

**Il senso del luogo
di un vino
e la firma aromatica
dei cru Tedeschi**

*The sense of place
of a wine and
the aromatic
signature of Tedeschi's
cru wines*



TEDESCHI

**Il senso del luogo
di un vino
e la firma aromatica
dei cru Tedeschi**

*The sense of place
of a wine and
the aromatic
signature of Tedeschi's
cru wines*



TEDESCHI

in collaborazione con | *in collaboration with*



**UNIVERSITÀ
di VERONA**
Dipartimento
di BIOTECNOLOGIE

Ai nostri genitori Bruna e Lorenzo
per averci insegnato il valore dell'attesa.

*To our parents Bruna and Lorenzo
for teaching us the value of patience.*

Antonietta, Sabrina e Riccardo

Indice | *Index*

1	Dedizione e passione per la Valpolicella: la lunga storia della famiglia Tedeschi <i>Dedication and passion for Valpolicella: the long history of the Tedeschi family</i>	p. 6
1.1	La famiglia Tedeschi e la sua azienda <i>The Tedeschi family and its estate</i>	p. 6
1.2	La filosofia produttiva <i>The production philosophy</i>	p. 8
1.3	La ricerca oggi <i>Research today</i>	p. 10
2	Il terroir <i>The terroir</i>	p. 12
3	Il senso del luogo di un vino e la firma aromatica dei cru di tedeschi <i>The sense of place of a wine and the aromatic signature of Tedeschi's cru wines</i>	p. 14
3.1	Il senso del luogo di un vino <i>The sense of place of a wine</i>	p. 16
3.2	L'aroma del vino <i>The aroma of wine</i>	p. 22
3.3	Caratteri aromatici varietali dei vini della Valpolicella <i>Varietal aromatic characteristics of Valpolicella wines</i>	p. 24
3.4	L'impronta aromatica di vini cru: misurare e descrivere il senso del luogo <i>The aromatic signature of cru wines: measuring and describing the sense of place of a wine</i>	p. 30
3.5	L'impronta aromatica dei singoli cru e il ruolo del fattore annata <i>The aroma signature of individual crus and the role of the vintage factor</i>	p. 34
3.6	L'influenza dell'appassimento <i>The influence of withering</i>	p. 58
3.7	Appassimento e senso del luogo nei vini Amarone <i>Withering and the sense of place of Amarone</i>	p. 66
3.8	Il ruolo del ceppo di lievito nell'espressione del senso del luogo <i>The role of yeast in expressing wine's sense of place</i>	p. 76
3.9	Invecchiamento dei vini ed espressione del carattere dei vini da singoli cru <i>Aging of wines and expression of the character of wines from individual 'crus'</i>	p. 80
	Conclusioni / <i>Conclusion</i>	p. 88
	Ringraziamenti / <i>Acknowledgements</i>	p. 90



Dedizione e passione per la Valpolicella: la lunga storia della famiglia Tedeschi

Dedication and passion for Valpolicella: the long history of the Tedeschi family

1.1 La famiglia Tedeschi e la sua azienda

Con quattro secoli di storia, l'Azienda Tedeschi è conosciuta per essere un'icona della Valpolicella, diventata nel tempo punto di riferimento enologico per questo territorio in Italia e nel mondo. Pioniera dei vini cru in questo areale, la famiglia guarda da sempre all'innovazione mantenendo un solido legame con le proprie radici, riuscendo così a interpretare ed esaltare i propri vini come fedeli espressione della zona di origine.

Oggi i tre fratelli - Antonietta, Sabrina e Riccardo -, insieme al padre Lorenzo, rappresentano l'anima di questa eccellenza enoica veronese, che ha sede a Pedemonte, nella zona Classica della Valpolicella. I suoi 48 ettari di vigneto di proprietà, particolarmente vocati grazie alla loro posizione esclusivamente collinare (a un'altitudine tra i 180 e i 500 m slm), ricadono in parte nella zona Classica e in parte nella zona della Valpolicella Orientale.

1.1 The Tedeschi family and its winery

With four centuries of history behind it, the Tedeschi winery has come to be recognized as an icon of Valpolicella, and over time, has become an enological point of reference not only for this Italian territory but globally. Pioneers of cru wines in this region, the Tedeschi family has always kept an eye on innovation while keeping a solid tie to their own roots. In this way, the family has succeeded in interpreting and exalting their own wines as faithful expressions of their zone of origin.

Today, the three siblings, Antonietta, Sabrina, and Riccardo, together with their father, Lorenzo, make up the soul of this Veronese wine excellence, located in Pedemonte in the Classica zone of Valpolicella. Their forty-eight hectares of privately owned vineyards, which provide prime growing conditions because of their exclusively hillside positioning (at an altitude of between 180 and 500 m above sea level), lay partly in the Classica zone and partly in the Eastern Valpolicella zone.

1.2 La filosofia produttiva

Grazie ad un racconto enologico che combina in ogni bottiglia freschezza aromatica, carattere, complessità ed eleganza, alla famiglia Tedeschi è riconosciuto il ruolo di autentica e preziosa interprete del territorio della Valpolicella. I primi atti notarili che ne testimoniano la presenza in Valpolicella risalgono al 1630; altri documenti attestano l'attività vitivinicola fin dal 1824.

L'impulso alla storia moderna dell'azienda arriva agli inizi degli anni '60 del secolo scorso grazie a Lorenzo Tedeschi. Fu lui il primo a intuire le diverse potenzialità delle uve del vigneto Monte Olmi, entrato nelle proprietà della famiglia nel 1918, e fu sua la decisione di vinificarle separatamente dalle altre. Nacque così il primo dei vini simbolo di Tedeschi, emblema dell'azienda e di quest'area, l'Amarone Capitel Monte Olmi.

L'eccellenza dei vini viene raggiunta anche grazie alla cura delle uve dopo la raccolta. Per assicurare l'integrità del frutto e la sua massima espressione aromatica, negli anni è stato adottato un sistema di appassimento controllato. I primi esperimenti iniziano nel 1989, per proseguire negli anni successivi; nel 2005 viene costruito un fruttaiolo con un sistema di controllo della temperatura (il processo si svolge a basse temperature), della ventilazione e dell'umidità (le basse umidità evitano lo sviluppo di muffe, mantenendo la tipicità e la freschezza aromatica).

Tedeschi da sempre è sensibile alle tematiche ambientali e allo studio della vigna; da qui la decisione, intorno al 2010, di avviare la prima zonazione e caratterizzazione dei vigneti nell'area della Tenuta di Maternigo (Valpolicella Orientale) e in quella Classica. La zonazione, cioè lo studio pedologico dei vigneti, permette di capire il diverso comportamento delle vigne a seconda della zona in cui vengono coltivate; per questo è una branca della conoscenza sempre più imprescindibile per produrre vini di qualità. Successivamente Riccardo Tedeschi decide di approfondire questo lavoro intraprendendo un ulteriore studio sulla caratterizzazione del terreno e della pianta, ottenendo conoscenze sempre più profonde sulla vite e il suo sviluppo e conseguentemente sulla crescita qualitativa dei vini prodotti.

Nel 2020, grazie anche al prezioso contributo del Prof. Giovanni Battista Tornielli dell'Università di Verona, l'azienda si dedica a sperimentazioni applicate alla gestione della vigna, per adattarsi nel migliore dei modi alle conseguenze del cambiamento climatico. In questo ambito, vengono studiate lavorazioni per ritardare il più possibile la maturazione delle uve e la ripresa vegetativa delle piante.

1.2 The production philosophy

The Tedeschi family is synonymous with an authentic and precious interpretation of the Valpolicella territory thanks to an enological history of combining aromatic freshness, character, complexity, and elegance in every bottle. The very first deed that bears witness to our presence in Valpolicella dates back to 1630. Still other documents confirm the winemaking activity starting in 1824.

Lorenzo Tedeschi brought the winery into modern history starting in the 1960's when he intuited the potentials of the different grapes in the Monte Olmi vineyard that had been in the family since 1918. It was his decision to vinify these grapes separately from the others, and in so doing, gave rise to the Amarone Capitel Monte Olmi wines, which have become symbolic for the Tedeschi family and emblematic for the winery and for the region.

The excellence of the wines can also be attributed to the careful handling of the grapes after harvesting. A controlled drying system was adopted to ensure the integrity of the fruit and, in turn, allow maximum aromatic expression. The first experiments were carried out in 1989 and continued until 2005 when a drying loft with a system for temperature (temperatures must remain low), ventilation, and humidity (to avoid the development of mold and maintain typicity and aromatic freshness) control was constructed.

Tedeschi has always been interested in environmental issues and the study of the grape vines themselves. As a result, in 2010, the decision was made to launch the first zoning and characterization studies of the vineyards located in the Classica region and the Maternigo Estate (Eastern Valpolicella). Zoning, the pedological study of the vineyard, reveals how grape vines react to the zone in which they are being cultivated. The results from the study of this branch of knowledge are particularly essential for the production of quality wines. Riccardo Tedeschi decided to take an even deeper dive into this area of research by carrying out studies to characterize both the terrain and the plants, which allowed him to increase his knowledge of the development and growth of the vines and, in turn, how to increase the quality of the wines produced.

In 2020, thanks to an invaluable collaboration with Prof. Giovanni Battista Tornielli of the University of Verona, the winery was involved in the applied experimentation of grape vine management in order to adopt practices that can adapt to the consequences of climate change. Studies in this area include practices to delay grape ripening as much as possible along with managing the vegetative growth of the plant.

1.3 La ricerca oggi

Secondo Tedeschi, ricerca e sperimentazione sono strumenti fondamentali per garantire una produzione di qualità e un dovere nei confronti del luogo di appartenenza.

Per la famiglia, il senso della ricerca - che è anche il significato di questo volume - è quello di essere sempre in prima linea nel promuovere e sostenere progetti legati al proprio territorio. Da questa vocazione, nel 2017 inizia la prima collaborazione con il Dipartimento di Biotecnologie dell'Università di Verona e con il Professor Maurizio Ugliano, per una ricerca sulla caratterizzazione aromatica della Valpolicella. Si tratta di una sperimentazione ancora una volta pionieristica, che si pone come stimolo e riflessione per l'intero areale, e non solo.

A settembre 2021 vengono presentati i primi risultati del primo studio sul modello aromatico delle varietà d'uva della Valpolicella, Corvina e Corvinone, e sulle caratteristiche di differenti vigneti cru, in particolare Monte Olmi, La Fabriseria e tenuta di Maternigo (con i vigneti Anfiteatro, Bàrila e Impervio), con l'obiettivo di arrivare a definire un concetto di terroir sempre più caratterizzato dalla forte impronta di identità geografica.

Oggi arriva la seconda parte del progetto, che entra ancora più nel dettaglio di quella che viene definita "la firma aromatica di un vino", chiarendo quale sia e raccontandone l'evoluzione nel tempo. Le grandi dimensioni olfattive individuate per i vini della Valpolicella sono quattro: fruttato, balsamico, speziato/pepato, speziato dolce. Questa nuova conoscenza permetterà di esaltare ogni singola parcella di vigneto, confermando la tesi che l'Amarone è un vino di terroir, di rara complessità, corpo ed eleganza.

Conoscere il territorio, scegliere i vigneti più idonei e lavorare le uve per farne sprigionare il massimo potenziale: è questo il significato del luogo di un vino e del rispetto del territorio, questo è Tedeschi.

1.3 Research today

According to Tedeschi, research and experimentation are not only fundamental tools to guarantee a high-quality production, but a duty owed to your place of origin.

For the family, the meaning of research – which is also the impetus for this volume - has to do with always being on the forefront for the promotion and support of projects linked to one's own territory. Based on this vocation, in 2017 a collaboration with the Department of Biotechnology at the University of Verona and with Professor Maurizio Ugliano was initiated to conduct research of the aromatic characterization of the Valpolicella region. This is pioneering research that serves as a point of departure and reflection for the entire region and more.

In September 2021 we obtained the first results from studies on the aromatic model of the Valpolicella grape varieties, Corvina and Corvinone, as well as the characteristics of the different cru vineyards, specifically Monte Olmi, La Fabriseria, and the Maternigo Estate (Anfiteatro, Bàrila, and Impervio vineyards). The objective of these studies was to define a concept of terroir that was characterized to a greater extent based on the strong imprint of the geographic identity.

The second part of the project is currently ongoing and will detail even further what constitutes "a wine's aromatic signature" and explain to us its evolution across time. There are four major olfactory dimensions that have been identified in the wines of Valpolicella: fruity, balsamic, spiced/peppery, sweet spice. This new knowledge will permit the highlighting of every single parcel of a vineyard and confirm that the Amarone is a terroir wine with rare complexity, body, and elegance.

Understanding the territory, selecting the most suitable vineyards, and working the grapes to unleash their maximum potential is what defines the origin of a wine and the respect for the territory. This is Tedeschi.



Monte Olmi



La Fabriseria

Il Terroir

The Terroir

Dott. Jamie Goode

Dottorato in Biologia vegetale,
scrittore ed editorialista

*PhD in plant biology,
writer and columnist*

Sarebbe giusto pensare che i vini pregiati siano tutti legati al concetto di terroir. Ma quello del terroir resta un argomento misterioso e talvolta controverso, forse anche per il nome francese. Nonostante ciò, il concetto di vino pregiato si basa molto sull'idea che le caratteristiche fisiche del sito del vigneto, se abbinate al giusto vitigno, trasmettono a un vino il senso del luogo. E per quasi tutti i vini importanti, il nome della regione vinicola e persino del vigneto sono in primo piano sull'etichetta.

Il vino è diverso dalle altre bevande. Mentre per la produzione di birra, whisky, gin o sakè sono sufficienti ingredienti di buona qualità, è solo nel vino che la materia prima – l'uva – ha tanta importanza. Grazie a questo solamente il vino, e nessun'altra bevanda, può esprimere il senso del luogo da cui proviene.

Per i vini pregiati solitamente il processo di vinificazione è poco impattante: per i produttori il principale obiettivo è quello di svolgere la fermentazione e la maturazione del vino in modo da esprimere al meglio la firma aromatica del luogo di provenienza delle uve, evitando di oscurarla.

Come spieghiamo quindi il terroir? La prova più semplice è quella di prendere due vigneti vicini, piantati con lo stesso vitigno e clone, con viti della stessa età, con lo stesso portainnesto, dove l'unica differenza è il sito del vigneto. Forse uno avrà una composizione del terreno diversa dall'altro, oppure potrebbe avere una diversa esposizione o trovarsi a un'altitudine diversa. Se si producono i vini con queste uve e si vinificano separatamente, utilizzando lo stesso protocollo di vinificazione, il terroir può esprimersi in modo differente. È un tema comune nel mondo del vino, anche se di solito il confronto è difficile a causa della produzione di lotti con diversi protocolli di cantina, per uve raccolte a diversi livelli di maturità o per un diverso clone o per l'età della vite.

In questo senso il terroir può essere dimostrato. Le uve che sperimentano condizioni ambientali diverse finiscono per produrre vini dal sapore diverso. Questo è indiscutibile e, comunque, non tutti apprezzano il concetto di terroir.

Uno dei problemi legati al concetto di terroir è il modo in cui questo termine è stato utilizzato in passato. La caratteristica più visibile in un vigneto è il tipo di terreno ed è comune sentire i viticoltori parlare del gusto del terroir: il modo in cui si può assaporare l'influenza del terreno nel vino prodotto da terreni specifici. L'errore qui è pensare, ad esempio, che in presenza di un terreno gessoso, eventuali sapori gessosi nel vino siano il risultato del passaggio dei componenti del terreno nell'uva e successivamente nel vino. Oppure le persone potrebbero guardare i loro terreni rocciosi e sassosi e poi attribuire qualsiasi "mineralità" nel vino a questi terreni, come se i minerali si accumulassero nell'uva per poi conferire al vino un carattere sassoso. Le discussioni sulla mineralità del vino sono state infinite.

Tuttavia, l'incredibile parcellizzazione dei vigneti in Borgogna, con 1247 climats indicati nelle mappe, testimonia il modo in cui le differenze di sito influenzano il sapore e la qualità del vino. Questo territorio è diventato Patrimonio Mondiale dell'UNESCO per i suoi climats, che sono apprezzamenti di vigneto, inseriti per la prima volta nel 1807 su una mappa grazie alle ricerche di Napoleone e che sono antecedenti alle regole di denominazione introdotte nel 1936. Ci sono 84 diverse denominazioni di origine protetta in Borgogna, ovvero il 23% del totale francese, per 26000 ettari vitati. Questi ultimi sono organizzati su quattro livelli gerarchici, che vanno dalla menzione regionale (questa può includere anche lo stile, come il cremant, e la varietà, come aligote), al villaggio, quindi Premier Cru e Grand Cru (32 vigneti). Complessivamente, ci sono ben 677 denominazioni e sotto denominazioni.

It would be appropriate to call the concept of terroir the unifying theory of fine wine. But it remains a mysterious and sometimes controversial topic, not least because it has a French name. Despite this, almost the entirety of the fine wine dimension is based around the idea that physical characteristics of the vineyard site, when matched with appropriate grape varieties, convey a local taste to a wine. And for almost all fine wines, the name of the wine region and even the vineyard takes prominence on the label because of this.

Wine is different to other drinks. While good quality ingredients are needed for the manufacture of beer, whisky, gin or sake, it's only with wine that the raw ingredients – the grapes – have such prominence. Wine can express a sense of place because of these ingredients in a way that no other drink can come close to. For fine wine, usually the manufacturing process aims to stay out of the way, adding as little as possible to the flavour of the wine: the goal of most winemakers is to allow fermentation and maturation of wine to proceed in a way that allows the local flavour signature to emerge and not be obscured.

How do we explain terroir? The simplest demonstration is to take two neighbouring vineyard sites, planted with the same grape variety and clone, with vines of the same age, on the same rootstock, where the only difference is the vineyard site. Perhaps one will have a different soil composition to the other, or it might face a different direction, or be at a different altitude. If you make the wines from these grapes and keep them separate, using the same winemaking protocol for both, then terroir is seen in these differences. It's a common theme in the world of wine, although usually the comparisons are confounded by other factors such as working differently in the cellar with different batches, picking them at different levels of maturity, or differences in plant material or vine age.

In this sense, terroir can be proved. Grapes that experience different environmental conditions end up making wines that taste different. This is uncontroversial, but still not everyone warms to the concept of terroir.

One of the problems has been the way that this term has been used in the past. The most visible site characteristic in a vineyard is the soil type, and it is common to hear winegrowers talking about the goût de terroir: the way that they can taste the soil influence in the wine made from specific soils. The error here is in thinking that if you have a chalky soil, for example, then any chalky flavours in the wine are the result of translocation of soil components into the grapes which then flavour the wine. Or people might look at their rocky, stony soils and then attribute any 'minerality' in the wine to these soils, as though minerals are accumulating in the grapes and then making the wine taste stony. Discussions about minerality in wine have been endless.

Still, the incredible parcellation of vineyards in Bourgogne, with 1247 climats named on maps, is testimony to the way that site differences influence wine flavour and quality. It has achieved UNESCO World Heritage status for its climats, which are named vineyard parcels that were first put on a map by Napoleon's surveys of 1807 and predate the appellation rules brought in in 1936. There are 84 different AOPs in Burgundy, which is 23% of France's total, for 26 000 hectares of vines. They are arranged in four hierarchical levels, ranging from regional (this can also include style, such as cremant, and variety, such as aligote), to village, then Premier Cru and Grand Cru (32 vineyards).

Ma ci sono anche dei cosiddetti luoghi (lieu dits) all'interno della classificazione dei villaggi e il nome della vigna potrebbe apparire sull'etichetta; talvolta i vigneti Premier Cru vengono tagliati, quindi in etichetta vengono semplicemente indicati come Premier Cru con il nome del villaggio. Supponendo una ragione fisica per questa parcellizzazione – che è in gran parte sostenuta dagli esperti della regione – allora il terroir sembra essere una realtà. Se così non fosse, le differenze di prezzo tra i vini dei terroir considerati migliori non persisterebbero per un periodo così lungo. Dato l'incentivo economico, solo qualificati coltivatori con terroir minori sarebbero in grado di produrre vini competitivi e l'ampia differenza di prezzo si ridurrebbe nel tempo.

Quindi questo solleva una serie di domande molto interessanti e per una di queste alcune risposte scientifiche sarebbero accolte calorosamente. Il terroir può essere dimostrato scientificamente? E qual è la base meccanicistica del terroir?

Se pensiamo al sapore del vino, i vari composti che contribuiscono a esso arrivano attraverso percorsi diversi. In primo luogo, ci sono composti prodotti dall'uva che resistono alla fermentazione e che agiscono poi come composti odorosamente attivi nel vino finale. Ci sono anche i composti prodotti dai lieviti che agiscono sui precursori degli aromi presenti nel mosto d'uva. E infine ci sono i composti aromatici prodotti dai lieviti durante la fermentazione. Confrontando il succo d'uva con il vino, è abbastanza chiaro che la maggior parte del contributo all'aroma e al gusto del vino avvenga attraverso l'azione dei lieviti.

Affinché il terroir funzioni, il meccanismo deve comportare cambiamenti nella composizione dell'uva che poi portano a cambiamenti nel sapore del vino finale. Quindi è molto utile pensare all'uva come a un terreno di coltura per i lieviti e al ruolo del terroir nell'agire sulla composizione di questo terreno di coltura. Piccole differenze in questo mezzo di coltura si traducono poi in differenze notevoli nel sapore del vino, perché fanno sì che i lieviti si comportino diversamente. In termini di processi specifici, è probabile che le differenze del sito (siano esse la composizione chimica del suolo, la capacità di trattenere l'acqua, l'influenza del suolo sull'attività microbica e quindi le influenze microclimatiche) modifichino il metabolismo della vite e, con attività ancora non note, la composizione dell'uva, che grazie poi alla fermentazione darà vini con caratteristiche aromatiche specifiche. Questa è l'influenza del terroir.

Ma una delle cose che dobbiamo considerare qui è che mentre il clima è una parte fondamentale del terroir, la vite risente più direttamente degli andamenti meteorologici stagionali dell'annata. È interessante come le differenze di terroir siano spesso coerenti tra le annate, il che rinnova la nostra attenzione per le caratteristiche del suolo e forse diminuisce l'importanza del microclima, che può variare considerevolmente con l'annata.

Naturalmente bisogna considerare anche il fattore umano. All'interno di ogni regione ci sono spesso pratiche culturali condivise – sia per come vengono gestite le viti, sia per come vengono prodotti i vini – che potrebbero conferire un sapore tipico al vino. Questo è un tema interessante, ma non è quello che stiamo considerando qui.

Ciò che ci piacerebbe dimostrare scientificamente è che le differenze di terroir riconosciute nel vino hanno la loro base in fattori misurabili. Ci piacerebbe avere ambienti sperimentali in cui sia possibile ridurre e quantificare i fattori coinvolti nella produzione di vini con un senso del luogo. Ecco perché le sperimentazioni di Tedeschi sono così interessanti, perché promettono di riuscire a far luce su questo misterioso concetto che sta alla base del buon vino.

Jamie Goode

Altogether, there are a bewildering 677 appellations and sub-appellations. But there are also lieu dits within the village classification whose name might appear on the label, and sometimes premier cru vineyards are blended, so are just indicated as Premier Cru with the name of the village. Assuming a physical basis for this parcellation – which is largely held out by experts on the region – then terroir seems to be a reality. If it wasn't, then the price differences between wines on terroirs considered better wouldn't persist over such a long period. Given economic incentive, skilled growers with lesser terroirs only would be able to make wines that competed and the large price differential would shrink over time.

