08	0,25	0,00	1,34
25	6,77	0,24	1,44	0,26	0,03	0,16	2,01	1,73	1,20	0,08	0,25	0,00	1,40
32	6,50	0,23	1,62	0,20	0,04	0,20	1,93	1,59	1,01	0,09	0,27	0,00	1,17
32G ³	6,53	0,24	1,51	0,21	0,04	0,15	1,98	1,80	1,04	0,08	0,29	0,00	1,00
TRAMINER SCAFFALE 1													
1	3,15	0,62	1,34	1,67	0,73	0,69	3,46	1,84	1,23	0,07	0,32	0,04	0,64
2	3,30	0,58	1,37	1,87	0,66	0,73	3,55	2,21	1,35	0,09	0,34	0,01	0,81
3	3,03	0,60	1,35	1,70	0,69	0,67	2,63	2,94	1,20	0,07	0,31	0,05	0,70
4	2,99	0,57	1,35	1,74	0,61	0,69	1,41	2,32	1,16	0,08	0,30	0,02	0,80
7	3,08	0,64	1,36	1,71	0,72	0,67	3,53	3,34	1,30	0,09	0,32	0,00	0,65
11	3,03	0,62	1,28	1,64	0,67	0,65	2,28	1,97	1,19	0,08	0,32	0,01	0,70
18	2,99	0,61	1,24	1,68	0,61	0,65	2,83	2,10	1,09	0,08	0,28	0,00	0,64
25	3,28	0,60	1,31	1,68	0,60	0,69	2,91	1,80	1,24	0,09	0,28	0,00	0,63
32	3,13	0,61	1,28	1,56	0,56	0,67	4,18	2,15	1,20	0,09	0,30	0,00	0,59
32G ³	3,10	0,59	1,44	1,71	0,62	0,76	3,99	2,01	1,22	0,08	0,34	0,02	0,65
TRAMINER SCAFFALE 4													
0	3,22	0,59	1,35	1,79	0,68	0,72	3,07	2,85	1,32	0,07	0,32	0,16	0,64
1	3,31	0,62	1,39	1,96	0,71	0,72	3,23	2,60	1,31	0,08	0,31	0,05	0,74
2	3,51	0,61	1,40	1,69	0,68	0,67	2,55	2,31	1,25	0,08	0,31	0,00	0,80
3	3,28	0,61	1,34	1,86	0,65	0,72	3,82	2,71	1,32	0,08	0,28	0,00	0,64
4	3,25	0,58	1,40	1,87	0,67	0,70	4,54	2,17	1,50	0,08	0,32	0,04	0,78
7	3,29	0,57	1,45	1,77	0,61	0,70	3,44	2,40	1,22	0,08	0,29	0,02	0,79
11	3,26	0,57	1,31	1,77	0,63	0,69	2,98	2,18	1,20	0,09	0,31	0,00	0,78
18	3,29	0,60	1,35	1,74	0,69	0,72	2,91	1,92	1,20	0,09	0,29	0,00	0,67
25	3,16	0,59	1,36	1,79	0,63	0,76	3,87	2,61	1,11	0,11	0,30	0,00	0,76
32	3,09	0,60	1,28	1,52	0,65	0,71	3,15	2,11	1,21	0,10	0,26	0,00	0,59
32G ³	3,32	0,60	1,39	1,79	0,67	0,61	2,89	1,98	1,29	0,08	0,35	0,00	0,64



fondazione banfi

SANGUIS JOVIS
ALTA SCUOLA DEL SANGIOVESE

Sanguis Jovis
I Quaderni

Volume numero 1 - Febbraio 2019

Lo Storytelling del Sangiovese nell'era digitale

a cura di Alberto Mattiacci

Volume numero 2 - Ottobre 2019

Il Sangiovese del futuro

Cambiamenti tra clima, vitigno, mercato

a cura di Roberto Miravalle

Volume numero 3 - Settembre 2020

La ricerca scientifica Sanguis Jovis

Lavori 2017 - 2019

Genetica. Retail. Narrativa. Neuroscienze

a cura di Alberto Mattiacci

Volume numero 4 - Luglio 2021

I Terroir del Sangiovese in Toscana

a cura di Roberto Miravalle



Scansiona il Qr-Code per scaricare
i numeri precedenti



fondazione banfi

SANGUIS JOVIS
ALTA SCUOLA DEL SANGIOVESE

Il restauro di Brunella, la balena fossile di Montalcino



Scansiona il qr-code per visualizzare il contenuto multimediale

Finito di stampare nel mese di Luglio 2021.

Questo quarto volume della collana de I Quaderni di Sanguis Jovis raccoglie i contributi della terza Summer School svoltasi nel 2019 a Montalcino. L'oggetto di riflessione di questa sessione è stato il Sangiovese e la variabilità che sa esprimere nei diversi terroir che abita.

Il cuore del volume è rappresentato da tre contributi:

- Edoardo Costantini indaga geologia e pedologia dei terroir del Sangiovese in Toscana;
- Luigi Mariani introduce temi relativi alla meteorologia e al suo impatto sul vigneto;
- Giovan Battista Mattii e Paolo Storchi mettono in evidenza la relazione tra pianta e caratteristiche dei suoli.

Questi tre contributi sono stati resi possibili grazie ad alcune aziende partner del progetto SJ, che si sono prestate a fungere da un laboratorio di ricerca a cielo aperto. A corredare il volume le schede di sintesi sulle aziende partner. A loro va il nostro più sentito ringraziamento.

In questo Quaderno ospitiamo, inoltre, la tesi di laurea vincitrice del Premio Rudy Buratti, un riconoscimento di merito ai nostri giovani, istituito in memoria dell'enologo di Banfi.

Buona lettura.

Attilio Scienza
Presidente Sanguis Jovis



Scansiona il Qr-Code per visualizzare la presentazione del volume.

In collaborazione con:



www.fondazionebanfi.it
info@fondazionebanfi.it
 Fondazione Banfi