So this raises a very interesting set of questions, and it's one where some scientific answers would be warmly welcomed. Can terroir be demonstrated scientifically? And what is the mechanistic basis of terroir? If we think about wine flavour, the various compounds that contribute to it got there through different routes. First, there are compounds produced by the grapes that then survive fermentation and which then act as flavourants in the final wine. Then there are compounds produced by yeasts acting on flavour precursors present in the grape must. And finally, there are flavour-active compounds produced by the yeasts during fermentation. Compare grape juice with wine, and it's fairly clear that the majority of contribution to wine aroma and taste is through the action of the yeasts.

For terroir to work, mechanistically it must involve changes in grape composition that then lead to changes in flavour in the final wine. So it is quite helpful to think of the grapes as creating a culture medium for yeasts, and the role of terroir as acting on the composition of this culture medium. Small differences in this culture medium then result in noticeable differences in the flavour of the wine because they cause the yeasts to behave differently. In terms of specific mechanisms, it's likely that site differences, whether these are in terms of soil chemical composition, soil water-holding capacity, the soil influence on microbiological activity, and then microclimate influences are altering vine metabolism and in some mysterious way altering grape composition that then leads via fermentation to wines that have specific flavour characteristics. This is the mechanism of terroir.

But one of the things we need to consider here is that while climate is a key part of terroir, the vine never sees climate, which is an average. Instead it sees the weather of the year. What is interesting is that terroir differences are often consistent across vintages, which renews our interest in soil characteristics and perhaps lessens the importance of the microclimate, which can vary with vintage quite considerably.

Of course, we must also consider the human factor. Within any region, there are often shared cultural practices – either in terms of how the vines are managed, or how the wines are made – that could give a local flavour to the wine. This is interesting, but not what we are considering here.

What we would love to do scientifically is to demonstrate that the recognized terroir differences in wine have their basis in things that are measurable. We would like to have experimental settings where it's possible to dial down and quantify the factors that are involved in making wines with a sense of place. This is why Tedeschi's experiments are so interesting, because they promise to be able to shed light on this mysterious concept that lies at the heart of fine wine.

Jamie Goode



**Il senso del luogo
di un vino
e la firma aromatica
dei cru Tedeschi**

*The sense of place
of a wine and the aromatic
signature of Tedeschi's
cru wines*

Prof. Maurizio Ugliano

Dipartimento di Biotecnologie,
Università di Verona

*Department of Biotechnology,
University of Verona*

3.1 Premessa: il senso del luogo di un vino

L'aroma di un vino, così come percepito durante l'assaggio, costituisce uno degli elementi di maggior espressione dell'identità del vino stesso, nonché uno degli aspetti di maggior fascino del mondo vitivinicolo, soprattutto in virtù della sua complessità. Ad esso sono infatti associate descrizioni estremamente articolate, con terminologie talvolta complesse ed evocative, peraltro spesso difficili da comprendere per un consumatore medio. Molto spesso, nella descrizione dell'aroma di un vino, viene chiamata in causa la sua capacità di esprimere i caratteri tipici della varietà di uva, della geografia dei territori di provenienza o della tecnica di produzione. In merito a questo aspetto, l'esistenza di vigneti in grado di trasmettere alle uve e quindi ai vini da esse ottenuti particolari caratteri aromatici ha da sempre rappresentato un elemento di grande interesse per gli enologi, in quanto ad esso si associa la possibilità di produrre vini fortemente unici e riconoscibili, in grado di esprimere al massimo il 'senso del luogo'. Si tratta a tutti gli effetti di una trasposizione su piccola scala del concetto di terroir, più tipicamente associato ad intere regioni vinicole oppure a sottozone all'interno di una denominazione. Tali vigneti, spesso indicati con il termine 'cru', rappresentano quindi un ecosistema in cui un insieme complesso di fattori determina la capacità di produrre sistematicamente vini con caratteristiche distintive a livello aromatico, gustativo, di longevità, quindi complessivamente di riconoscibile identità. Molto spesso la ricerca di tali caratteristiche si associa all'espressione dei caratteri propri della denominazione di origine, ma il singolo produttore può anche ricercare vigneti in grado di esprimere caratteri sensoriali del tutto alternativi, eventualmente in combinazione con pratiche di cantina dedicate a tale obiettivo.

Tra i fattori che determinano le caratteristiche di un vigneto cru, molto spesso ci si sofferma su aspetti quali il suolo, l'esposizione e il sistema di allevamento. Sebbene di ovvio interesse agronomico, nessuno di questi fattori è in grado di definire in maniera univoca il senso del luogo dei vini provenienti da un dato vigneto. Infatti, se come senso del luogo intendiamo l'esistenza di un legame tra l'insieme di sensazioni percepite in degustazione e il luogo di provenienza delle uve, è importante soffermarsi su due aspetti principali:

1. fatta eccezione per le uve Moscato, già per loro natura intensamente odorose, le altre uve non sono caratterizzate da aromi distinti e riconoscibili né in termini varietali né tantomeno per il luogo di provenienza. Possono però esserlo, e spesso infatti lo sono, i vini da esse ottenute. Ne consegue che i caratteri olfattivi associati al senso del luogo di un vino si sviluppano nel corso della vinificazione, che diventa 'motore' per l'espressione del terroir;
2. la varietà dell'uva, spesso poco considerata in relazione al senso del luogo di un vino, è invece un elemento prioritario per la sua espressione. Ad essa si associano infatti i maggiori elementi di unicità e riconoscibilità sensoriale dei vini. Essa inoltre funge da 'filtro' in grado di amplificare o limitare l'impatto delle variabili pedoclimatiche e viticole sulla composizione delle uve e sulle caratteristiche, soprattutto sensoriali, dei vini. L'espressione del senso del luogo di un vino è frutto delle interazioni pianta-ambiente e la varietà d'uva costituisce un fortissimo elemento di modulazione di tale interazione. Tuttavia l'importanza del fattore varietà è probabilmente minore nel contesto del panorama internazionale, nel quale un numero relativamente ristretto di varietà è spesso presente in zone di produzione aventi caratteristiche pedoclimatiche anche molto diverse tra loro. Al contrario, esso è centrale nel contesto viticolo italiano, in cui la maggior parte dei territori produttivi sono contraddistinti da varietà locali.

Alla luce di queste considerazioni, rimane aperta una domanda: è possibile descrivere chimicamente il senso del luogo di un vino? In altre parole, possiamo misurare oggettivamente una proprietà così complessa descrivendone allo stesso tempo la struttura, i composti aromatici ad essa associati e l'origine durante le numerose fasi legate alla produzione dei vini della Valpolicella?

3.1 Foreword: the sense of place of a wine

The aroma of a wine, as perceived during tasting, is one of the elements that best expresses the identity of the wine itself, as well as one of the most fascinating aspects of the wine world. In fact, extremely complex descriptions are associated with wine aroma, with sometimes highly evocative terms which are often difficult for the average consumer to understand. Very often, when describing the aroma of a wine, its ability to express the typical characteristics of the grape variety, the geography of the territories of origin, or the production technique is called into question. About this aspect, the existence of vineyards capable of transmitting particular aromatic characteristics to the grapes and therefore to the wines obtained from them has always represented an element of great interest for oenologists, as it is associated with the possibility of producing highly unique and recognizable wines, capable of expressing a 'sense of place'. This is in effect a small-scale transposition of the concept of terroir, more typically associated with entire wine regions or sub-areas within a denomination. Individual vineyards, often referred to with the term 'cru', therefore represent an ecosystem in which a complex set of factors determines the ability to systematically produce wines with distinctive characteristics in terms of aroma, taste, longevity, and therefore overall recognizable identity. Very often the quest for these characteristics overlaps with the expression of the characters of the denomination of origin, but individual producers can also search for vineyards capable of expressing completely alternative sensory characteristics, often in combination with cellar practices dedicated to this objective.

Among the factors that determine the characteristics of a cru vineyard, very often we focus on aspects such as soil, sun exposure and training system. Although of obvious agronomic interest, none of these factors are capable of univocally defining the sense of place of wines from a given vineyard. In fact, if by sense of place we mean the existence of a link between the set of sensations perceived during tasting and the place of origin of the grapes, it is important to consider on two main aspects:

1. *with the exception of Moscato grapes, which are intensely fragrant, other grapes are not characterized by distinct and recognizable aromas either in varietal terms or even for their place of origin. However, the wines obtained from them can be distinctive and recognizable, and in fact often are. It follows that the olfactory characteristics associated with a wine's sense of place develop during winemaking, which becomes the 'engine' for the expression of the terroir;*
2. *the grape variety, often little considered in relation to the sense of place of a wine, is instead a priority element for its expression. The major elements of uniqueness and sensorial recognizability of the wines are associated intact with it. It also acts as a 'filter' capable of amplifying or limiting the impact of pedoclimatic and viticultural variables on the composition of the grapes and on the characteristics, especially sensorial, of the wines. The expression of a wine's sense of place is the result of plant-environment interactions, and the grape variety constitutes a very strong element of modulation of this interaction. However, the importance of the variety factor is probably less in the context of the international scenario, in which a relatively small number of varieties are often present in production areas with pedoclimatic characteristics that are also very different from each other. On the contrary, it is central in the Italian viticultural context, in which most of the production territories are characterized by local varieties.*

With all this in mind, one question remains open: is it possible to chemically describe the sense of place of a wine? In other words, can we objectively measure such complex property, and at the same time describe its structure, the aroma compounds that are associated with it, and how they originate during the many steps associated with production of valpolicella wines?

3.2 L'aroma del vino

Gli studi sulla composizione aromatica dei vini iniziano negli anni '70 del secolo scorso, ma ancora oggi sono frequenti le ricerche che mettono in luce l'esistenza di nuovi composti aromatici finora mai riportati nelle uve o nei vini. Complessivamente ad oggi sono state osservate nei vini diverse centinaia di composti aromatici, di cui però solo un centinaio contribuisce in maniera significativa all'aroma percepito. Le ragioni di tale apparente discrepanza sono legate alle modalità con cui vengono percepiti gli odori. Il cuore del nostro apparato olfattivo è costituito da una piccola porzione di tessuto presente all'interno delle fosse nasali, chiamato epitelio olfattivo. Esso contiene un elevatissimo numero di cellule altamente specializzate chiamate recettori olfattivi, in grado di legarsi alle sostanze odorose generando uno stimolo che viene poi elaborato dal nostro cervello, e che porta alla percezione e al riconoscimento degli odori.

Un primo aspetto fondamentale per definire il possibile impatto di una sostanza aromatica è legato alla sua concentrazione, ossia alla quantità di essa presente in un dato volume del campione che stiamo odorando. Da questo punto di vista, sostanze presenti in elevate concentrazioni hanno maggiori probabilità di contribuire all'odore percepito, in quanto esse riusciranno a stimolare un maggior numero di recettori olfattivi. Un altro aspetto importante riguarda la volatilità della sostanza in questione, visto che per poter raggiungere l'epitelio olfattivo occorre che una data sostanza sia presente in forma gassosa. Un terzo aspetto più complesso ma estremamente importante ed affascinante riguarda poi la capacità di ciascuna sostanza di legarsi ai recettori olfattivi. Da questo punto di vista, accade spesso che sostanze presenti in concentrazioni simili e aventi una volatilità comparabile diano luogo a stimoli odorosi di intensità molto diverse. È questo il caso dell'etanolo, che pur essendo il secondo principale costituente del vino ed avendo un indubbio impatto odoroso, non rappresenta il principale odore che percepiamo durante la degustazione. In maniera analoga ma inversa, alcuni composti presenti in quantità infinitesimali sono in grado di impartire odori molto intensi e facilmente identificabili, grazie alla loro forte affinità con alcuni recettori. È questo il caso ad esempio dei composti solforati responsabili del caratteristico odore dei vini Sauvignon blanc, oppure del tricloroanisolo (TCA), sostanza che causa il sentore di tappo.

Per semplificare questo quadro complesso, negli studi sulla chimica dell'aroma ci si avvale spesso del concetto di soglia di percezione, definita come la concentrazione minima a partire dalla quale l'odore di una data sostanza verrà percepito da un gruppo di assaggiatori. Da questo concetto scaturisce un parametro di comune interesse in chimica degli aromi, ossia l'OAV (*Odour Activity Value*), definito come il rapporto tra la concentrazione di cui una data sostanza è presente in un campione (ad esempio in un vino) e la sua soglia di percezione. Pertanto, composti con OAV più elevato hanno maggior probabilità di influenzare il quadro olfattivo di un vino. Sebbene considerato da diversi studiosi un approccio alquanto semplicistico al complesso mondo della percezione olfattiva, l'uso degli OAV consente di 'classificare' le centinaia di sostanze potenzialmente odorose presenti in un vino, aiutandoci a definire quelle che, con buona approssimazione, costituiscono la base chimica delle sensazioni odorose percepite durante l'assaggio.

3.2 L'aroma del vino

Studies on the aromatic composition of wines began in the 1970s, but even today are not rare researches that highlight the occurrence of aroma compounds never reported in grapes or wines. Overall, to date, several hundred aroma compounds have been observed in wines, of which, however, only about a hundred is likely to contribute significantly to the perceived aroma. The reasons for this apparent discrepancy are linked to the ways in which odors are perceived. The core of our olfactory system is made up of a small portion of tissue present inside the nostrils, called olfactory epithelium. It contains a very large number of highly specialized cells called olfactory receptors, capable of binding to odorous substances, generating a stimulus which is then processed by our brain, thus leading to the perception and recognition of odors.

A first fundamental aspect to define the possible impact of an aromatic substance is linked to its concentration, i.e. the quantity present in each volume of the sample we are smelling. From this point of view, substances present in high concentrations are more likely to contribute to the perceived odor, as they will be able to stimulate a greater number of olfactory receptors. Another important aspect concerns the volatility of the substance in question, given that in order to reach the olfactory epithelium a given substance must be present in gaseous form. A third more complex but extremely important and fascinating aspect concerns the ability of each substance to bind to the olfactory receptors. From this point of view, it often happens that substances present in similar concentrations and having a comparable volatility give rise to odorous stimuli of very different intensities. This is the case of ethanol, which despite being the second main constituent of wine and having an undoubted odorous impact, is not the main odor we perceive during tasting. In a similar but inverse way, some compounds present in infinitesimal quantities are capable of imparting very intense and easily identifiable odors, thanks to their strong affinity for some receptors. This is the case, for example, of sulfur compounds responsible for the characteristic odor of Sauvignon blanc wines, or of trichloroanisole (TCA), the substance that causes the smell of cork taint.

To simplify this complex picture, in studies on the chemistry of aroma the concept of perception threshold is often used, defined as the minimum concentration above which the odor of a given substance will be perceived by a group of tasters. From this concept arises a parameter of common interest in aroma chemistry, namely the OAV (Odor Activity Value), defined as the ratio between the concentration at which a given substance is present in a sample (for example in a wine) and its perception threshold in that same matrix. Therefore, compounds with higher OAV are more likely to influence our odor perception during tasting. Although considered by several scholars to be a rather simplistic approach to the complex world of olfactory perception, the use of OAVs allows us to 'classify' the hundreds of potentially odorous substances present in a wine, helping us to define those which, with good approximation, constitute the basis chemistry of the odorous sensations perceived during tasting.

3.3 Caratteri aromatici varietali dei vini della Valpolicella

Riportando queste considerazioni su quanto detto finora sul senso del luogo di un vino, un primo passaggio fondamentale nel contesto dei vini della Valpolicella riguarda la definizione delle caratteristiche olfattive dei vini ottenuti dalle principali uve del territorio, ossia Corvina e Corvinone. Si tratta peraltro di un aspetto interessante in quanto tali uve, in particolare il Corvinone, raramente vengono utilizzate per l'impiego di vini monovarietali essendo la denominazione della Valpolicella tradizionalmente basata sull'assemblaggio. La possibilità di assaggiare tali vini in purezza è pertanto piuttosto rara e va detto che le diverse uve che compongono il classico blend della Valpolicella hanno caratteristiche piuttosto diverse, sicché l'assemblaggio offre la possibilità di arrivare a un equilibrio e a una complessità ottimali.

Raggruppando per classi di odore i composti odorosi con maggior OAV tra quelli misurati è possibile definire, a grandi linee, un profilo olfattivo dei vini ottenuti da queste due varietà (figura 1). I vini Corvina si caratterizzano per una maggior intensità del carattere di frutti rossi e delle note floreali, mentre nel caso dei vini Corvinone i composti associati a note vegetali e speziate risultano maggiormente presenti. Si tratta quindi di due profili alquanto complementari nella costruzione stilistica dei vini della Valpolicella, nei quali accanto alle note fruttate, caratteristiche dei vini rossi, sono presenti aromi floreali, di spezie dolci, pepe e tabacco.

Il caso della Corvina, con il suo contenuto relativamente elevato di terpeni, rappresenta un caso interessante nel contesto dei vini rossi non aromatici, con diverse e importanti implicazioni per la qualità aromatica dei vini a base Corvina (si veda scheda 1).

3.3 Varietal aromatic characteristics of Valpolicella wines

Bringing these considerations back to what has been said so far about the sense of place of a wine, a first fundamental step in the context of Valpolicella wines concerns the definition of the aroma chemical characteristics of the wines obtained from the main Valpolicella grapes, namely Corvina and Corvinone. This is also an interesting aspect as these grapes, in particular Corvinone, are rarely used for single-varietal wines, as the Valpolicella denomination is traditionally based on blending. The possibility of tasting monovarietal examples of such wines is therefore rather rare, and it must also be said that the different grapes that make up the classic Valpolicella blend have rather different characteristics, so the blend offers the possibility of achieving optimal balance and complexity.

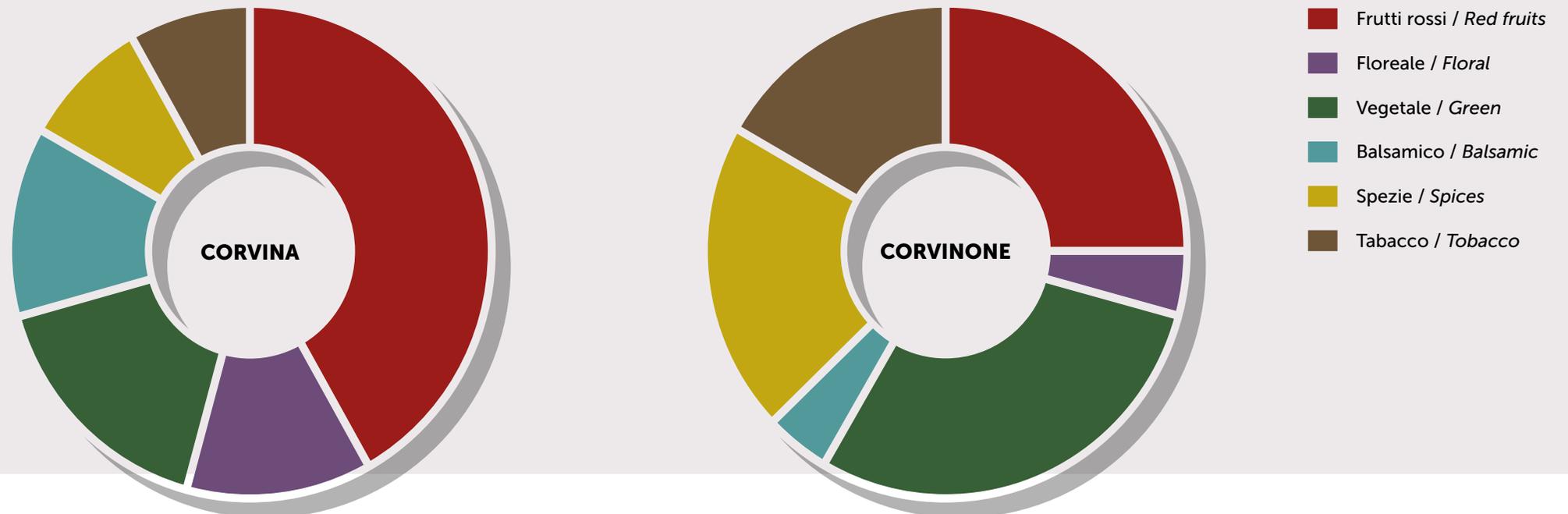
By grouping the various odor compounds with the highest OAV into series having same or at least similar odour descriptors, it is possible to define, in broad terms, an olfactory profile of the wines obtained from these two varieties (figure 1). Corvina wines are characterized by a greater presence of red fruits and floral notes, while in the case of Corvinone wines the compounds associated with vegetal and spicy notes are more present. These are therefore two rather complementary profiles in the stylistic construction of Valpolicella wines, in which alongside the fruity notes, characteristic of red wines, there are floral aromas, sweet spices, pepper and tobacco.

The case of Corvina, with its high terpene content, represents a rather unique case in the red grape scenario, having various important implications for wine aroma (see sheet 1),

Fig. 1

Distribuzione delle serie odorose dei principali composti aromatici di Corvina e Corvinone

Distribution of odor series of Corvina and Corvinone main aroma compounds



Aromi floreali e mentolati: il carattere varietale dei vini Corvina

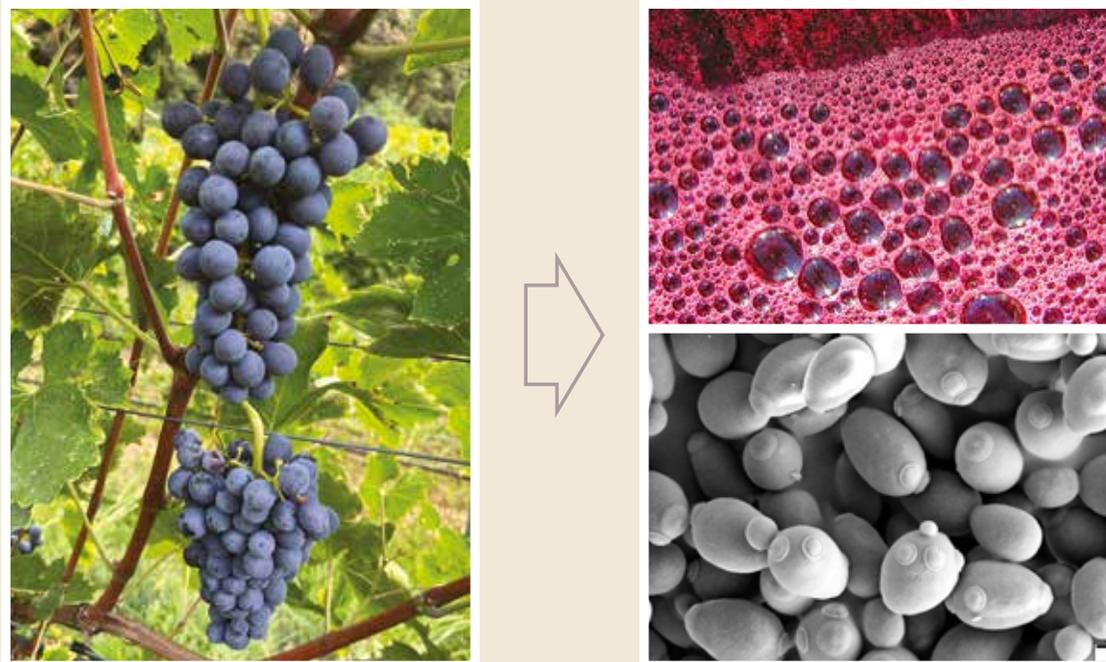
Le uve Corvina sono aromaticamente neutre e mostrano blandi aromi vegetali dopo la pigiatura. Tuttavia, durante la fermentazione e successivamente vengono rilasciati terpeni aromaticamente attivi. Questi composti sono fortemente associati all'espressione del senso del luogo del vino, con alcuni vigneti che forniscono vini con un contenuto di terpeni costantemente più elevato. Tra i terpeni chiave della Corvina, il linalolo e l'1,8-cienolo (eucaliptolo) sono di particolare interesse.

Il **linalolo** è un terpene dagli intensi aromi di **fiore d'arancio**. Viene rilasciato dall'azione degli **enzimi glicosidasi del lievito** durante la fermentazione. È il terpene principale dei vini giovani prodotti da uve Corvina. La sua presenza è fortemente **influenzata dall'annata e dal vigneto di origine** (figura A), rendendo questo composto un importante indicatore del senso del luogo della Valpolicella. Durante i nostri studi, è stato riscontrato che i vini del vigneto La Fabriseria si distinguono per un contenuto di linalolo più elevato.

Fig. A

Contenuto di linalolo nei vini ottenuti da 5 differenti vigneti in 3 annate consecutive

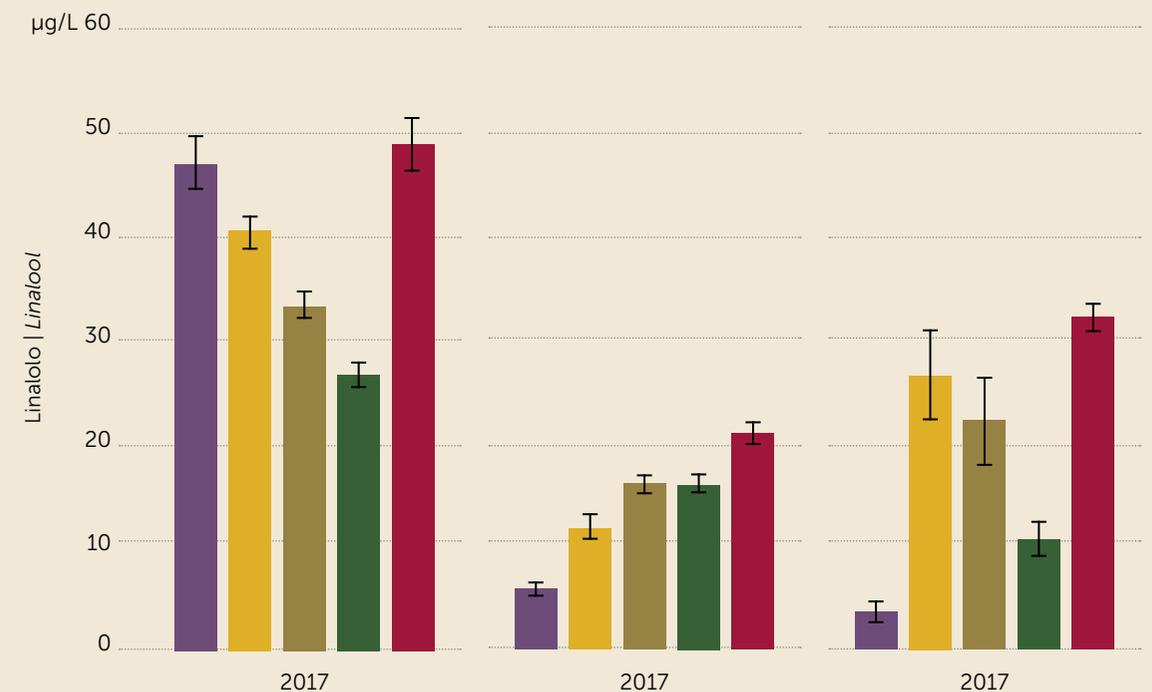
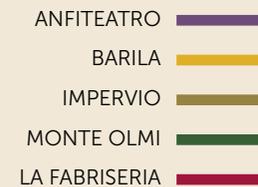
Linalool content of wines from 5 different vineyards in 3 vintages



Flowery and minty aromas: the varietal character of Corvina wines

Corvina grapes are aromatically neutral, exhibiting faint green aromas upon crushing. However, during fermentation and subsequent aroma-active terpenes are released. These compounds are strongly associated with expression of wine sense of place, with some vineyards providing wines with consistently higher terpene content. Among key Corvina terpenes, linalool and 1,8-cineol (eucalyptol) are of particular relevance.

*Linalool is a terpene exhibiting intense aromas of orange blossom. It is released by the action of yeast glycosidase enzymes during fermentation. It is the **main terpene in young Corvina wines**. Its presence is strongly affected by vintage and vineyard of origin (figure A), making this compound a major marker of Valpolicella sense of place. During our studies, La Fabriseria was found to give wines with higher linalool content.*



Nel corso dell'invecchiamento del vino si assiste alla formazione di nuovi terpeni, alcuni in grado di introdurre nuove sfumature aromatiche. L'**1,8-cineolo**, noto anche come **eucaliptolo**, è un terpene aromatico molto potente. Al pH del vino, il linalolo si degrada lentamente per produrre 1,8-cineolo, in grado di conferire al **vino aromi freschi, di menta ed eucalipto**.

Il contenuto di 1,8-cineolo del vino dopo un periodo di invecchiamento è proporzionale alla quantità di linalolo originariamente presente nei vini giovani (figura B), ma esiste anche un "fattore annata". In alcune annate si è formato più 1,8-cineolo per una data quantità di linalolo presente nel vino giovane. Ciò è correlato al pH del vino, con un pH più basso che supporta la formazione di 1,8-cineolo.

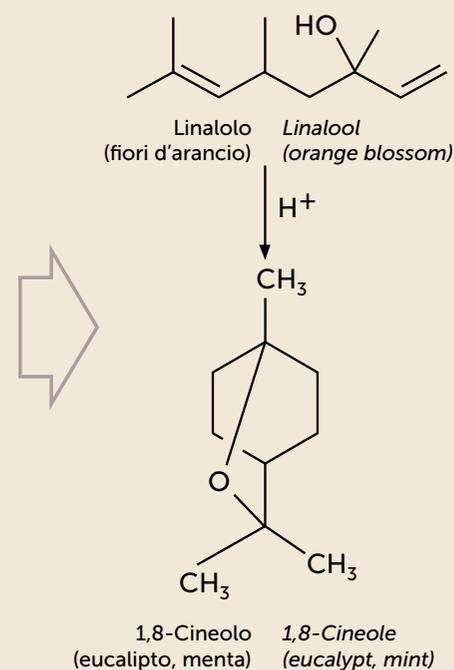
As the wine ages novel terpenes are formed, introducing new aroma nuances in the wine. **1,8-Cineole**, also known as **eucalyptol**, is a very potent aromatic terpene. At wine pH, linalool slowly degrades to produce 1,8-cineole, potentially imparting **fresh, minty, eucalypt aromas to the wine**.

The content of 1,8-cineole of wine after a period of aging is proportional to the amount of linalool originally present in young the wines (figure B), but there is also a 'vintage factor'. During certain vintages more 1,8-cineole was formed for a given amount of linalool present in the young wine. This was related to wine pH, with lower pH supporting 1,8-cineole formation.

Fig. B

Relazione tra linalolo e 1,8-cineolo

Relationship between linalool and 1,8-cineole



3.4 L'impronta aromatica dei vini cru: misurare e descrivere il senso del luogo

Alla luce di quanto detto sinora, è necessario fare una considerazione di carattere metodologico. Troppo spesso nella ricerca dei caratteri che compongono il senso del luogo di un vino siamo portati a considerare il fatto che vigneti diversi danno vini diversi come una prova dell'esistenza del senso del luogo di un vino. In realtà questo è vero solo in parte, in quanto tale osservazione non è che la prova tangibile dell'influenza del vigneto di origine delle uve sulle caratteristiche del vino finito. Affinché gli elementi che contraddistinguono i vini da singoli vigneti (spesso definiti cru) possano essere considerati la prova oggettiva dell'esistenza del senso del luogo, occorre che essi si presentino in maniera sistematica in annate differenti, andando quindi a costituire una prova dell'identità di quel luogo. Volendo tracciare un parallelo con un altro contesto più familiare quale ad esempio quello dei luoghi simbolo delle città, possiamo dire che la Tour Eiffel è il simbolo di Parigi fintanto che la ritroviamo al suo posto ogni volta che ci andiamo, ma se di volta in volta al suo posto trovassimo una costruzione diversa non la considereremmo l'emblema della città. In aggiunta, occorre che tali elementi siano presenti al di là dell'influenza della tecnica di vinificazione. Troppo spesso troviamo in commercio vini da singoli vigneti che però sono anche stati vinificati in maniera differente (ad esempio con un maggior contributo del legno di rovere) e questo rende difficile stabilire, all'assaggio, l'effettiva esistenza di un legame tra luogo di provenienza delle uve e caratteristiche dei vini.

Partendo da queste considerazioni, nel corso del progetto intrapreso dall'azienda Tedeschi con l'Università di Verona, cinque vigneti facenti parte delle proprietà aziendali sono stati studiati nel corso di tre annate consecutive (2017-2019), per valutare la loro capacità di esprimere caratteri aromatici tipici dei luoghi di provenienza e per comprendere i fenomeni maggiormente associati a tale capacità. Nel corso dello studio non si è cercato di mettere in evidenza il contributo di fattori agronomici quali caratteristiche del suolo, esposizione, resa per ettaro, ma piuttosto di comprendere due aspetti centrali:

1. se esiste davvero, in vini provenienti da singoli vigneti e su diverse annate, un senso del luogo distintivo e misurabile, e, se sì, attraverso quali sostanze aromatiche esso si manifesta;
2. quali sono i processi e le fasi della vita di un vino e attraverso i quali si crea il suo senso del luogo.

I cinque vigneti con le relative caratteristiche di base sono indicati nella figura 2. Tre di essi (Anfiteatro, Barila, Impervio) si trovano nella tenuta di Maternigo, situata nella zona orientale della Valpolicella. Si tratta di piccole parcelle, in alcuni casi adiacenti tra loro (come nel caso dei vigneti Barila e Impervio), ma aventi esposizione e altitudine leggermente diverse pur essendo localizzate a distanza di poche centinaia di metri. Le altre due, ossia Monte Olmi e La Fabriseria, si trovano in due diversi punti della Valpolicella Classica, caratterizzati da esposizione, sistema di allevamento e altitudini differenti.

Da questi cinque vigneti sono state prelevati lotti di uva di circa 15 kg ciascuno, in ognuna delle tre annate, che sono stati vinificati in tre repliche da 3.5 kg ciascuna presso i laboratori dell'università, seguendo un protocollo standard di vinificazione in rosso che prevede condizioni altamente standardizzate e replicabili, senza nessun aggiustamento di acidità, pH o nutrienti di fermentazione né contatto con contenitori di legno.

3.4 The aromatic signature of cru wines: measuring and describing the sense of place of a wine

In light of what has been said so far, it is necessary to make a methodological consideration. Too often in the search for the characteristics that make up the sense of place of a wine we are led to consider the fact that different vineyards produce different wines as proof of the existence of a sense of place of a wine. In reality, this is only partially true, as this observation is just the tangible proof of the influence of the vineyard of origin of the grapes on the characteristics of the finished wine. In order for the elements that distinguish the wines from individual vineyards (often defined as cru) to be considered objective proof of the existence of a sense of place, they must present themselves in a systematic manner in different vintages, thus constituting proof of the identity of that place. Wanting to draw a parallel with another more familiar context such as that of the iconic urban sites, we can say that the Eiffel Tower is the symbol of Paris as long as we find it in its place every time we go there, but if occasionally we were to find a different monument in that same place we would not consider it the emblem of the city anymore. In addition, these elements must be present beyond the influence of the winemaking technique. Too often we find on the market wines from single vineyards which have also been vinified in a different way (for example with a greater contribution of oak wood), and this makes it difficult to establish, upon tasting, the actual existence of a link between place origin of the grapes and characteristics of the wines.

Consequently, during the project undertaken by Tedeschi and the University of Verona, we did not try to highlight the contribution of agronomic factors such as soil characteristics, exposure, yield per hectare. Not only this has been done before, but in practical terms it does not provide any real evidence for the existence a distinctive aroma signature in the wines. Conversely, our objective was to understand two central aspects:

1. *whether a distinctive and measurable sense of place really exists in wines from single vineyards and across different vintages, and, if so, through which aromatic substances it manifests itself;*
2. *what are the processes and phases in the life of a wine and through which its sense of place is created.*

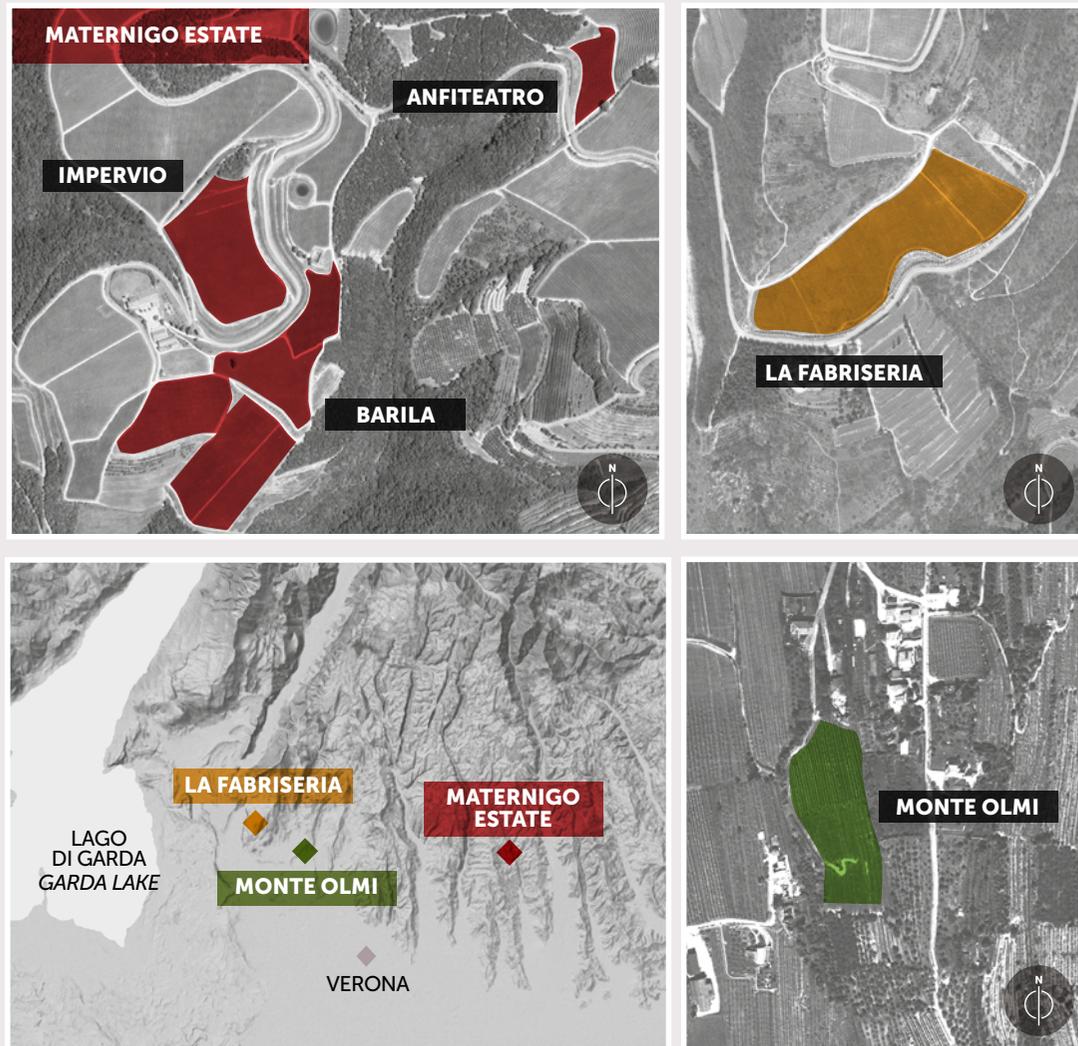
For this purpose, five vineyards belonging to the company properties were studied to evaluate their ability to express aromatic characteristics associated to their places of origin over the course of three consecutive vintages (2017-2019), and to understand the phenomena most associated with this ability. During the study but rather. The five vineyards with their main characteristics are indicated in the figure 2. Three of them (Anfiteatro, Barila, and Impervio) are located on the Maternigo estate, in the eastern part of Valpolicella. These are small parcels, in some cases adjacent to each other (as in the case of vineyards Impervio and Barila), but having slightly different exposure and altitude, despite being located a few hundred meters apart. The other two vineyards (Monte Olmi and Fabriseria) are located in two different points of the Valpolicella Classica, characterized by different exposure, training system and altitudes.

For the vinifications, lots of grapes weighing approximately 15 kg each were taken from these five vineyards, in each of the three vintages, which were vinified in three replicates of 3.5 kg each at the university laboratories, following a standard red vinification protocol which included highly standardized and replicable conditions, without any adjustment of acidity, pH or fermentation nutrients or contact with wooden containers.

Fig. 2

Ubicazione e caratteristiche
dei vigneti analizzati

Location and characteristics
of the vineyards investigated



Vigneti Vineyards	Superficie Surface	Caratteristiche Characteristics
1. Anfiteatro	1 ha	<p>pendenza / slope > 10 / 30%</p> <p>terrazzamento / terraced > s.l.m. 420 - 485 m a.s.l.</p> <p>sud-sud ovest / south - south west</p> <p>sabbia / sand > 35 / 40%</p> <p>argilla / clay > 20 / 25%</p> <p>limo / slit > 35 / 40%</p>
2. Barila	3 ha	<p>pendenza / slope > 20/30%</p> <p>terrazzamento / terraced > s.l.m. 290 - 345 m a.s.l.</p> <p>sud-sud est / south - south east</p> <p>sabbia / sand > 40 / 45%</p> <p>argilla / clay > 25 / 30%</p> <p>limo / slit > 25 / 35%</p>
3. Impervio	3 ha	<p>pendenza / slope > 30 / 35%</p> <p>terrazzamento / terraced > s.l.m. 270 - 370 m a.s.l.</p> <p>nord-sud ovest / north - south west</p> <p>sabbia / sand > 35 / 45%</p> <p>argilla / clay > 20 / 30%</p> <p>limo / slit > 25 / 45%</p>
4. Monte Olmi	2,5 ha	<p>pendenza / slope > 70%</p> <p>terrazzamento / terraced > s.l.m. 150 - 195 m a.s.l.</p> <p>ovest / west</p> <p>sabbia / sand > 45%</p> <p>argilla / clay > 20 / 25%</p> <p>limo / slit > 30 / 35%</p>
5. La Fabriseria	7 ha	<p>pendenza / slope > 30%</p> <p>terrazzamento / terraced > s.l.m. 430 - 500 m a.s.l.</p> <p>ovest / west</p> <p>sabbia / sand > 46%</p> <p>argilla / clay > 17%</p> <p>limo / slit > 38%</p>

3.5 L'impronta aromatica dei singoli cru e il ruolo del fattore annata

Nella figura 3 è mostrata un'analisi delle componenti principali (PCA) relativa ai composti aromatici presenti nei vini prodotti con uve Corvina e Corvinone dei cinque differenti vigneti sulle tre annate. La PCA è una tecnica di analisi multivariata che consente di trattare matrici complesse di dati, con l'obiettivo di mettere in evidenza le principali tendenze esistenti nei dati stessi, quindi ad esempio comprendere quale variabile influenzi maggiormente la distribuzione dei dati. La lettura degli stessi può essere effettuata a vari livelli di complessità, ma per lo scopo della presente trattazione possiamo soffermarci sul valutare la distribuzione dei campioni sulle due dimensioni principali, ossia quelle che in ciascun grafico vanno da sinistra verso destra e dal basso verso l'alto. Come si può chiaramente vedere, l'annata ha un effetto preponderante sulla composizione aromatica dei vini, in quanto indipendentemente dal vigneto di provenienza delle uve, i vini di ciascuna annata sono ben raggruppati tra loro, con i campioni del 2017 collocati nella parte in alto a sinistra, quelli del 2018 nella parte centrale in basso e quelli del 2019 nella parte in alto a destra. Tale distribuzione equivale a dire che i vini di ciascuna annata sono tra di loro simili in termini di composizione aromatica, al di là delle potenziali differenze legate alla varietà e al vigneto.

Pertanto, l'annata è da considerarsi un fortissimo modulatore della composizione aromatica dei vini, in prima istanza più forte del vigneto di provenienza delle uve. Ad esempio, annate più fresche, come la 2017, sono hanno sempre espresso un aumento del contenuto di terpeni del vino (figura 3).

3.5 The aroma signature of individual crus and the role of the vintage factor

Figure 3 shows a principal component analysis (PCA) relating to the aromatic compounds present in the Corvina and Corvinone of the five different vineyards over the three vintages. PCA is a multivariate analysis technique that allows you to treat complex matrices of data, with the aim of highlighting the main trends existing in the data themselves, therefore, for example, understanding which variable most influences the distribution of the data. The reading of the data can be carried out at various levels of complexity; but for the purpose of this discussion we can focus on evaluating the distribution of the samples on the two main dimensions, i.e. those which in each graph go from left to right and from bottom to top. high. As can be clearly seen, the vintage has a preponderant effect on the aromatic composition of the wines, as regardless of the vineyard from which the grapes come from, the wines of each vintage are well grouped together, with the 2017 samples placed in the upper part on the left, those from 2018 in the lower central part, and those from 2019 in the upper right part. This distribution is equivalent to saying that the wines of each vintage are similar to each other in terms of aromatic composition, beyond the potential differences linked to the variety and vineyard.

Therefore, the vintage is to be considered a very strong modulator of the aromatic composition of the wines, in the first instance stronger than the vineyard of origin of the grapes. For example, cooler vintages such as 2017, were associated with increased wine terpene content (figure 3).



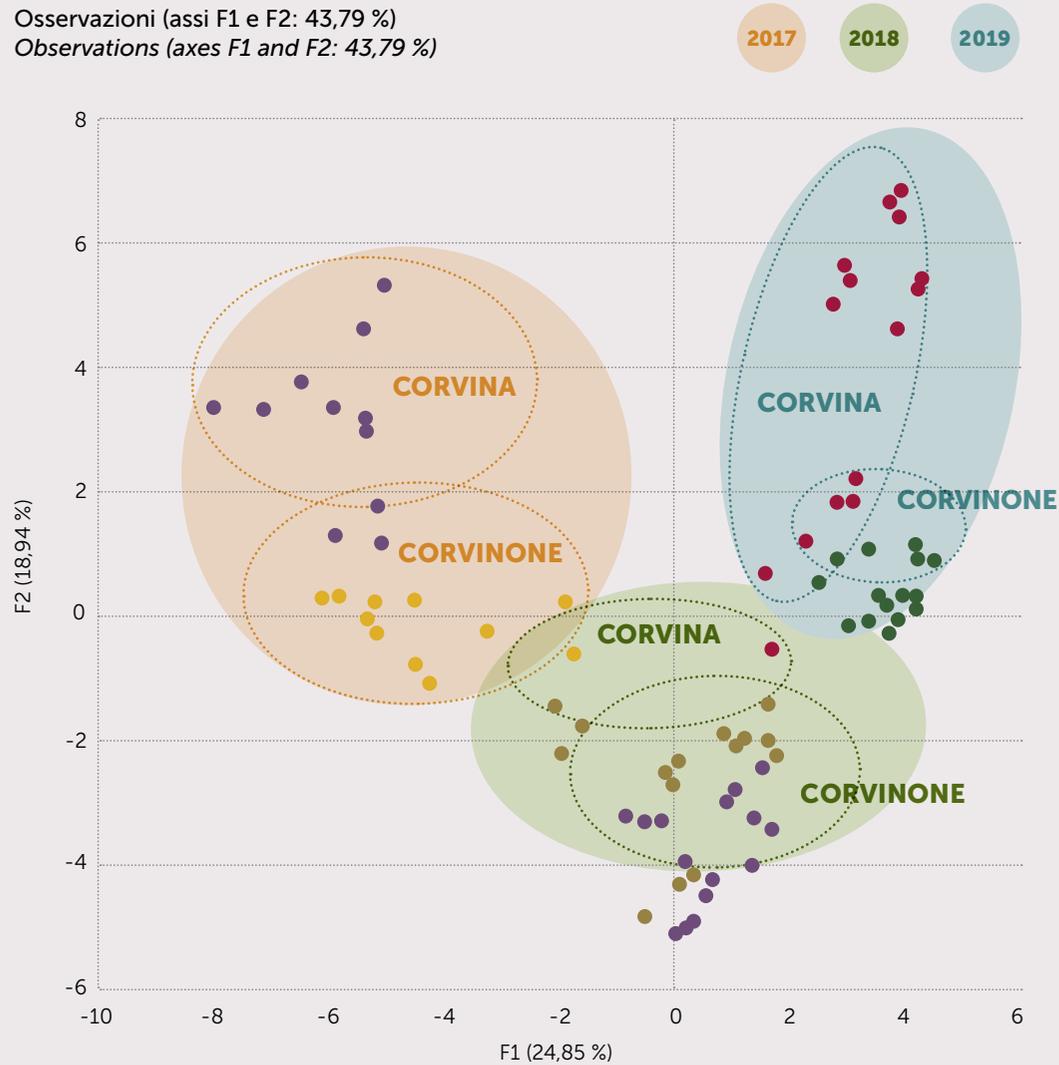
Fig. 3

Sintesi dell'effetto dell'annata comprendente:
analisi delle componenti principali (PCA)
della composizione volatile dei dati combinati
dei vini Corvina e Corvinone per le tre annate

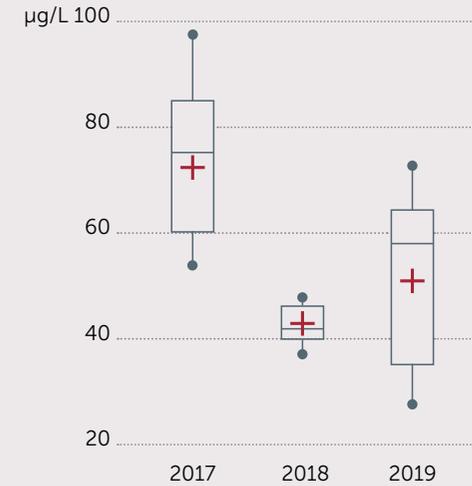
Summary of the vintage effect including:
Principal Component Analysis (PCA) of the volatile
composition of combined Corvina and Corvinone
wines data for the three vintages (2017-2019)

- ANFITEATRO ●
- BARILA ●
- IMPERVIO ●
- MONTE OLMI ●
- LA FABRISERIA ●

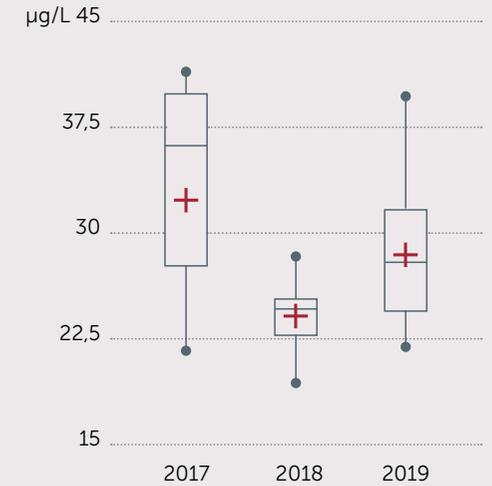
Osservazioni (assi F1 e F2: 43,79 %)
Observations (axes F1 and F2: 43,79 %)



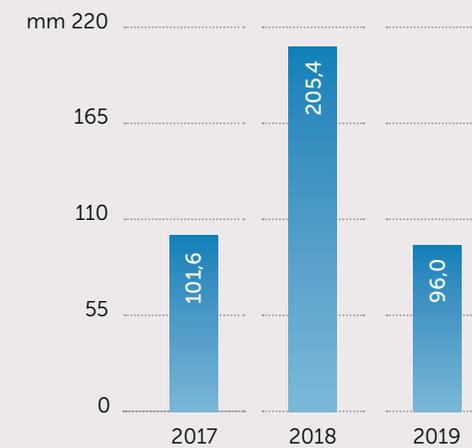
CORVINA
Terpeni totali / Total terpenes



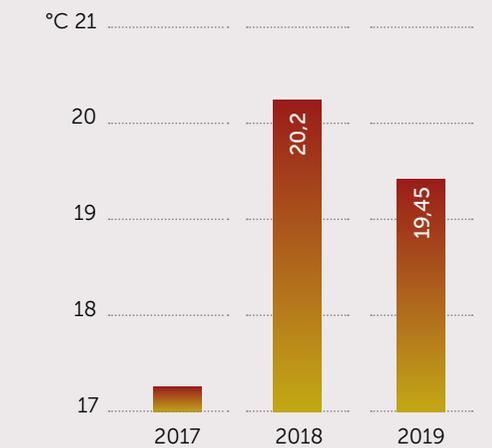
CORVINONE
Terpeni totali / Total terpenes



Somma delle piogge (settembre)
Sum of rains (september)



Temperatura media (settembre)
Average temperature (september)



Cosa resta quindi dell'ipotesi che un vino possa esprimere il senso del proprio luogo di provenienza? In realtà, quando una variabile ha un ruolo così impattante, come nel caso dell'annata nel nostro studio, è difficile riuscire ad osservare il contributo di altri fattori, che subiscono quindi una sorta di oscuramento. Tuttavia, sebbene la PCA consenta di avere una panoramica comprensiva dell'insieme dei dati, è spesso più utile concentrarsi su alcuni composti di particolare interesse, con l'obiettivo di cogliere andamenti e comportamenti che a una valutazione di insieme possono risultare di difficile visualizzazione.

Nel nostro caso, la scelta è caduta sul linalolo, un composto di natura terpenica dal caratteristico odore di fiori d'arancio, che già in precedenza avevamo identificato come marcatore aromatico tipico dei vini della Valpolicella. Osservando i dati in figura 4 è possibile notare chiaramente che, a fronte delle notevoli variazioni legate all'annata, il contenuto di linalolo dei vini è sempre più elevato nel caso del vigneto La Fabriseria.

Esiste quindi una tendenza di alcuni vigneti a dare vini con un contenuto maggiore o minore di specifici composti aromatici, a supporto quindi dell'ipotesi che il senso del luogo di un vino possa essere associato a specifici composti aromatici e quindi possa essere descritto e misurato analiticamente.

So what remains of the hypothesis that a wine can express the sense of its place of origin? In reality, when a variable has such an impactful role, as in the case of the vintage in our study, it is difficult to observe the contribution of other factors, which suffer from a sort of masking effect. However, although PCA allows for a comprehensive overview of the data set, it is often more useful to focus on a few compounds of particular interest, with the aim of capturing trends and behaviors that may be difficult to visualize when assessed as a whole.

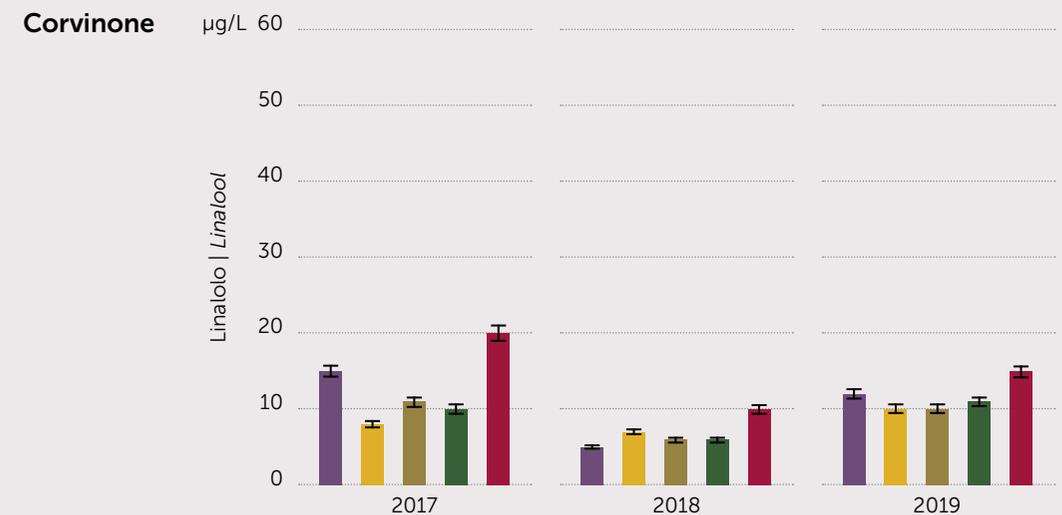
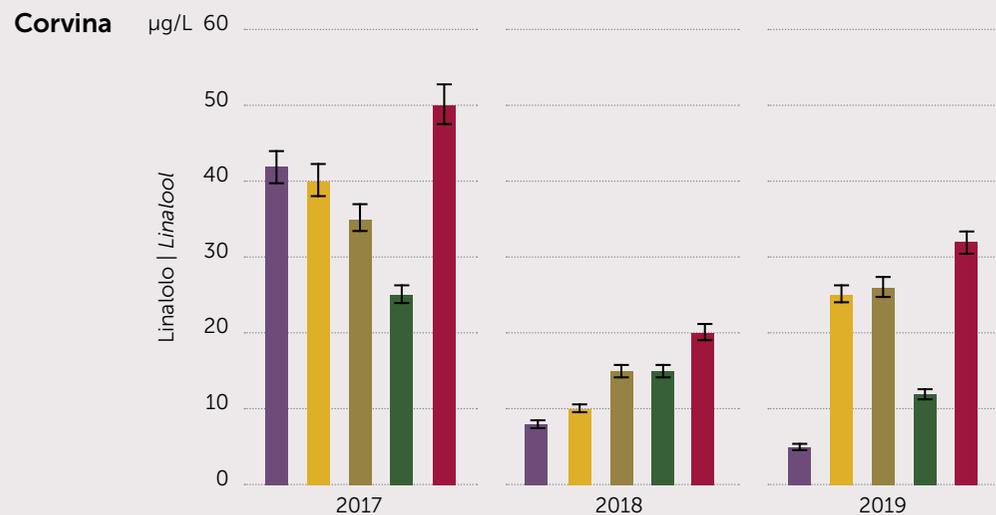
In our case, the choice fell on linalool, a terpene compound with the characteristic smell of orange blossom, which we had previously identified as a typical aromatic marker of Valpolicella wines. Observing the data in figure 4 it is possible to clearly note that, given the notable variations linked to the vintage, the linalool content of the wines is always higher in the case of La Fabriseria vineyard.

There is therefore a tendency for some vineyards to produce wines with greater or lesser than specific aromatic compounds, therefore supporting the hypothesis that the sense of place of a wine can be associated with specific aromatic compounds, and therefore can be described and measured analytically.

Fig. 4

Contenuto di linalolo nei vini cru Corvina e Corvinone nelle tre annate consecutive

Linalool content of Corvina and Corvinone cru wines in the three consecutive vintages



Partendo da questa osservazione, ci siamo avvalsi di alcune tecniche di trattamento dei dati utili a mettere in evidenza il ruolo di variabili non preponderanti, procedendo poi con nuove elaborazioni di tipo PCA. Dai dati ottenuti con questo nuovo approccio, in cui il peso dell'annata viene 'normalizzato' (figure 5 e 6), appare in maniera chiarissima l'esistenza di un'impronta aromatica caratteristica dei vini provenienti da ciascuno dei cinque vigneti, confermando quindi la possibilità di analizzare, descrivere e misurare il senso del luogo di un vino. Infatti, la principale suddivisione che si osserva ora tra i campioni non è più legata all'annata ma al vigneto di provenienza. In particolare, nel caso dei vini Corvina, i vigneti sono ben separati lungo la prima componente, quella che va da sinistra verso destra, con due gruppi principali, il primo comprendente Barila, Impervio e La Fabriseria, e il secondo comprendente Monte Olmi e Anfiteatro. La seconda componente, che va dal basso verso l'altro, consente di separare ulteriormente i vini ottenuti dai vigneti del primo gruppo, con Barila posizionato nella parte a destra in basso, La Fabriseria in alto a destra e Impervio al centro. Allo stesso modo, per quel che riguarda il secondo gruppo, Monte Olmi si distingue chiaramente da Anfiteatro, essendo i rispettivi vini posizionati rispettivamente nella parte alta e in quella bassa del quadrante di destra. Visto che tale distribuzione è ottenuta a partire dai dati di composizione della frazione volatile dei vini, è possibile concludere che i vini ottenuti da ciascun vigneto presentano, in maniera più o meno marcata, una specifica composizione aromatica, frutto dell'insieme dei fenomeni associati alle interazioni pianta-ambiente caratteristiche di ciascun sito. Come si vedrà più avanti, l'insieme di tali interazioni determina però un quadro complesso nel quale, a differenza di quanto ci si potrebbe aspettare, i principali composti aromatici caratteristici del senso del luogo di ciascun vino non sono già presenti nelle uve ma si formano durante la vinificazione. Uno scenario sostanzialmente analogo riguarda i vini Corvinone, per i quali tra l'altro si osserva anche una chiara distinzione tra campioni di Maternigo e degli altri due vigneti. Come si vedrà successivamente, la combinazione dei vari fattori che determinano i diversi profili aromatici contribuisce a creare uno scenario complesso nel quale, a differenza di quanto ci si potrebbe aspettare, i composti aromatici principalmente responsabili del senso del luogo non sono solo quelli presenti nell'uva ma anche quelli formati nel corso della vinificazione.

Dall'insieme di tali osservazioni possiamo arrivare ad una prima interessante conclusione: la capacità di un vino di esprimere il senso del proprio luogo di provenienza, qualsiasi esso sia, varia in funzione dell'annata. In alcune annate le condizioni climatiche e le scelte relative all'epoca di raccolta favoriscono la presenza di composti aromatici chiave: in queste annate il senso del luogo dei vini può essere espresso con maggiore intensità. Al contrario, nelle annate meno favorevoli all'accumulo di tali composti, tale intensità sarà probabilmente minore. È quindi all'interno di questa macro-variabilità stagionale che si iscrivono le differenze legate all'individualità di ciascun vigneto, da considerarsi ecosistema complesso che comprende la vite e le sue interazioni con il suolo e con l'ambiente circostante.

Tale individualità esiste e costituisce un fattore di distintività sistematico che si ripresenta anno dopo anno. Tuttavia sarebbe sbagliato aspettarsi che un certo vigneto anno dopo anno dia sempre vini con un certo carattere olfattivo chiaramente riconoscibile, perché questo dipende dal contenuto di determinate sostanze aromatiche, che, come abbiamo visto, è subordinato alle condizioni della singola annata. Ciononostante, i dati da noi ottenuti mostrano chiaramente che, all'interno dei comportamenti caratteristici della singola annata, i vigneti con maggiore attitudine ad esprimere certi composti aromatici saranno sempre caratterizzati da livelli più elevati di tali composti, che diventano quindi la base chimica dell'espressione del senso del luogo di un vino.

Starting from this observation, we made use of some data processing techniques useful for highlighting the role of non-preponderant variables, then proceeding with new PCA-type processing. From the data obtained with this new approach, in which the weight of the vintage is 'normalised' (figures 5 and 6), the existence of a characteristic aromatic signature of the wines coming from each of the five vineyards appears very clearly; thus confirming the possibility to analyze, describe and measure a wine's sense of place.

In fact, the main separation that is now observed among the samples is no longer linked to the vintage but to the vineyard of origin. As this elaboration is obtained using the data of the volatile composition of the wines, it is a clear confirmation that the wine obtained from each vineyard is systematically characterized by a specific volatile composition. In particular, looking at the first component that goes from left to right, we see in the case of Corvina two main groups, one including Barila, Impervio and La Fabriseria, the other including Anfiteatro and Monte Olmi. The second component, which goes from bottom to top, allows further separation, with Barila being in the bottom-right part of the diagram, La Fabriseria on the top-right part, and Impervio in the middle. Likewise, on this second component, Monte Olmi is clearly distinguished from Anfiteatro, being placed in the top and bottom left quadrants respectively. The wines obtained from each vineyard therefore present, in a more or less marked way, a specific aromatic composition, which is the result of the set of phenomena associated with plant-environment interactions, characteristic of each site. A similar distinction exists in the case of Corvinone, for which by the way it is also very clear how a segmentation exists in term of Maternigo vineyards (all located in the bottom-left quadrant), and the wines of the other two vineyards, presenting a distinctive aromatic profile. As will be seen later, the combination of these interactions however determines a complex picture, in which, unlike what one might expect, the main aromatic compounds characteristic of the sense of place of each wine are not already present in the grapes but formed during winemaking.

From all these observations we can arrive at a first interesting conclusion: the ability of a wine to express the sense of its place of origin, whatever it may be, varies depending on the vintage. In some vintages, climatic conditions and choices regarding harvest time favor the presence of key aromatic compounds, and in these vintages the wines' sense of place can be expressed with greater intensity. On the contrary, in years less favorable to the accumulation of these compounds, this intensity will probably be lower. It is therefore within this seasonal macro-variability that the differences linked to the individuality of each vineyard are inscribed, to be considered a complex ecosystem that includes the vine and its interactions with the soil and with the surrounding environment.

This individuality exists and constitutes a systematic distinctiveness factor, which recurs year after year. However, it would be wrong to expect that a certain vineyard year after year always produces wines with a certain clearly recognizable olfactory character, because this depends on the content of certain aromatic substances, which, as we have seen, is subordinated to the conditions of the individual vintage. Nonetheless, the data we obtained clearly show that, within the characteristic behaviors of the single vintage, vineyards with greater aptitude for expressing certain aromatic compounds will always be characterized by higher levels of such compounds, which therefore become the chemical basis of the expression of a wine's sense of place.

Fig. 5

Analisi delle componenti principali (PCA) della composizione volatile "normalizzata" dei vini **Corvina** ottenuti dai cinque vigneti cru in tre annate consecutive (2017-2019) con **uve fresche**

*Principal Component Analysis (PCA) of the 'normalised' volatile composition of **Corvina** wines obtained from the five cru vineyards in three consecutive vintages (2017-2019) using **fresh grapes***

- ANFITEATRO ●
- BARILA ●
- IMPERVIO ●
- MONTE OLMI ●
- LA FABRISERIA ●

Osservazioni (assi PC1 e PC2: 46,04 %)
Observations (axes PC1 and PC2: 46.04 %)

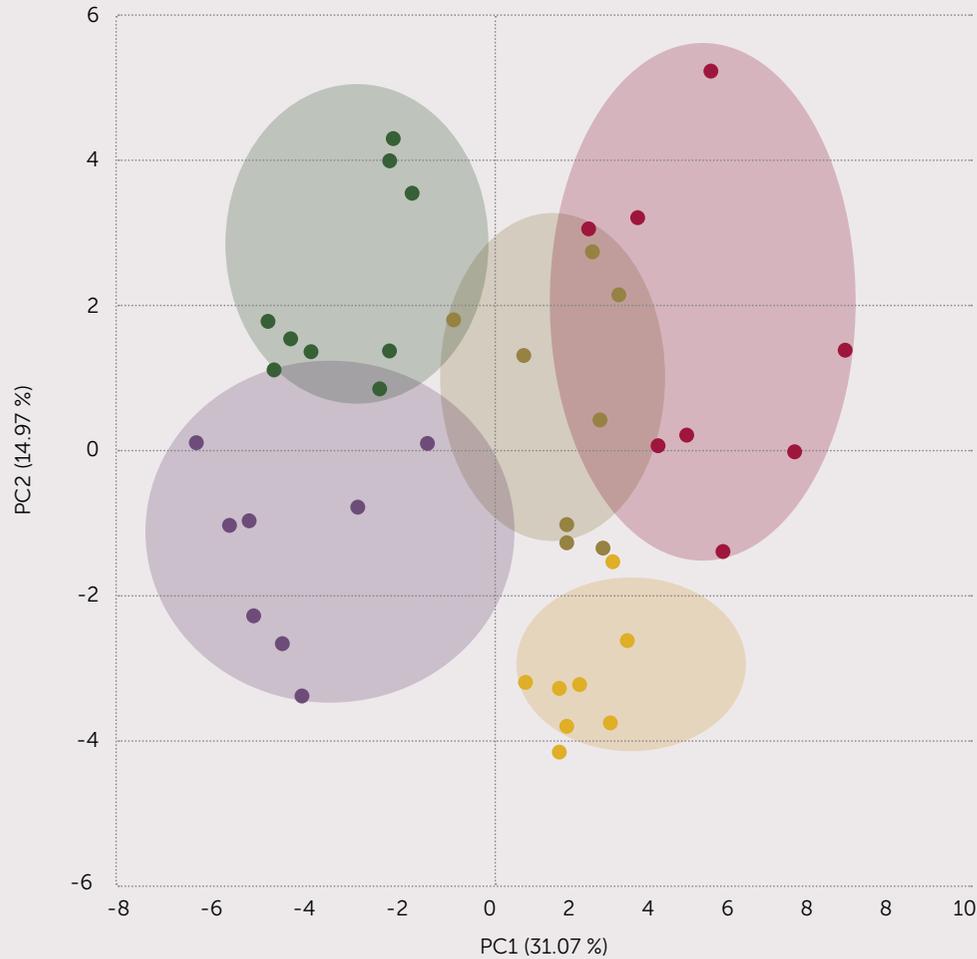


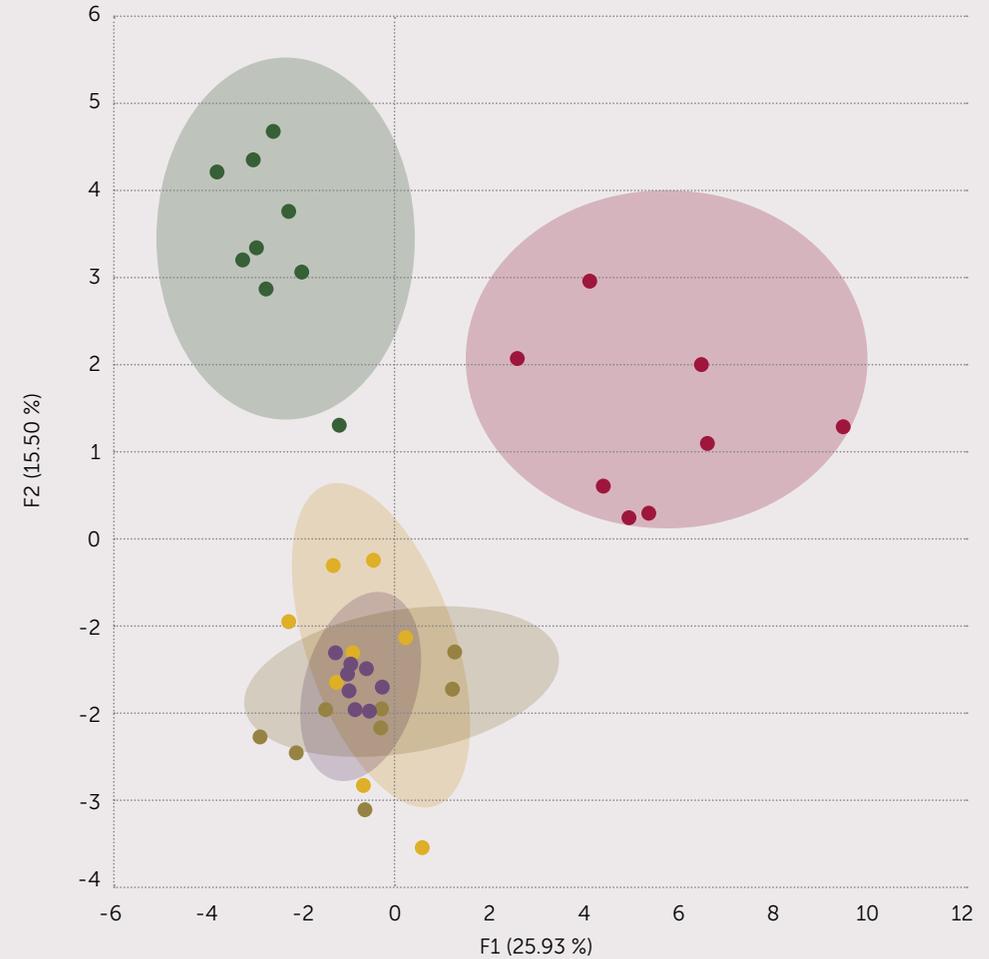
Fig. 6

Analisi delle componenti principali (PCA) della composizione volatile "normalizzata" dei vini **Corvinone** ottenuti dai cinque vigneti cru in tre annate consecutive (2017-2019) con **uve fresche**

*Principal Component Analysis (PCA) of the 'normalised' volatile composition of **Corvinone** wines obtained from the five cru vineyards in three consecutive vintages (2017-2019) using **fresh grapes***

- ANFITEATRO ●
- BARILA ●
- IMPERVIO ●
- MONTE OLMI ●
- LA FABRISERIA ●

Osservazioni (assi F1 e F2: 41,44 %)
Observations (axes F1 and F2: 41.44 %)



Ma quali sono i composti aromatici che nel caso dei cinque cru studiati costituiscono le impronte aromatiche rappresentative del senso dei diversi luoghi?

Partendo dal caso dei vini ottenuti da uve non appassite (l'influenza dell'appassimento sarà discussa successivamente), è stato possibile mettere in evidenza due aspetti principali e in parte inattesi. Da una parte, come era possibile aspettarsi, alcuni dei composti odorosi che caratterizzano i vini dei differenti vigneti derivano dall'uva stessa. Tuttavia questi risultano presenti nell'uva solo in tracce del tutto insufficienti ad indurre stimoli olfattivi di rilievo. È invece nel corso della vinificazione, e in particolare grazie all'azione del lievito di fermentazione, che essi si liberano a partire da precursori non odorosi presenti nell'uva. Tra questi troviamo il linalolo (si veda figura 4 e scheda 1), ma anche il beta-damascenone, un norisoprenoide a forte impatto aromatico, già noto per la sua capacità di enfatizzare, nei vini rossi, note aromatiche di frutti rossi, frutti neri, confettura (figura 7). Il comportamento di questo composto consente peraltro di evidenziare un altro aspetto importante circa la complessità legata all'espressione del senso del luogo di un vino e del suo terroir, ovvero l'interazione tra varietà e luogo. Si può infatti notare come, sempre al netto delle variazioni legate all'annata, nel caso della Corvina i vini dal vigneto Barila risultino essere quelli complessivamente più ricchi di damascenone, mentre nel caso del Corvinone anche i vini provenienti dal vigneto Impervio si distinguono per livelli generalmente più elevati.

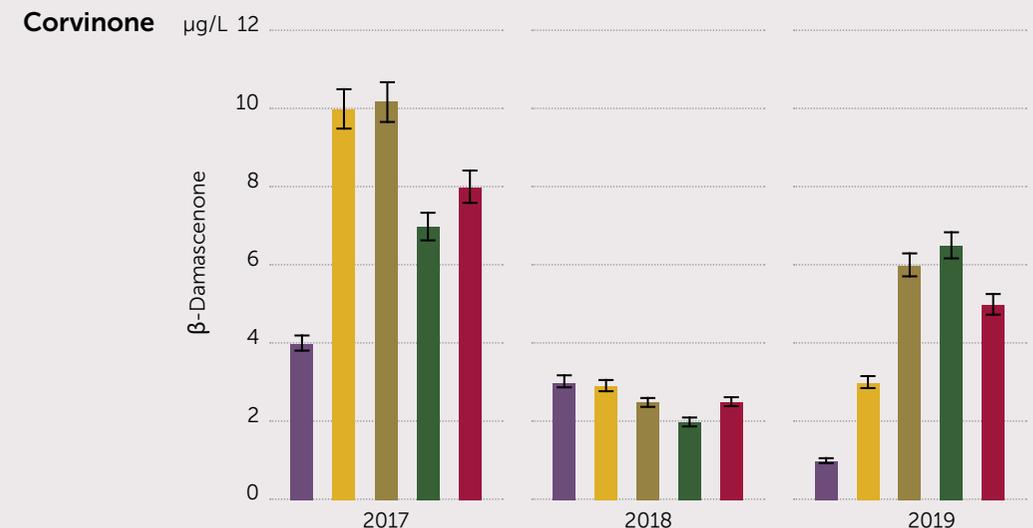
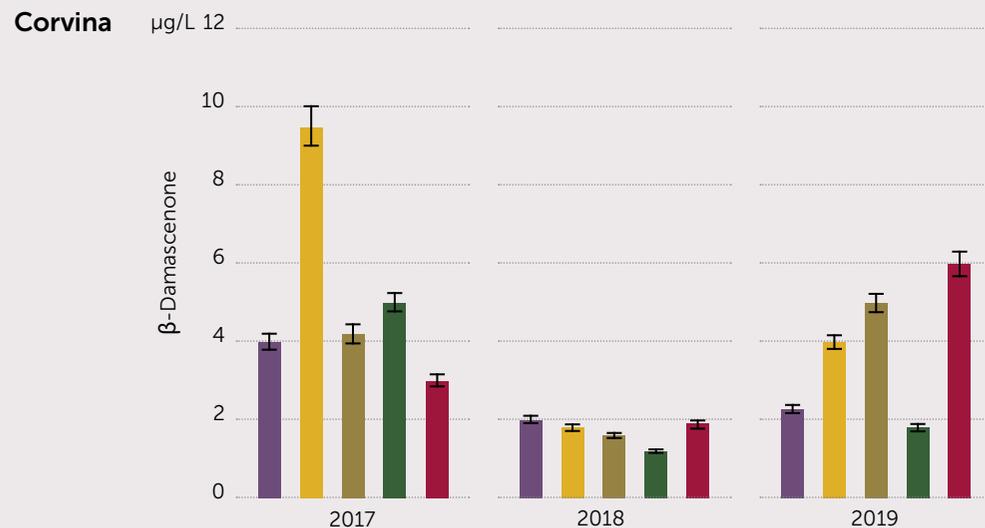
But what are the aromatic compounds which, in the case of the five crus studied, constitute the aromatic imprints representing the meaning of the different places?

Starting from the case of wines obtained from non-dried grapes (the influence of drying will be discussed later), it was possible to highlight two main and partly unexpected aspects. On the one hand, as might be expected, some of the odorous compounds that characterize the wines of the different vineyards derive from the grape itself. However, they are present in grapes only in trace amounts, completely insufficient to induce significant olfactory stimuli. Instead, it is during the winemaking process, and in particular thanks to the action of the fermentation yeast, that they are released from non-odorous precursors present in the grapes. Among these we find linalool (see figure 4 and sheet 1) and other floral terpenes, but also beta-damascenone (figure 7), a norisoprenoid with a strong aromatic impact, already known for its ability to emphasize, in red wines, aromatic notes of red fruits, black fruits, jam. The behavior of this compound also allows us to highlight another important aspect regarding the complexity linked to the expression of the sense of place of a wine and its terroir, i.e. the interaction between variety and place. It can in fact be noted how, net of the variations linked to the vintage, in the case of Corvina the wines from Barila are the ones overall richest in damascenone, while in the case of Corvinone the wines from Impervio are distinguished by generally higher content of this compound.

Fig. 7

Contenuto di β -Damascenone dei vini cru Corvina e Corvinone in tre annate consecutive

β -Damascenone content of Corvina and Corvinone cru wines in the three consecutive vintages



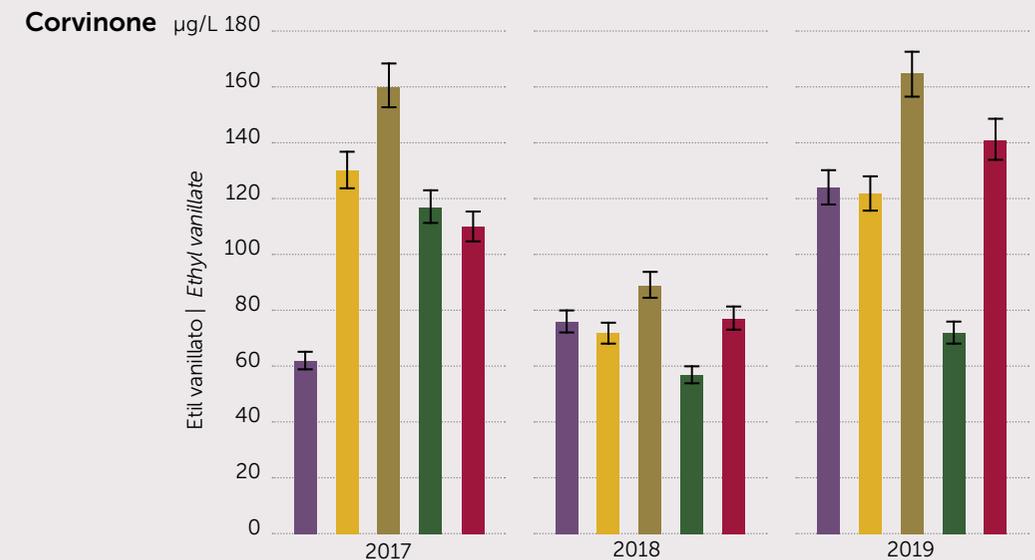
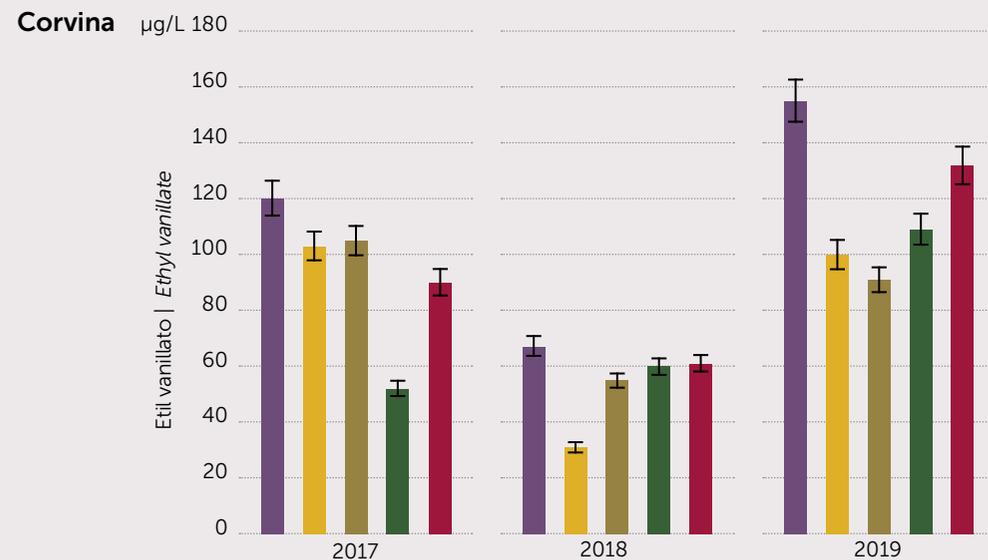
Un altro gruppo di composti odorosi risultato discriminante per l'espressione dei differenti luoghi è quello dei benzenoidi, tra cui sono presenti la vanillina, alcuni suoi derivati quali etil e metil vanillato, e l'eugenolo, caratterizzati rispettivamente da odori di vaniglia, cannella e spezie dolci, chiodi di garofano. Tali composti sono comunemente presenti nei vini maturati a contatto con legni di rovere, in quanto essi migrano dal legno (che ne è particolarmente ricco) al vino. Tuttavia, visto che nel presente progetto le vinificazioni non prevedevano alcun contatto con il legno, l'origine di tali composti è da ricercarsi nelle uve stesse, nelle quali essi sono presenti in forma di precursori non odorosi, anch'essi trasformati dal lievito in forme odorosamente attive durante la vinificazione. Nei vini Corvina e Corvinone, il principale benzenoide è risultato essere l'etil vanillato, caratterizzato da note di vaniglia. Tale composto è risultato maggiormente presente nei vini ottenuti dai vigneti della tenuta di Maternigo, sebbene con un'elevata variabilità intra-parcellare, con i vini Anfiteatro più ricchi di etil vanillato nel caso della Corvina e quelli Impervio nel caso del Corvinone (figura 8).

Another group of odorous compounds found to be discriminating for the expression of different places is that of benzenoids, among which there is vanillin, some of its derivatives such as ethyl and methyl vanillate, and eugenol, characterized respectively by odors of vanilla, cinnamon and sweet spices, and cloves. These compounds are commonly present in wines aged in contact with oak wood, as they migrate from the wood, which is particularly rich in them, to the wine. However, given that in this project the vinification processes did not involve any contact with wood, the origin of these compounds is to be found in the grapes themselves, in which they are present in the form of non-odorous precursors, which are also transformed by the yeast into odorous forms during winemaking. In Corvina and Corvinone the most abundant benzenoid compound is ethyl vanillate, characterized by vanilla odors. It was mostly associated with wines from the Maternigo estate, although with significant intra-parcel variation. In Corvina wines Anfiteatro was richest in ethyl vanillate, whereas in Corvinone it was Impervio (figura 8).

Fig. 8

Contenuto di etil vanillato nei vini cru Corvina e Corvinone nelle tre annate consecutive

Ethyl vanillate content of Corvina and Corvinone cru wines in the three consecutive vintages



D'altra parte, in maniera per certi versi inaspettata, nel corso delle tre annate non solo i composti derivati dall'uva ma anche quelli derivati dal metabolismo dei lieviti hanno mostrato una forte capacità discriminante, come nel caso dell'acetato di isoamile, un estere dall'aroma intensamente fruttato, che in particolare nel caso del Corvinone è risultato sempre presente in concentrazioni più elevate nei vini del vigneto Monte Olmi (figura 9).

Ne consegue quindi che l'espressione del senso del luogo di un vino non è solo legata alla presenza nelle uve di alcune sostanze odorose che riflettono l'influenza delle condizioni pedoclimatiche del vigneto di provenienza, ma anche al contributo di fattori che determinano specifici comportamenti da parte del lievito nel corso della fermentazione. Tali fattori sono ad oggi ignoti ma possiamo ipotizzare che abbiano a che vedere con la presenza nei mosti di specifici nutrienti di fermentazione, in particolare composti azotati (si veda scheda 2) provenienti direttamente dalle uve.

Pertanto il lievito è da considerarsi a tutti gli effetti come un prisma in grado di rivelare, attraverso la propria attività metabolica, le differenti sfaccettature che compongono la complessità aromatica e il senso del luogo di un vino (figura 10), a loro volta presenti nelle uve in maniera latente.

In addition to these already complex patterns, in a somewhat unexpected way, over the course of the 3 years not only compounds derived from grapes but also those derived from yeast metabolism showed a strong ability to discriminate. This was the case, for example, of isoamyl acetate, an ester with intense fruity aroma, which, in particular in the case of Corvinone, was always present in higher concentrations in the wines of Monte Olmi (figura 9).

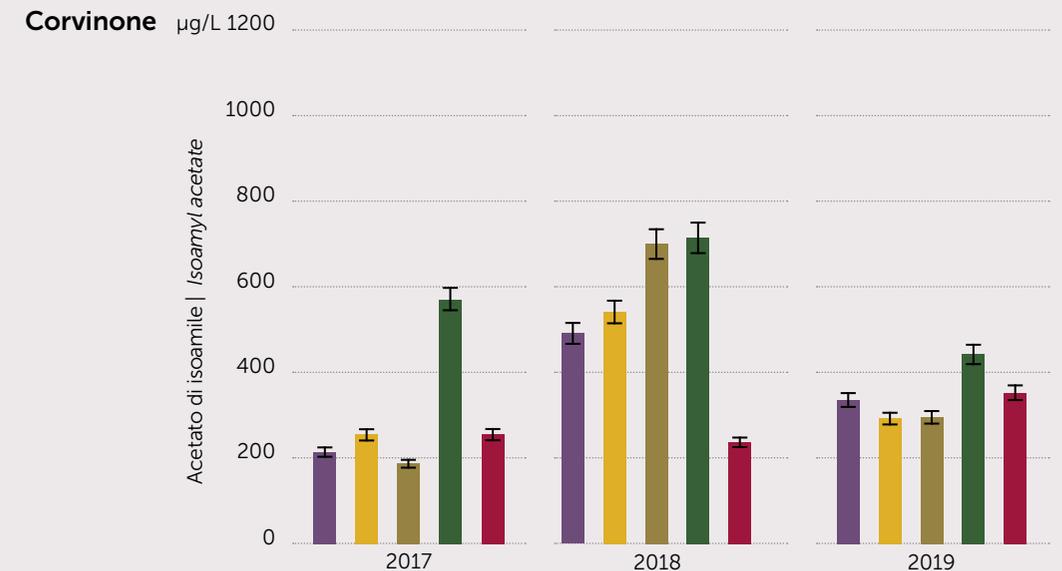
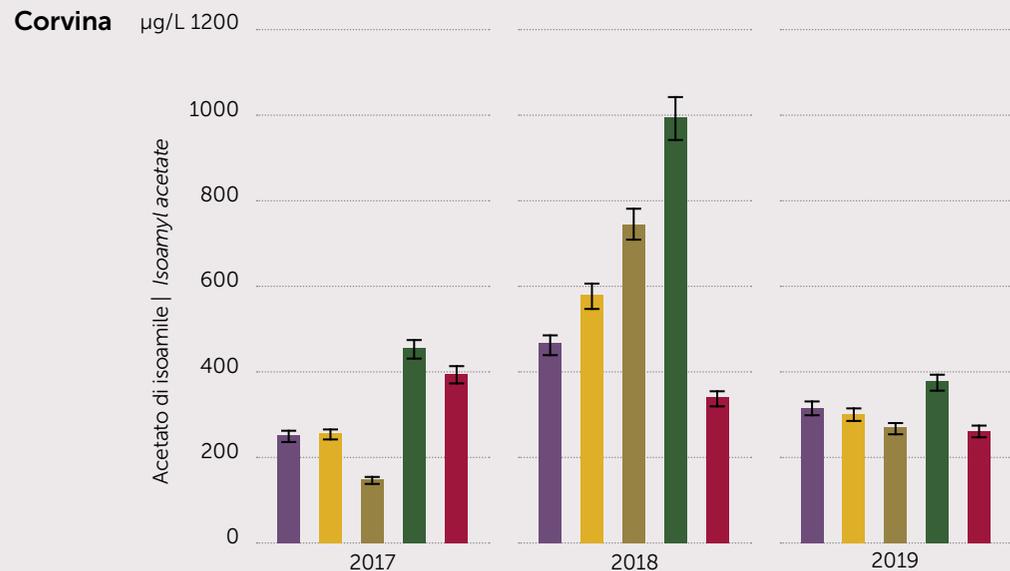
This observation indicates that the expression of a wine's sense of place is not only linked to the presence, in the grapes, of some odorous substances which reflect the influence of the pedoclimatic conditions of the vineyard of origin, but also to the contribution of factors which determine specific behaviors of the yeast during fermentation. These factors are currently unknown but we can hypothesize that they have to do with the presence of specific fermentation nutrients in the musts, in particular nitrogen nutrients (see sheet 2) coming directly from the berries.

Therefore, yeast is to be considered in all respects as a prism capable of revealing, through its metabolic activity, the different facets that make up the aromatic complexity and sense of place of a wine (figure 10), which are in turn present in the grapes in a latent manner.

Fig. 9

Contenuto di acetato di isoamile dei vini cru Corvina e Corvinone nelle tre annate consecutive

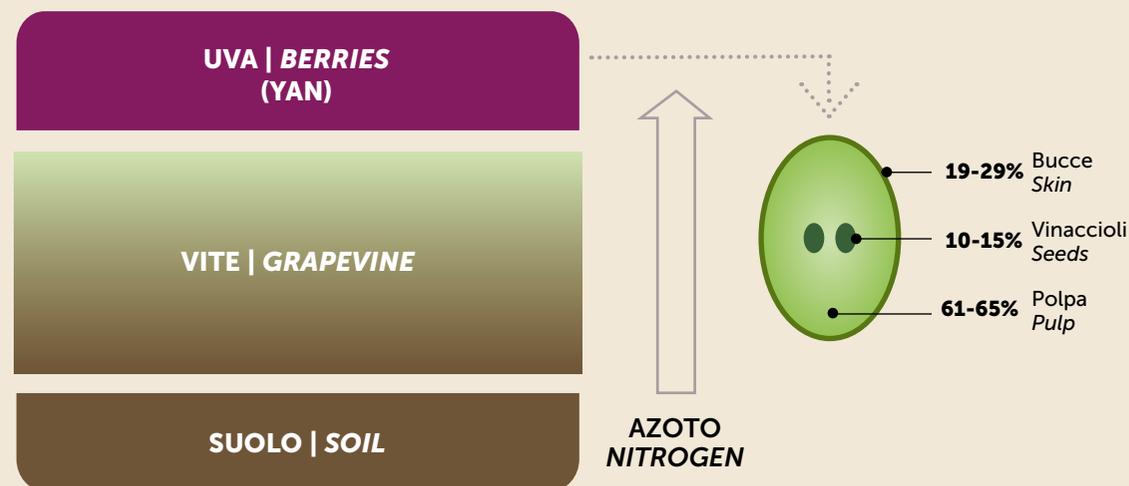
Isoamyl acetate content of Corvina and Corvinone cru wines in the three consecutive vintages



Dal suolo alla bottiglia: il viaggio dell'azoto assimilabile verso l'espressione del terroir

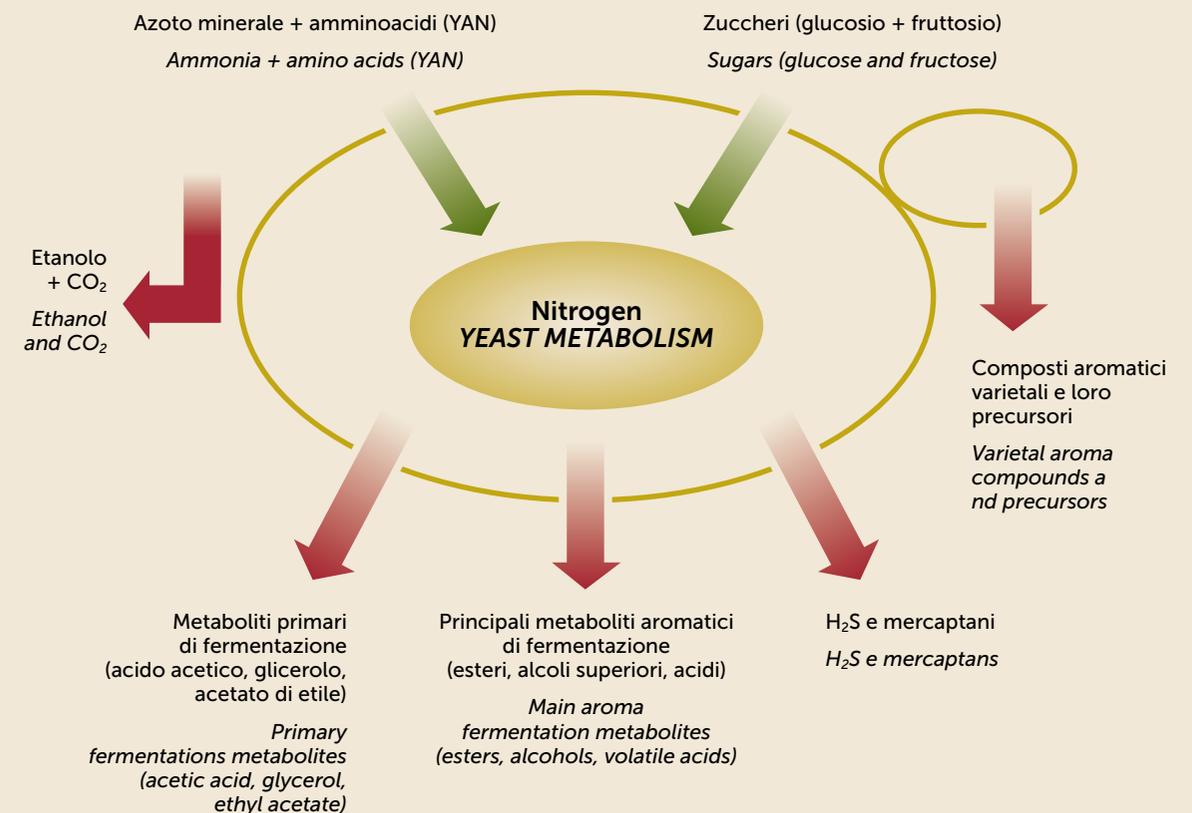
L'azoto è un componente del suolo essenziale per il metabolismo dell'uva. Nel suolo sono presenti diverse forme di azoto e la più semplice di queste, ovvero l'azoto minerale, può essere assorbita dalle radici della vite e trasportata negli acini. L'azoto presente nell'acino al momento della raccolta è però anche un nutriente fondamentale per il metabolismo del lievito, influenzando non solo la velocità di fermentazione ma anche la formazione di alcuni composti aromatici. In particolare, l'azoto minerale e gli amminoacidi formano il cosiddetto azoto assimilabile dal lievito (YAN), che insieme agli zuccheri costituisce il principale nutriente di fermentazione (figura A).

Fig. A



From soil to bottle: the journey of assimilable nitrogen towards terroir expression

Nitrogen is an essential soil component for grape metabolism. Different forms of nitrogen are present in the soil, and the most simple of these, namely mineral nitrogen, can be uptaken by vine roots and transported into the berries. The nitrogen present in the berry at harvest is also a fundamental nutrient for yeast metabolism, affecting not only fermentation rate but also formation of certain aroma compounds. In particular, mineral nitrogen (ammonia) and amino acids form the so-called yeast assimilable nitrogen (YAN), which along with sugars is the main fermentation nutrient (figure A).



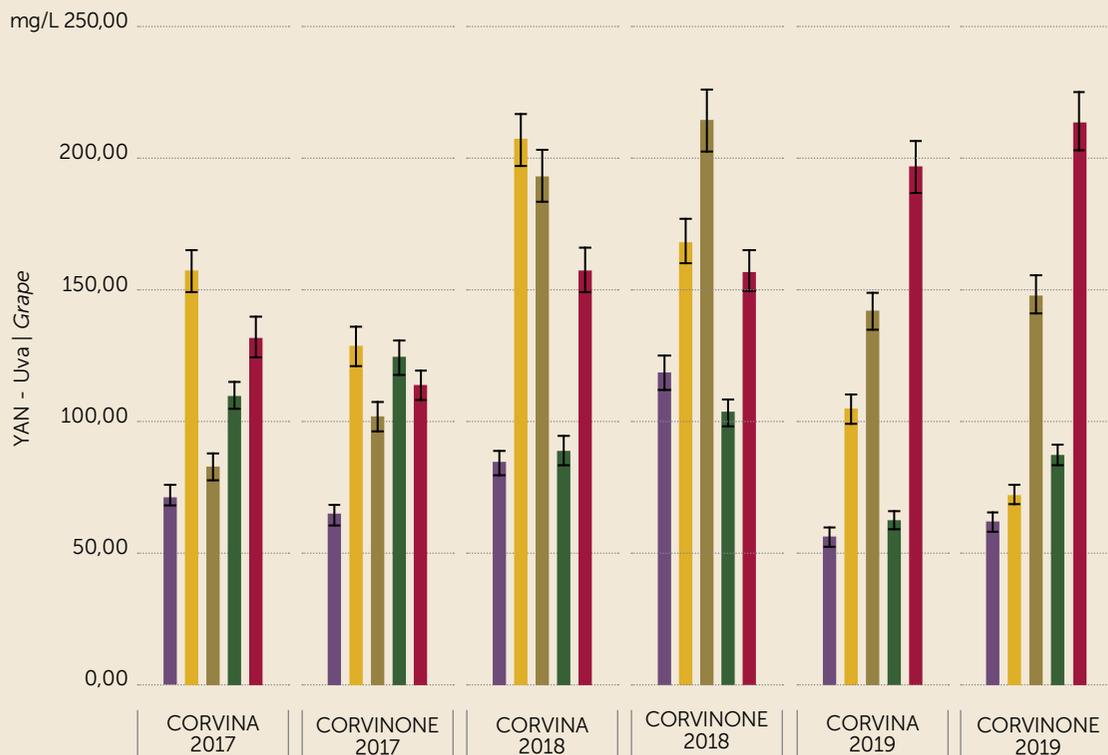
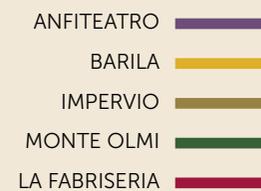
Il contenuto di YAN degli acini al momento della raccolta può variare in modo significativo a seconda del vigneto di origine e delle condizioni dell'annata (figura B), rappresentando un vero indicatore del rapporto tra la vite e l'ambiente.

Allo stesso tempo, poiché lo YAN influenza la produzione di composti volatili da parte del lievito, esso determina anche in una certa misura la presenza di sfumature aromatiche specifiche nel vino, come nel caso degli aromi fruttati legati alla presenza dell' estere aromatico acetato di isoamile (figura C).

Fig. B

Contenuto di YAN content in campioni di uva di cinque differenti vigneti in tre annate consecutive

YAN content of berries from five different vineyards at harvest during three consecutive seasons



The YAN content of berries at harvest can vary significantly depending on the vineyard of origin as well as of vintage conditions (figure B), representing a true indicator of the relationship between the grapevine and the environment.

At the same time, as YAN affects production of volatile compounds by the yeast, it also determines to some extent the occurrence of specific aroma nuances in the wine, as in the case of the fruity aromas of the potent aromatic ester isoamyl acetate (figure C).

Fig. C

Relazione tra YAN dell'uva e contenuto di acetate di isoamile dei vini. L'acetate di isoamile è uno dei principale esteri responsabili del carattere fruttato dei vini rossi

Relationship between grape YAN and wine content of isoamyl acetate, one of the most important fermentation-derived fruity aroma compounds



Fig. 10

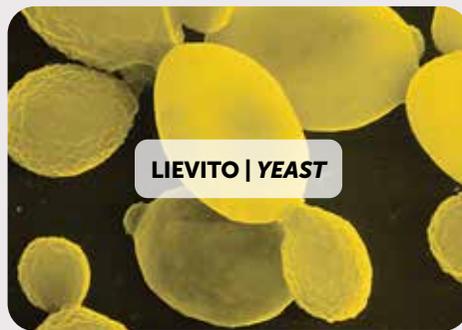
Influenza del lievito sullo sviluppo di aromi coinvolti nell'espressione del senso del luogo dei vini della Valpolicella

Influence of yeast on the formation of aromas involved in the expression of Valpolicella wines sense of place

Tracce di composti aromatici presenti nell'uva
Aroma compounds present in the grapes at trace levels

Precursori d'aroma non odorosi presenti nell'uva
Odourless aroma precursors present in the grapes

Nutrienti di fermentazione e altri costituenti dell'uva
Fermentation nutrients



Terpeni
aromi floreali
e balsamici

Terpenes
floral
and balsamic
aromas

Norisoprenoidi
aromi fruttati
e di tabacco

Norisoprenoids
fruity and
tobacco aromas

Benzenoidi
aromi
di spezie dolci

Benzenoids
sweet spices
aromas

Composti solforati
aromi fruttati
e di sottobosco

Sulfur compounds
fruity and under-
growth aromas

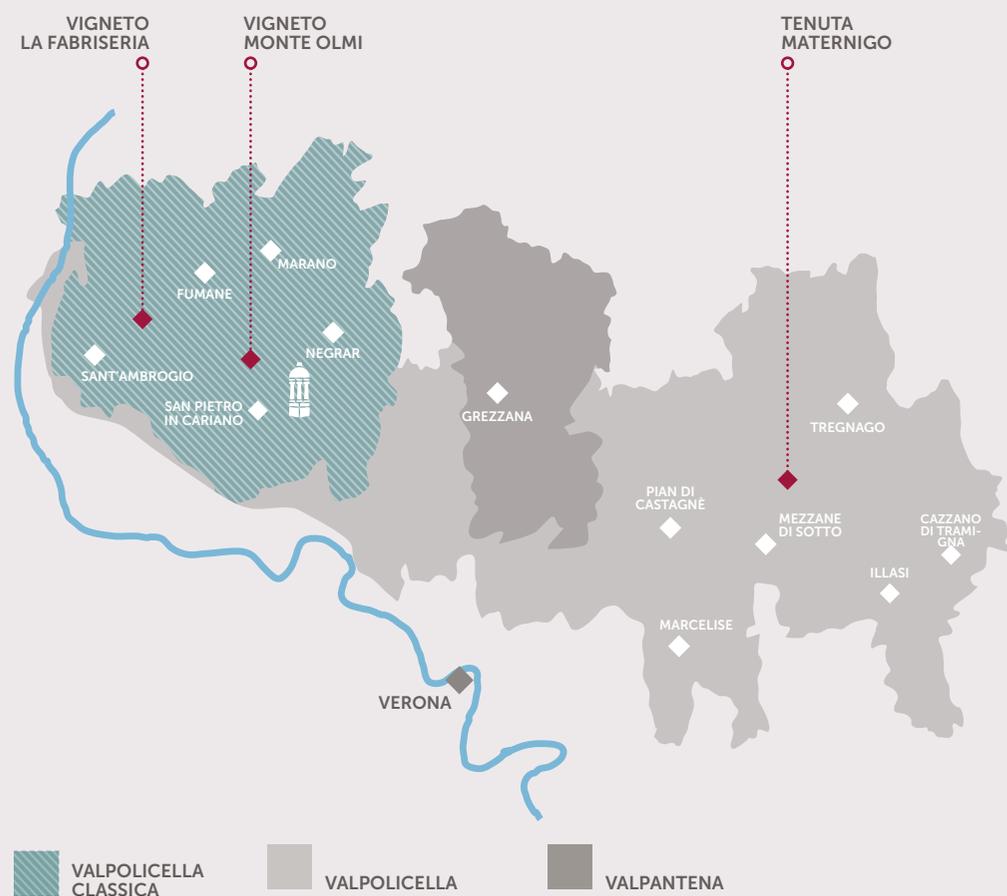
Esteri
aromi fruttati

Esters
fruity aromas



Maternigo

L'insieme delle osservazioni raccolte nel corso dello studio è sintetizzato in figura 11 nella forma di una mappa aromatica dei vini cru studiati. Come è possibile osservare, la mappa include non solo i composti aromatici di cui si è finora discusso in dettaglio, ma anche altri composti che, sebbene meno impattanti in termini aromatici, contribuiscono alla firma aromatica di ciascun vigneto. Da questa prima valutazione sui vini ottenuti da uve non appassite, possiamo quindi concludere che il senso del luogo di un vino è espresso attraverso un insieme estremamente complesso di composti chimici, insieme che comprende aromi più o meno potenti, la cui composizione riflette le condizioni ambientali caratteristiche del vigneto di origine e il modo in cui tali caratteristiche interagiscono con la vinificazione e la maturazione dei vini.



The entire set of observations obtained in the study is represented in figure 11, representing the aromatic map of the cru wines investigated. As it can be seen, the map includes not only the aroma compounds that have been discussed in more detail so far, but also other compounds that, albeit aromatically less important, contribute to the chemical signature of the aroma of each one of the cru wines studied. We can therefore conclude, from this initial discussion, that the sense of place of a wine is expressed through a very complex array of chemical compounds, some of which aromatically more potent, some others less, occurring altogether in different balances which reflect the environmental conditions of the vineyard of origin and the way they will interact with fermentation and aging.

Fig. 11

Principali composti aromatici associati al senso del luogo dei vini cru Valpolicella

Main aroma compounds associated with the sense of place of Valpolicella cru wines

MONTE OLMI

CORVINA

- Etil butanoato / Ethyl butanoate
- Etil esanoato / Ethyl hexanoate
- Isoamil acetato / Isoamyl acetate
- Vanillina / Vanillin
- Cis-3-esenolo / Cis-3-hexenol
- β -ionone

CORVINONE

- Etil butanoato / Ethyl butanoate
- Etil esanoato / Ethyl hexanoate
- Isoamil acetato / Isoamyl acetate
- Cis-3-esenolo / Cis-3-hexenol
- 3-oxo- α -ianolo / 3-oxo- α -ianol
- β -damascone

LA FABRISERIA

CORVINA

- Linalolo / Linalool
- Esteri / Esters
- Cis-3-esenolo / Cis-3-hexenol
- a-terpineolo / a-terpineol

CORVINONE

- Linalolo / Linalool
- Esteri / Esters
- a-terpineolo / a-terpineol

BARILA

CORVINA

- Damascenone

CORVINONE

- Damascenone
- Vanillina / Vanillin

ANFITEATRO

CORVINA

- Linalolo / Linalool
- Vanillina / Vanillin

CORVINONE

- Linalolo / Linalool
- a-terpineolo / a-terpineol
- Cis-3-esenolo / Cis-3-hexenol

IMPERVIO

CORVINA

- Linalolo / Linalool
- Vanillina / Vanillin
- Cis-3-esenolo / Cis-3-hexenol

CORVINONE

- Damascenone
- a-terpineolo / a-terpineol
- Cis-3-esenolo / Cis-3-hexenol

3.6 L'influenza dell'appassimento

L'appassimento costituisce una fase centrale nella lavorazione di vini della Valpolicella. Sebbene erroneamente considerato una semplice disidratazione, l'appassimento rappresenta in realtà un processo complesso in quanto, all'interno degli acini messi a riposo nei tradizionali fruttai, si innescano una serie di fenomeni che determinano profonde modificazioni nella composizione dell'acino stesso. Possiamo quindi immaginare l'appassimento post-raccolta delle uve come un processo in cui si intersecano fenomeni diversi, da un lato di natura principalmente fisica e progressivamente visibili a occhio nudo (perdita d'acqua e graduale avvizzimento dell'acino), dall'altro di carattere biochimico e indicativi di una sorta di vita segreta dell'acino stesso.

In primis dunque l'evaporazione dell'acqua, a cui si associa un calo peso pari a circa il 30%, che causa ovviamente un aumento nella concentrazione di numerose sostanze, tra cui gli zuccheri, substrato della fermentazione alcolica. Ne consegue quindi un aumento della gradazione alcolica dei vini, ma anche un cambiamento sostanziale delle condizioni di fermentazione, in quanto l'elevata disponibilità di zuccheri determina l'istaurarsi di condizioni di stress per il lievito, con conseguente sovrapproduzione di acetato di etile. Nel caso dell'Amarone tale sostanza, tra i costituenti aromatici principali dei vini passiti, contribuisce a livelli contenuti alle caratteristiche note olfattive di frutta sotto spirito.

In parallelo a questo, come si diceva, all'interno dell'acino si attivano fenomeni complessi atti a garantire condizioni utili alla vita cellulare nei grappoli ora staccati dalla vite. Contrariamente a quanto accade con la perdita d'acqua, tali processi non sempre determinano un accumulo di sostanze, ma spesso ad essi si associa una diminuzione del contenuto di sostanze di interesse enologico. Diminuisce ad esempio l'acidità delle uve, a seguito della diminuzione dell'acido malico, e diminuisce anche il contenuto di diversi tra i terpeni a carattere floreale che abbiamo precedentemente indicato tra i principali marcatori della tipicità geografica e del senso del luogo dei vini della Valpolicella, in particolare di quelli ottenuti da uve Corvina. Ne consegue che in Valpolicella i vini ottenuti da uve appassite raramente presentano, in gioventù, le note floreali che abbiamo visto caratterizzare le produzioni ottenute da alcuni vigneti a forte impronta terpenica. Questo non deve tuttavia indurre a pensare che l'appassimento post-raccolta delle uve sia un processo sfavorevole all'accumulo di terpeni nelle uve. Se è vero infatti che i terpeni a carattere floreale tendono a scomparire con l'appassimento (figura 12), altri terpeni tendono ad aumentare con l'appassimento.

Tra questi ultimi troviamo i cineoli, in particolare l'1,4-cineolo, un terpene ciclico ad elevato impatto odoroso caratterizzato da note olfattive di erbe aromatiche, che tende ad aumentare con l'appassimento. Un altro composto su cui l'appassimento esercita un effetto positivo è il beta-damascenone, di cui si è già parlato in precedenza per il suo importante ruolo di potenziatore degli aromi fruttati. La relazione positiva tra appassimento delle uve e contenuto di 1,4-cineolo (erbe aromatiche) dei vini ha rappresentato nel contesto di questo studio un aspetto di particolare interesse, avendo noi precedentemente indicato i terpeni a carattere floreale tra i principali precursori dell'1,4-cineolo (si veda scheda 3).

3.6 The influence of withering

Withering is a central phase in the production of Valpolicella wines. Although mistakenly considered a simple dehydration, withering represents a complex process, as a series of phenomena are triggered within the grapes left to rest in traditional 'fruttai', which determine remarkable changes in the composition of the grape itself. We can therefore imagine the post-harvest drying of grapes as a process in which different phenomena intersect, on the one hand mainly physical in nature and progressively visible to the naked eye (loss of water and progressive wilting of the berry), on the other of a biochemical nature and indicative of a sort of secret life of the grape itself.

First of all, the evaporation of water, which is associated with a weight loss of around 30%, which obviously causes an increase in the concentration of numerous substances, including sugars, the substrate of alcoholic fermentation. This therefore results in an increase in the alcohol content of the wines, but also a substantial change in the fermentation conditions, as the high availability of sugars determines the establishment of stress conditions for the yeast, with consequent overproduction of ethyl acetate. This substance, among the main aromatic constituents of passito wines, in the case of Amarone contributes, at low levels, to the characteristic olfactory notes of fruit in spirit.

In parallel to this, as we said, complex phenomena are activated inside the berry aimed at guaranteeing conditions useful for cellular life in the bunches now detached from the vine. Contrary to what happens with the loss of water, these processes do not always lead to an accumulation of substances, but are often associated with a decrease in the content of substances of oenological interest. For example, the acidity of the grapes decreases, following the decrease in malic acid, and the content of several of the floral terpenes that we have previously indicated among the main markers of the geographical typicality and sense of place of the wines of the Valpolicella, in particular those obtained from Corvina grapes. It follows that, in Valpolicella, the wines obtained from dried grapes rarely present, in their youth, the floral notes that we have seen characterize the productions obtained from some vineyards with a strong terpene imprint. However, this should not lead one to think that post-harvest drying of grapes is a process unfavorable to the accumulation of terpenes in the grapes. If it is true, in fact, that floral terpenes tend to disappear with withering (figure 12), other terpenes tend to increase with withering.

Among these we find cineoles, in particular 1,4-cineole, a cyclic terpene with a high odorous impact characterized by olfactory notes of aromatic herbs, which tends to increase with drying. Another compound on which drying has a positive effect is beta-damascenone, which has already been discussed previously for its important role in enhancing fruity aromas. The positive relationship between the drying of the grapes and the content of 1,4-cineole (aromatic herbs) in the wines represented an aspect of particular interest in the context of this study, having previously indicated floral terpenes among the main precursors of 1,4-cineole (see sheet 3).

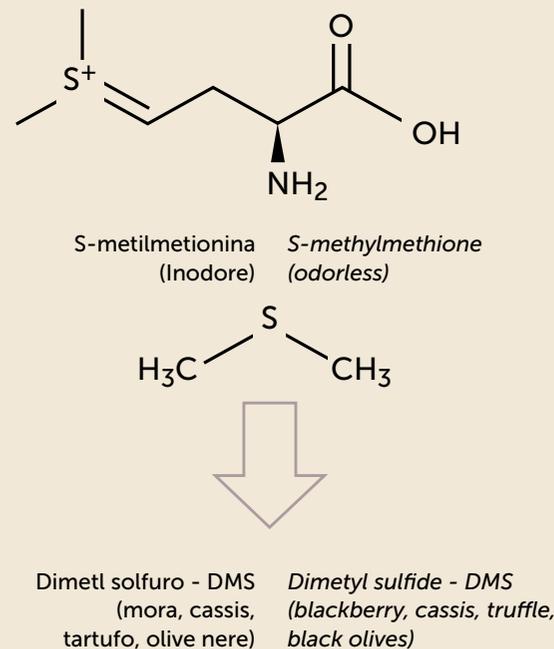
Appassimento e senso del luogo dell'Amarone (Parte 1)

L'appassimento è una caratteristica fondamentale della produzione dell'Amarone. È un processo complesso in cui agiscono contemporaneamente più fattori. Da un lato, **l'evaporazione dell'acqua dagli acini provoca la concentrazione di alcuni composti dell'uva**, principalmente zuccheri ma anche alcuni aromi e composti fenolici. D'altro canto, poiché durante l'appassimento il metabolismo dell'uva è ancora attivo, **alcuni metaboliti secondari possono anche scomparire**. È proprio il caso dei terpeni come il linalolo, che nei vini da uve appassite raggiungono livelli molto elevati. Tuttavia, l'appassimento può influenzare positivamente l'espressione del senso del luogo del vino attraverso altri composti aromatici.

Il **dimetil solfuro (DMS)** è un potente composto aromatico che contribuisce al carattere dei vini rossi. Quando presente a concentrazioni relativamente basse, il DMS esalta gli aromi di **mora e cassis**, mentre a concentrazioni più elevate contribuisce agli attributi di **tartufo e oliva nera** di alcuni vini rossi invecchiati. Il DMS si forma dalla scomposizione dei composti aminoacidici, in particolare della S-metilmetionina (figura A).

Nel corso dei nostri studi abbiamo osservato un effetto positivo dell'appassimento sul contenuto di DMS del vino, con aumenti di concentrazione fino a tre volte. È stato scoperto che vigneti come Impervio e Fabriseria danno vini con un maggiore contenuto di DMS (figura A). Il DMS può quindi essere considerato un vettore primario di espressione del terroir nell'Amarone.

Fig. A
 Contenuto di DMS di vini Corvina da uve fresche o appassite di tre differenti annate
DMS content of wines from fresh or withered Corvina grapes from five different vineyards

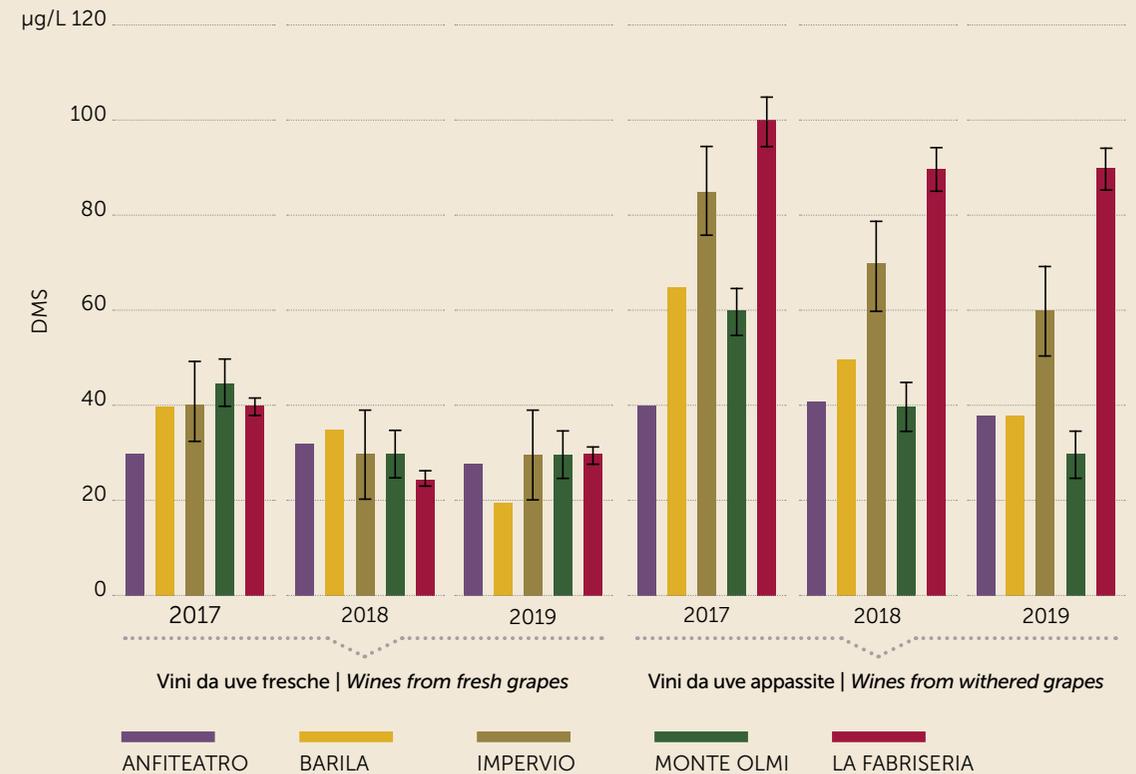


Withering and the sense of place of Amarone (Part 1)

Withering is a key feature of the production of Amarone. It is a complex process in which multiple factors act simultaneously. On one hand, **evaporation of water from the berries causes concentration of certain grape compounds**, primarily sugars but also certain aroma and phenolic compounds. On the other hand, because during withering grape metabolism is still active, **some secondary metabolite can also disappear**. This is indeed the case for terpenes such as linalool, which in wines from withered grapes attain very levels. Nevertheless, withering can positively influence expression of wine sense of place through other aroma compounds.

Dimethyl sulfide (DMS) is a potent aroma compounds contributing to red wine character. When present at relatively low concentrations DMS enhances **blackberry and cassis** aromas, whereas at higher concentrations it contributes to **truffle and black olive** attributes of certain aged red wines. DMS is formed from the breakdown of amino acid compounds, in particular S-methylmethionine (figure A).

In the course of our studies, we have observed a positive influence of withering on wine DMS content, with concentration increases up to three fold. Vineyards such as Impervio and Fabriseria were found to give wines with increased DMS content (figure A). DMS can therefore be considered a primary vector of terroir expression in Amarone.



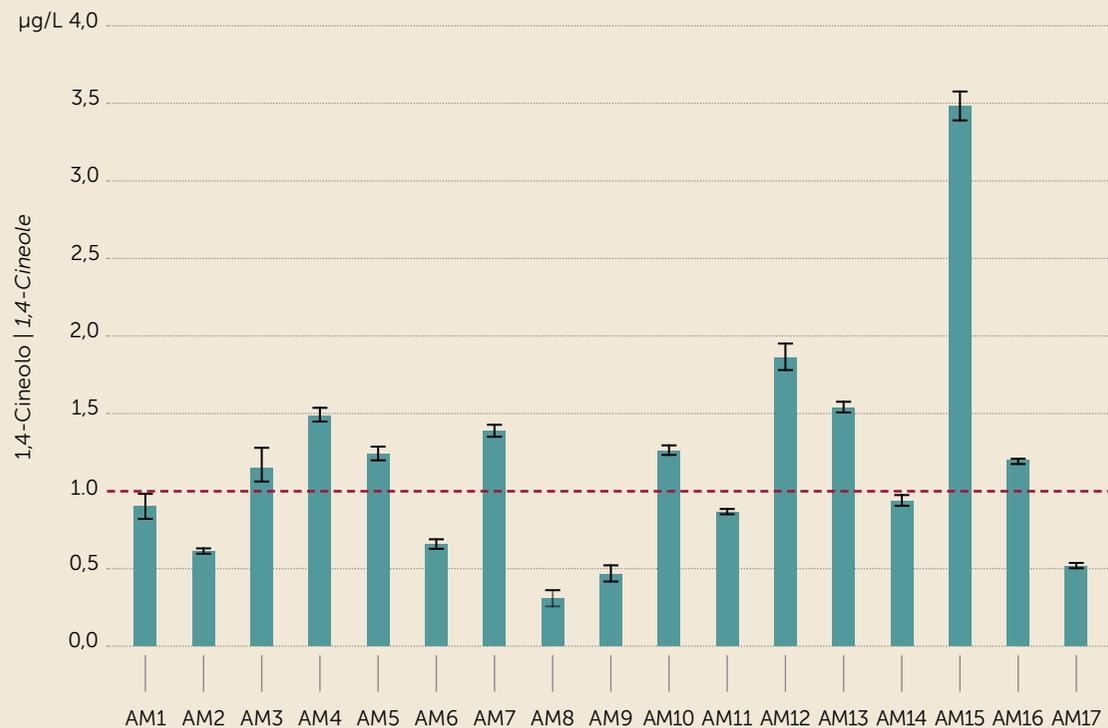
L'**1,4-Cineolo** è un terpene che esalta gli attributi della menta del vino rosso. Sebbene la sua concentrazione sia molto bassa nei vini ottenuti da uve fresche, in uno studio condotto su diciassette vini commerciali Amarone di diverse origini è stato riscontrato che è il principale terpene odorosamente attivo.

Durante l'invecchiamento l'1,4-cineolo si forma lentamente a partire dal **terpinen-4-olo**, un altro terpene blandamente odoroso che si accumula negli acini a causa dello **stress associato all'appassimento**. Anche questo composto varia sensibilmente a seconda del vigneto di provenienza dell'uva e delle condizioni di appassimento (figura B).

Fig. B

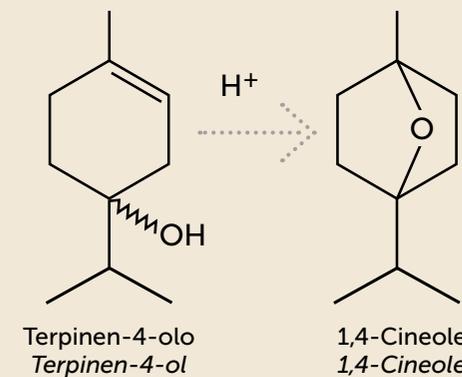
Contenuto di 1,4-cineolo di 17 Amaroni del commercio (annata 2015).
La linea rossa indica la soglia di percezione olfattiva del composto

*1,4-Cineole content of seventeen commercial Amarone wine.
Red line indicates reported odor threshold*



1,4-Cineole is a terpene enhancing minty attributes of red wine. While its concentration is very low in wines from fresh grapes, it was found to be the main odor-active terpene in a study on seventeen commercial Amarone wines of different origins.

*1,4-Cineole is slowly formed during aging formed from the compound **terpinene-4-ol**, which accumulated in the berries due to the **stress associated with withering**. This compound also varies significantly depending on the vineyard of grape origin and conditions of withering (figure B).*



TERPINEN-4-OLO | TERPINEN-4-OL

Si accumula nell'uva in condizioni di stress

Accumulates in the grapes under stress conditions

Le uve appassite contengono più terpinen-4-olo

Withered grapes have more terpinene-4-ol

Durante l'invecchiamento del vino, dal terpinene-4-olo si forma 1,4-cineolo, circa 100 volte aromaticamente più potente

During wine aging terpinen-4-ol can generate 1,4-cineole, which is approximately 100 times more aromatic

La ricchezza in 1,4-cineolo dei vini Amarone appariva pertanto sorprendente, in considerazione del fatto che i terpeni a carattere floreale tendono a diminuire molto con l'appassimento. Tuttavia, ad un'analisi più approfondita dei dati, è emersa una chiara relazione tra appassimento e contenuto di alcuni terpeni a basso impatto odoroso che, avendo comunque un ruolo importante nell'evoluzione aromatica dei vini Amarone, tendono ad aumentare con l'appassimento. È questo il caso del terpinen-4-olo, un terpene dalla scarsa intensità olfattiva, che tende però ad accumularsi nelle uve durante l'appassimento, probabilmente in ragione della sua attività anti-fungina. Come si vedrà successivamente nella sezione dedicata alla chimica dell'invecchiamento, questo composto è a sua volta in grado di generare, durante la conservazione dei vini e grazie all'ambiente acido, terpeni ad elevato impatto olfattivo in grado di impartire ai vini Amarone note odorose di eucalipto ed erbe aromatiche, tra cui soprattutto l'1,4-cineolo.

Tra i composti influenzati dall'appassimento troviamo anche il dimetil solfuro (DMS), il cui precursore, un derivato amminoacidico chiamato S-metilmetionina, aumenta durante la messa a riposo delle uve (si veda scheda 3). Visto l'importante ruolo svolto dal DMS nel quadro aromatico dei vini invecchiati, il suo contributo all'espressione del senso del luogo dei vini della Valpolicella verrà discusso nella sezione dedicata alla chimica dell'invecchiamento. Il fatto che diversi dei composti qui discussi si formino a seguito di reazioni lente acquista particolare rilevanza nel contesto dell'appassimento, visto che in Valpolicella i vini da uve appassite sono sottoposti a periodi di invecchiamento che, nel caso dell'Amarone, sono di almeno due anni, fino ad arrivare ai 4 anni minimi per il Riserva.

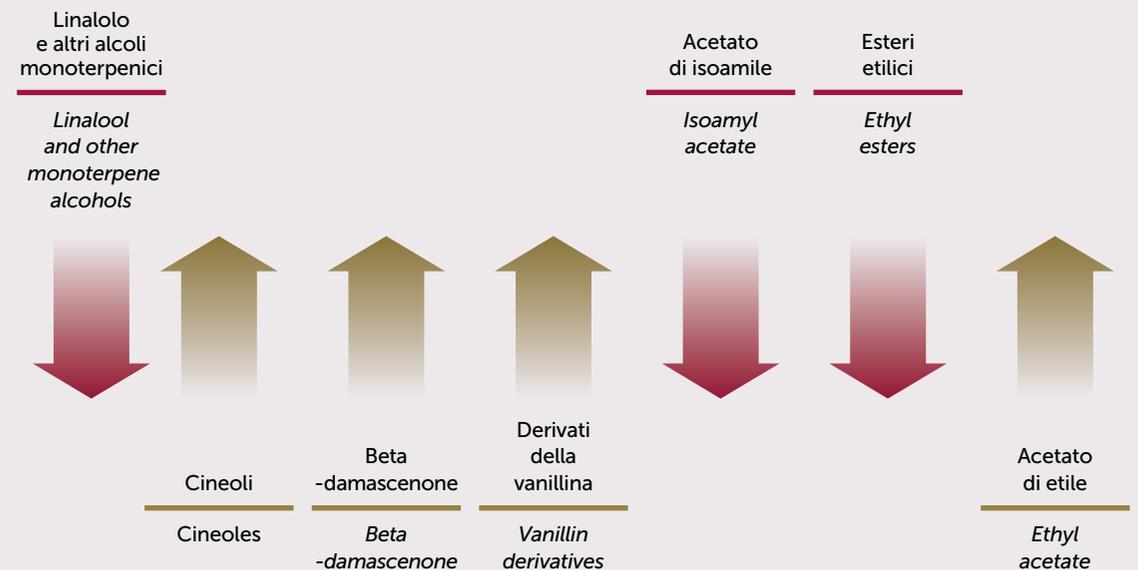
The richness in 1,4-cineole of Amarone wines therefore appeared surprising, given that, as mentioned, floral terpenes tend to decrease significantly with drying. However, upon a more in-depth analysis of the data, a clear relationship emerged between drying and the content of some terpenes with low odor impact, which nevertheless have an important role in the aromatic evolution of Amarone wines and tend to increase with drying. This is the case of terpinen-4-ol, a terpene with low olfactory intensity, which however tends to accumulate in the grapes during drying, probably due to its anti-fungal activity. As will be seen later in the section dedicated to the chemistry of aging, this compound is in turn capable of generating, during the conservation of the wines and thanks to the acidic environment, terpenes with a high olfactory impact capable of imparting odorous notes of eucalyptus and aromatic herbs to the Amarone wines, including above all the 1,4-cineole.

Dimethyl sulfide (DMS) is another aroma compound positively affected by withering, which determines an increase in the concentration of its precursor, the amino acid derivative S-methyl methionine (see sheet 3). As DMS is mostly present in aged wines, its occurrence will be discussed later in the section dedicated to the chemistry of aging. The fact that these aroma generating processes are based on slow reactions that acquire relevance in the context of the maturation of wines also has an interest on a technological level since wines made from dried grapes are typically subject to more or less long periods of maturation, which in the case of Amarone can vary from two to four years or more before being put on the market.

Fig. 12

Influenza dell'appassimento sulle principali classi di composti aromatici dei vini Corvina e Corvinone. Le frecce verso l'alto o verso il basso indicano rispettivamente un aumento o una diminuzione

Influence of withering on main classes of aroma compounds in Corvina and Corvinone wines. Arrows up or down denote increase or decrease respectively



3.7 Appassimento e senso del luogo nei vini Amarone

Un dibattito ricorrente nel mondo del vino riguarda la relazione tra appassimento ed espressione del senso del luogo. Considerato che, l'appassimento può impartire al vino specifiche caratteristiche, ci si chiede infatti spesso se tale effetto non possa in qualche modo 'mascherare' i caratteri legati all'identità varietale e geografica dei vini. Utilizzando lo stesso approccio già descritto per i vini ottenuti da uve non appassite, ovvero normalizzando i dati per ridurre l'effetto dell'annata, abbiamo quindi studiato eventuali pattern che potessero indicare l'esistenza di una firma aromatica rappresentativa del senso del luogo anche nel caso dei vini da uve appassite. Va precisato a tal proposito che i vini prodotti per questa parte dello studio, seppur ottenuti in condizioni controllate di laboratorio, rappresentano a tutti gli effetti lavorazioni di Amarone, in quanto le uve (Corvina e Corvinone), sono state raccolte ed appassite seguendo le procedure dell'azienda Tedeschi, nei fruttai dell'azienda stessa. I risultati (figure 13 e 14) mostrano chiaramente che anche nel caso dei vini Amarone è possibile identificare delle firme aromatiche caratteristiche di ciascun vigneto e misurare i composti ad esse associati. Anche in questo caso è dunque possibile descrivere le basi chimiche del senso del luogo dei vini Amarone, a riprova del fatto che esso è direttamente connesso alla composizione chimica dei vini.

Sebbene esistano alcune differenze tra le firme chimiche dei vini cru da uve fresche e quelle dei vini da uve appassite, è di notevole interesse la chiara sovrapposizione delle segmentazioni ottenute tra vini da uve fresche e quelli da uve appassite. Confrontando le figure 5 e 13, che mostrano la segmentazione esistente nei vini Corvina sia da uve fresche che appassite, vediamo che da sinistra a destra (primo componente) La Fabriseria e Barila si distinguono nettamente dagli altri vini, con Impervio collocato al centro e altri vini a sinistra, con un'ulteriore separazione dall'alto verso il basso. Allo stesso modo, nel caso del Corvinone la segmentazione dei vini appassiti è molto simile a quella dei vini freschi (figura 14 e figura 6).

Nel complesso, queste osservazioni indicano che, sebbene l'appassimento stia chiaramente modificando la composizione volatile dei vini, dobbiamo comunque aspettarci di trovare un senso del luogo anche nei vini Amarone (si veda anche scheda 4). Naturalmente, poiché nella produzione commerciale dell'Amarone altri fattori giocano un ruolo centrale (ad esempio l'uso di contenitori di rovere che rilasciano composti aromatici esogeni) è possibile che al momento della degustazione l'espressione del senso del luogo dell'Amarone venga modificata. Ciononostante i nostri dati mostrano chiaramente che il senso del luogo dell'Amarone può essere misurato (si veda scheda 4).

3.7 Withering and the sense of place of Amarone

An often-recurring debate concerns the influence of withering on the expression of a wine's sense of place. This stems from the observation that withering tends to impart specific characteristics to the wines, which might in part mask the varietal and geographical identity of wines. Adopting the same approach described for wines from fresh grapes, therefore 'normalizing' the volatile compounds data to overcome the influence of vintage, we investigated the existence of patterns underlying the existence of a sense of place also in wines from withered grapes. These wines, which were obtained in the laboratory under highly controlled experimental conditions, are truly representative of Amarone, as the grapes (Corvina and Corvinone) were harvested and withered as normally done for Tedeschi's standard Amarone production. The results shown in figures 13 and 14 clearly highlight that also for Amarone wines, specific chemical signatures associated with individual vineyards can be identified, and the relevant aroma compounds measured. Once again, we could describe chemically the sense of place of a wine, in this case Amarone, proving that this is objectively part of wine compositional features.

Although some differences exist however between the chemical signatures of crus wines from fresh grapes and those of wines from withered grapes, one remarkable observation was the clear overlap of the vineyard segmentation obtained. Comparing figures 5 and 13, which are showing the segmentation existing in Corvina wines from either fresh or withered grapes, we see that from left to right (first component) La Fabriseria and Barila are clearly distinguished from the other wines, with Impervio placed in the middle and other wines on the left. Additional separation can be then observed from top to bottom. Likewise, in the case of Corvinone segmentation of withered wines is very similar to that of fresh wines (figure 14 and figure 6).

Altogether, these observations indicate that, although as we said withering is clearly modifying the volatile composition of wines, we should still expect to be able to find a sense of place also in Amarone wines (see also sheet 4). Of course, as in commercial Amarone production other factors play a central role, for example the use of oak containers releasing exogenous aroma compounds, it is possible that, upon tasting, expression of Amarone sense of place is modified. Yet our data clearly shows that Amarone sense of place can be measured (see sheet 4).

Fig. 13

Analisi delle componenti principali (PCA) della composizione volatile "normalizzata" dei vini **Corvina** ottenuti dai cinque vigneti cru in tre annate consecutive (2017-2019) con **uve appassite**

*Principal Component Analysis (PCA) of the 'normalised' volatile composition of **Corvina** wines obtained from the five cru vineyards in three consecutive vintages (2017-2019) using **withered grapes***

- ANFITEATRO ●
- BARILA ●
- IMPERVIO ●
- MONTE OLMI ●
- LA FABRISERIA ●

Osservazioni (assi F1 e F2: 42.39 %)
Observations (axes F1 and F2: 42.39 %)

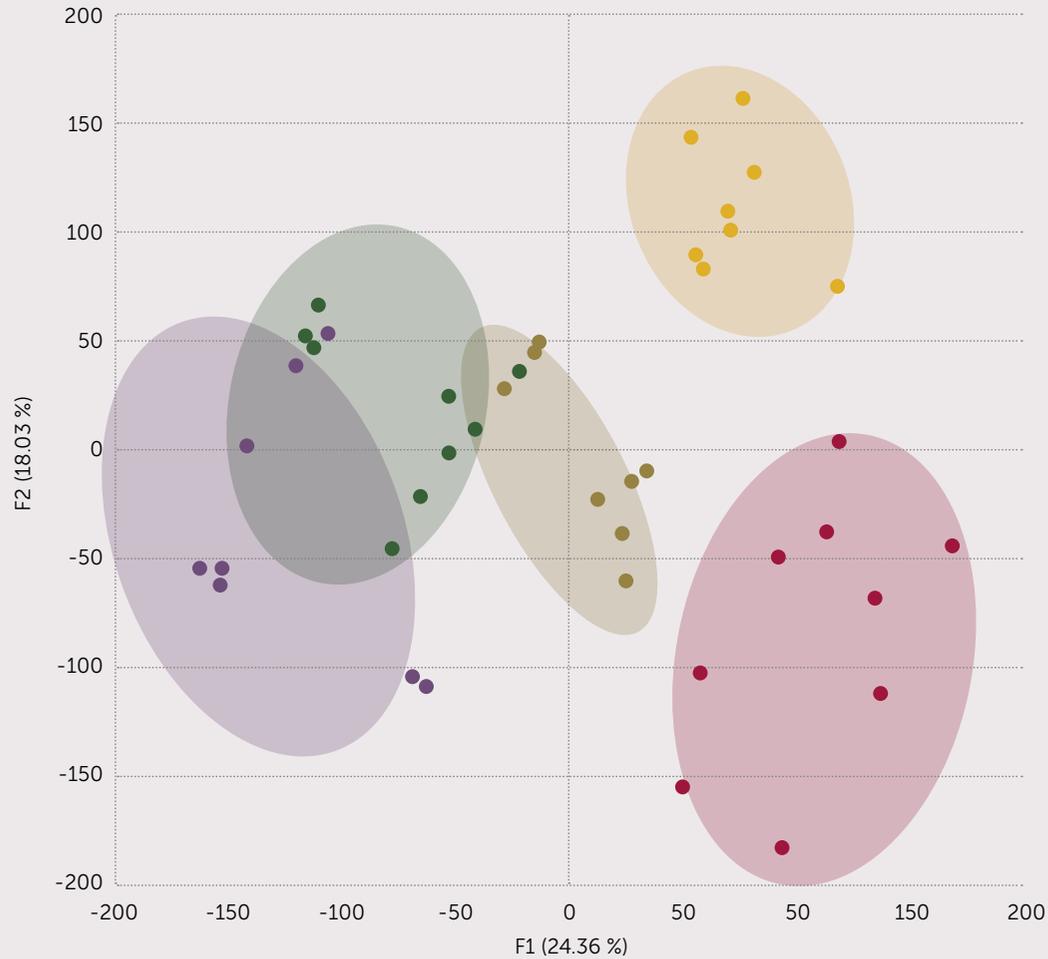


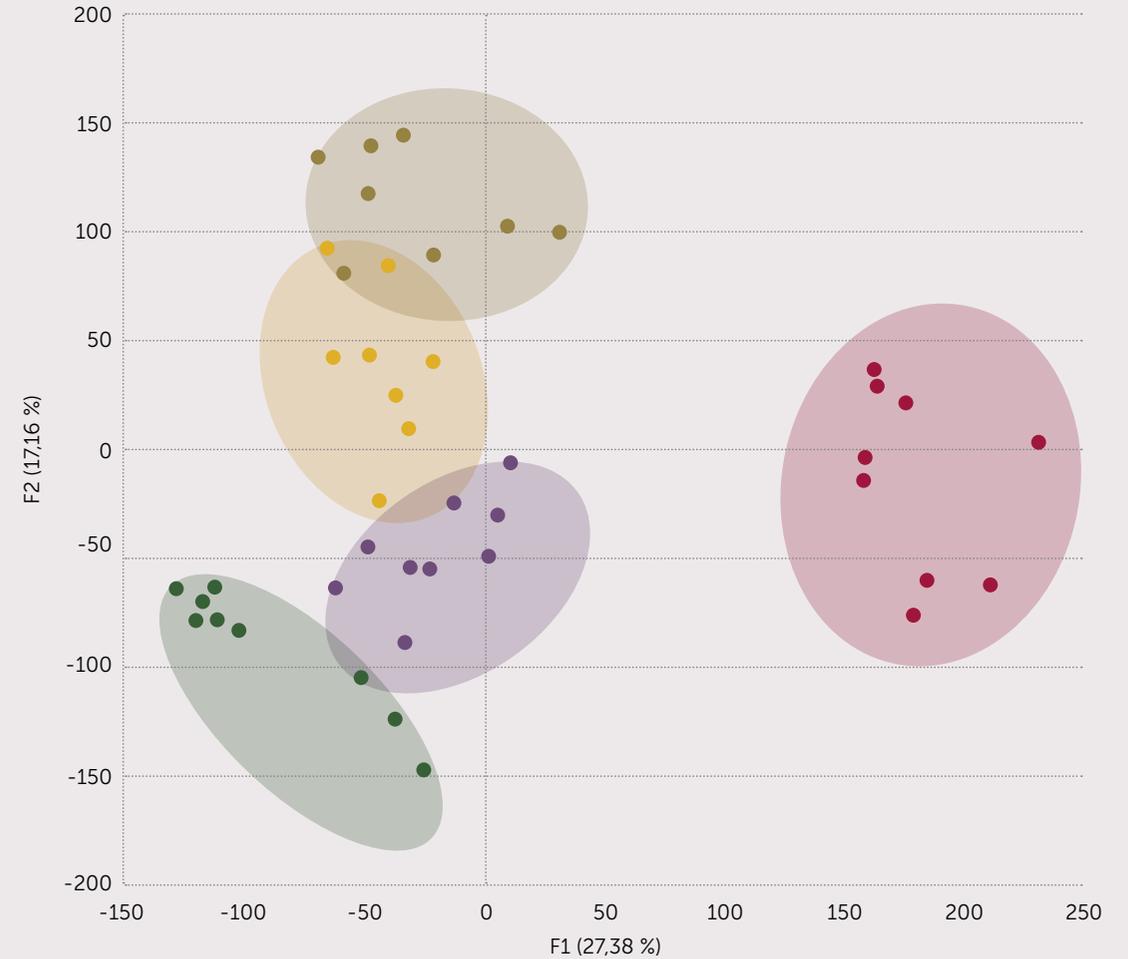
Fig. 14

Analisi delle componenti principali (PCA) della composizione volatile "normalizzata" dei vini **Corvinone** ottenuti dai cinque vigneti cru in tre annate consecutive (2017-2019) con **uve appassite**

*Principal Component Analysis (PCA) of the 'normalised' volatile composition of **Corvinone** wines obtained from the five cru vineyards in three consecutive vintages (2017-2019) using **withered grapes***

- ANFITEATRO ●
- BARILA ●
- IMPERVIO ●
- MONTE OLMI ●
- LA FABRISERIA ●

Osservazioni (assi F1 e F2: 44.54 %)
Observations (axes F1 and F2: 44.54 %)



Invecchiamento e senso del luogo dell'Amarone (Parte 2)

L'appassimento post-raccolta è una delle caratteristiche centrali del patrimonio enologico della Valpolicella, e rappresenta una peculiarità piuttosto unica nel contesto della produzione di vini rossi. L'evaporazione dell'acqua è il principale processo associato all'appassimento, che comporta un aumento della concentrazione di molti costituenti dell'uva (figura A). Tra questi, il contenuto di zucchero dell'uva raggiunge livelli estremamente elevati negli acini, determinando infine l'elevato contenuto di glicerolo e alcol dei vini Amarone.

Tuttavia non tutti i metaboliti presenti nell'acino d'uva si concentrano con l'appassimento. Durante l'appassimento nell'acino sono attivi complessi processi biochimici, alcuni dei quali comportano la degradazione dei costituenti dell'uva rilevanti per la qualità del vino. Questo è infatti il caso dei composti aromatici, che seguono andamenti piuttosto complessi (figura B). I terpeni floreali che sono caratteristici dei vini da uve Corvina non appassite tendono a diminuire con l'appassimento, per cui questo carattere è raramente presente nei vini Amarone. Contemporaneamente aumentano altri terpeni associati ad attributi balsamici e pepati (vedi anche Appassimento e il senso del luogo dell'Amarone - Parte 1). Più complesso è l'andamento dei norisoprenoidi, che raggiungono il picco dopo 8-10 settimane quindi appassiscono, poi diminuiscono.

Fig. A

Uve in appassimento
Grapes in withering



Fig. B

Evoluzione di differenti famiglie di composti aromatici durante l'appassimento
Evolution of different families of volatile compounds during withering

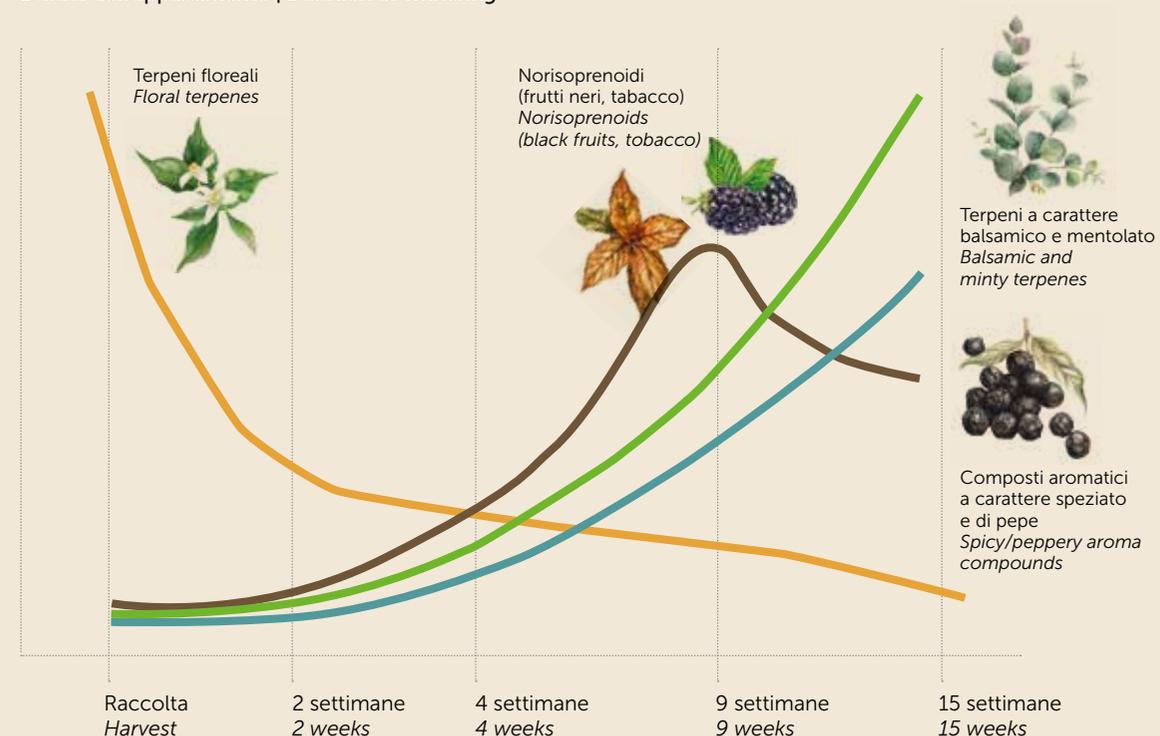
- Terpeni floreali
Floral terpenes
- Norisoprenoidi (frutti neri, tabacco)
Norisoprenoids (black fruits, tobacco)
- Terpeni a carattere balsamico e mentolato
Balsamic aroma terpenes and precursors
- Composti aromatici a carattere speziato e di pepe
Spicy/peppery aroma compounds

Withering and the sense of place of Amarone (Part 2)

Post-harvest withering is one of the central characteristics of Valpolicella enological legacy, representing a rather unique feature in the context of red wine production. Water evaporation is the main process associated with withering, which results in an increase in the concentration of many grape constituents (figure A). Among these, sugar content of the grapes reaches extremely high levels in the berries, eventually resulting in the high glycerol and alcohol content of Amarone wines. However, not all metabolites present in the grape berry concentrates with withering. Complex biochemical processes are active in the berry during withering, some of which result in the degradation of grape constituents that are relevant to wine quality.

This is indeed the case for aroma compounds, which follow rather complex trends (figure B). The floral terpenes that are characteristics of wines from non withered grapes tend to decrease with withering, so that this character is rarely present in Amarone wines. At the same time, other terpenes associated with balsamic and peppery attributes increase (see also Withering and the sense of place of Amarone – Part 2). More complex is the trend of norisoprenoids, which reach a peak after 8-10 weeks so withering, then decrease. At the same time, other terpenes associated with balsamic and peppery attributes increase (See also Withering and the sense of place of Amarone – Part 1). More complex is the trend of norisoprenoids, which reach a peak after 8-10 weeks so withering, then decrease.

Durata dell'appassimento | Duration of withering



Nonostante con l'appassimento vi siano significativi cambiamenti nei profili aromatici dell'uva e del vino, il senso del luogo dei vini provenienti da vigneti diversi viene mantenuto dopo l'appassimento. La figura C mostra infatti la composizione aromatica dei vini provenienti da 5 diversi vigneti in 3 annate consecutive, evidenziando l'esistenza di specifiche firme aromatiche.

I vini di Fabriseria, ad esempio, sono associati a terpeni come il linalolo e ai composti dall'odore di tabacco TDN e TPB, mentre i vini di Barila sono caratterizzati da aromi fruttati, dolci e speziati (acetato di isoamile, damascenone ed eugenolo). Al contrario, i vini dell'Anfiteatro sono associati agli esteri etilici coinvolti negli attributi dei frutti rossi (figura C).

In spite of these meaningful changes in grape and wine aroma profiles, the sense of place of the wines coming from different vineyards is retained after withering. Figure C shows indeed the aroma composition of wines from 5 different vineyards in 3 consecutive vintages, highlighting the existence of specific aroma signatures.

Wines from Fabriseria, for example, are associated with terpenes such as linalool and with the tobacco-smelling compounds TDN and TPB, whereas wines from Barila are characterized by fruity, sweet and spicy aromas (isoamyl acetate, damascenone and eugenol). Conversely, wines from Anfiteatro are associated with ethyl esters involved in red fruit attributes (figure C).

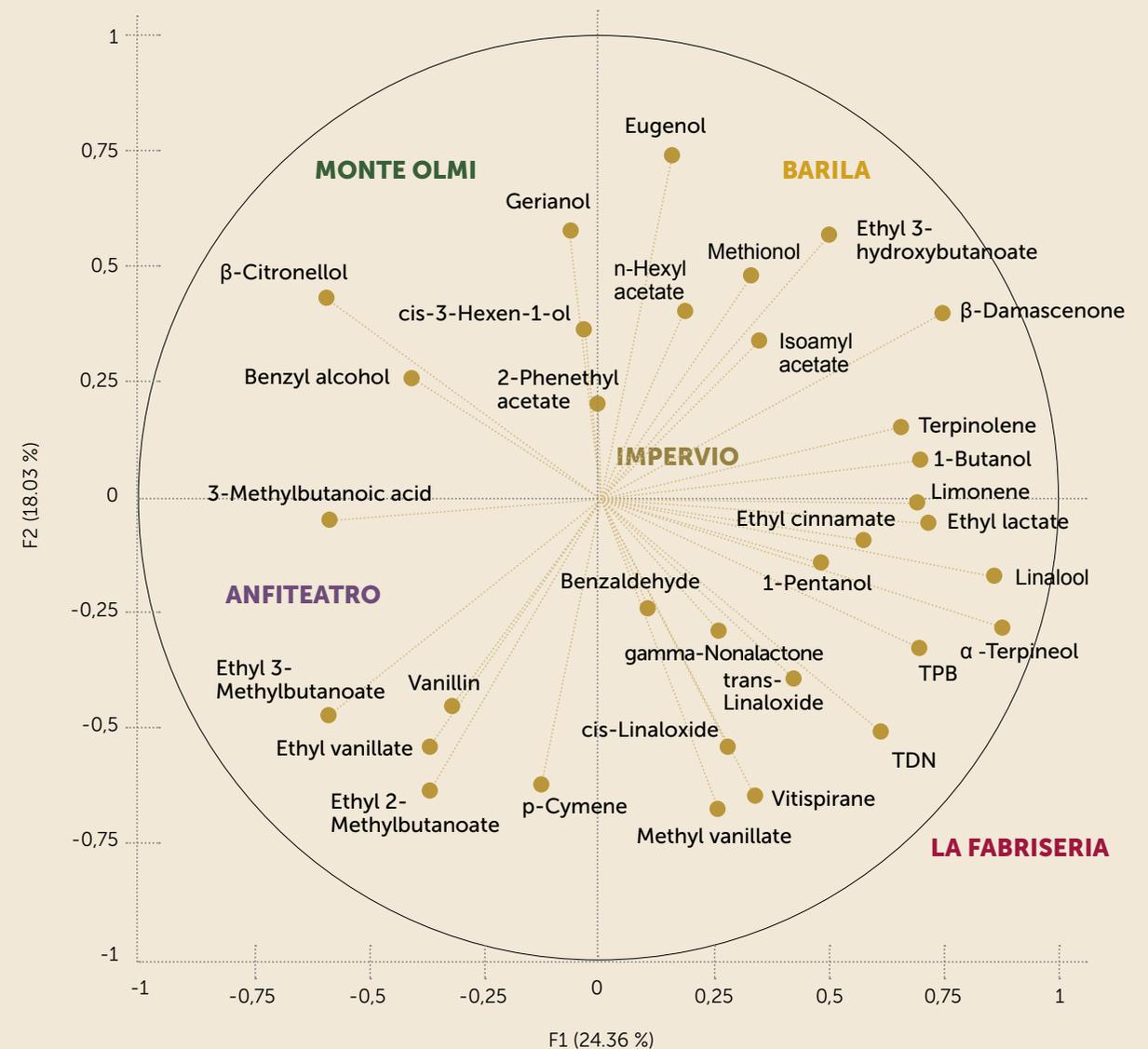


Barila Maternigo

Fig. C

Composti volatili in vini da uve Corvina appassite in tre differenti annate (2017-2019)

Volatile compounds in Corvina wines of 5 different vineyards in 3 consecutive vintages (2017-2019)



La figura 15 mostra la mappa completa dei composti chimici associati ai cinque vigneti cru nel caso dei vini Amarone. Come si può vedere, composti come il linalolo sono meno ubiquitari che nel caso dei vini freschi, a causa della negativa influenza dell'appassimento sul contenuto di alcoli monoterpeneici lineari. Al contrario, il damascenone è più spesso associato a specifici siti viticoli come ad esempio Impervio e Barila. Altri composti, ad esempio l'estere fruttato isoamil acetato ma anche altri esteri fruttati come l'etile esanoato e l'etil ottanoato, rimangono come marcatori chiave dei vini Monte Olmi anche nel caso dell'Amarone.

Figure 15 shows the comprehensive map of the chemical compounds associated with the five cru vineyards in the case of Amarone wines. As it can be seen, compounds such as linalool are less ubiquitous than in the case of fresh wines, due to the above-mentioned fact that withering causes a reduction in linear monoterpene alcohols. Conversely, damascenone is more often associated with specific vineyard sites such as for example Impervio and Barila. Other compounds, for example the fruity ester isoamyl acetate but also other fruity esters such as ethyl hexanoate and ethyl octanoate, remain as key markers of Monte Olmi wines also in the case of Amarone.)

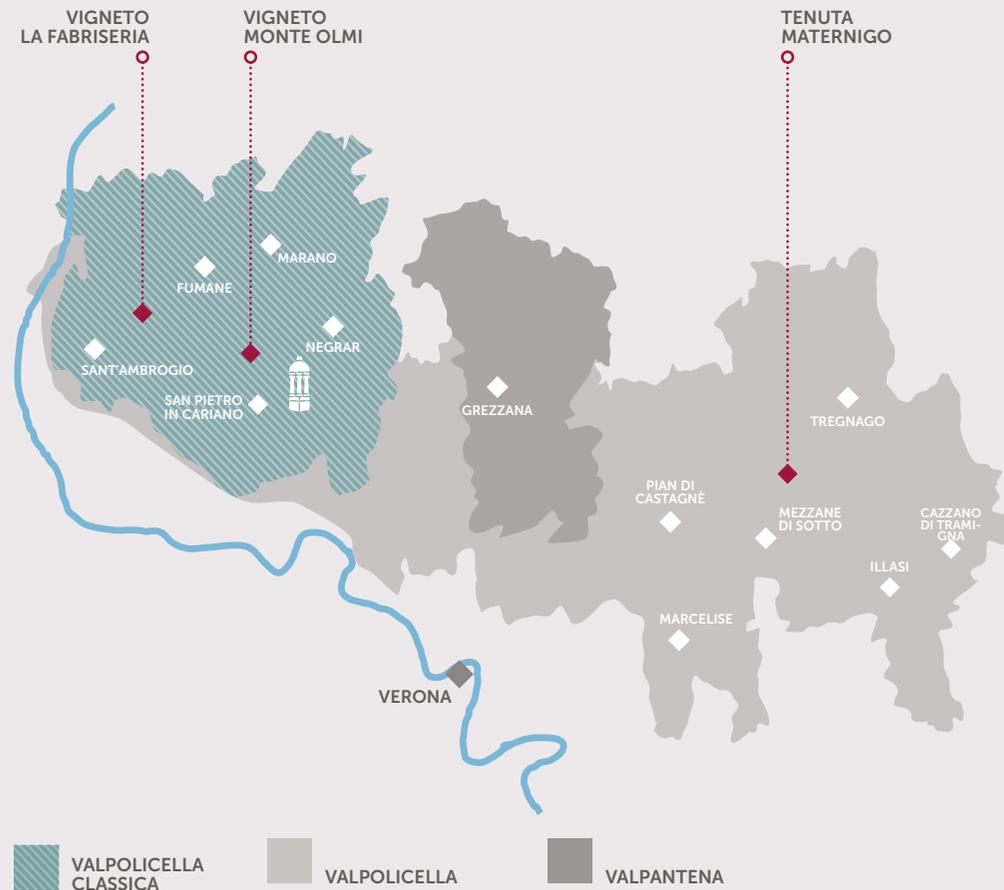


Fig. 15

Principali composti aromatici associati al senso del luogo dei vini cru da uve appassite

Main aroma compounds associated with the sense of place of cru wines from withered grapes

MONTE OLMI

CORVINA

- Etil butanoato / Ethyl butanoate
- Etil esanoato / Ethyl hexanoate
- Isoamil acetato / Isoamyl acetate
- Vanillina / Vanillin
- Cis-3-esenolo / Cis-3-hexenol
- β -ionone

CORVINONE

- Etil butanoato / Ethyl butanoate
- Etil esanoato / Ethyl hexanoate
- Isoamil acetato / Isoamyl acetate
- Vanillina / Vanillin
- 3-oxo- α -ianolo / 3-oxo- α -ianol
- β -damascone

LA FABRISERIA

CORVINA

- Linalolo / Linalool
- Cis-3-esenolo / Cis-3-hexenol
- a-terpineolo / a-terpineol
- Vanillina / Vanillin
- Esteri / Esters

CORVINONE

- Linalolo / Linalool
- Cis-3-esenolo / Cis-3-hexenol
- a-terpineolo / a-terpineol
- Vanillina / Vanillin
- Esteri / Esters

BARILA

CORVINA

- Damascenone
- Citronellolo / Citronellol

CORVINONE

- Damascenone
- Esteri / Esters
- Cis-3-esenolo / Cis-3-hexenol

ANFITEATRO

CORVINA

- Cis-3-esenolo / Cis-3-hexenol
- Vanillina / Vanillin

CORVINONE

- Linalolo / Linalool
- Vanillina / Vanillin
- a-terpineolo / a-terpineol
- Cis-3-esenolo / Cis-3-hexenol

IMPERVIO

CORVINA

- Damascenone
- Esteri / Esters
- Citronellolo / Citronellol

CORVINONE

- Damascenone
- Citronellolo / Citronellol

3.8 Il ruolo del ceppo di lievito nell'espressione del senso del luogo

L'osservazione, per certi versi sorprendente, sul ruolo centrale del lievito nella formazione di composti aromatici importanti per l'espressione del senso del luogo dei vini della Valpolicella ci ha spinto a indagare con maggior attenzione questo aspetto. Il rapporto tra il lievito che conduce la fermentazione e la capacità di un vino di esprimere caratteri sensoriali che riflettano il terroir di origine delle uve è stato a lungo dibattuto. I gruppi microbici di un dato vigneto sono parte intrinseca del terroir, ma anche gli ambienti di cantina si caratterizzano per la presenza di specifici microbi che variano da un luogo all'altro. Inoltre, cosa forse più importante, le fermentazioni inoculate promuovono la dominanza di ceppi selezionati di *Saccharomyces cerevisiae*, che tendono ad essere relativamente sicuri in termini di caratteri fermentativi indesiderati quali ad esempio elevata acidità volatile e alta produzione di acetato di etile. Al contrario le fermentazioni non inoculate (ovvero spontanee) tendono ad essere meno prevedibili in termini di risultati sensoriali, con maggiori opportunità per lo sviluppo di lieviti non-*Saccharomyces*.

Con l'obiettivo di approfondire questi aspetti, nel corso del progetto è stata condotta una sperimentazione utilizzando uve Corvinone appassite provenienti dai vigneti Fabriseria e Monte Olmi, situati nella Valpolicella Classica, e Impervio Anfiteatro e Barila, situati nella tenuta Maternigo nella Valpolicella orientale. Assemblando le uve di questi vigneti, sono stati creati due lotti di uva provenienti da due diverse aree della Valpolicella, che sono state etichettate Area 1 (Monte Olmi e La Fabriseria) e Area 2 (Anfiteatro, Barila, Impervio) (Figura 16). Per ciascuno di questi due lotti sono state applicate cinque diverse modalità di fermentazione. Quattro di queste prevedevano l'aggiunta di 100 mg/L di metabisolfito di potassio (SO₂), seguita dall'inoculo con uno di quattro lieviti attivi commerciali di *Saccharomyces*. Per il quinto invece non è stata aggiunta SO₂ e la fermentazione è stata lasciata avvenire spontaneamente. Il resto del processo di vinificazione è stato lo stesso per tutte e cinque le modalità e in tutti i casi la fermentazione è stata completa (zuccheri residui < 2 g/L). Questo disegno sperimentale ci ha permesso di confrontare l'effetto di diversi approcci di gestione della fermentazione (inoculati verso non inoculati) sulla capacità dei vini di esprimere le differenze legate all'origine geografica delle uve.

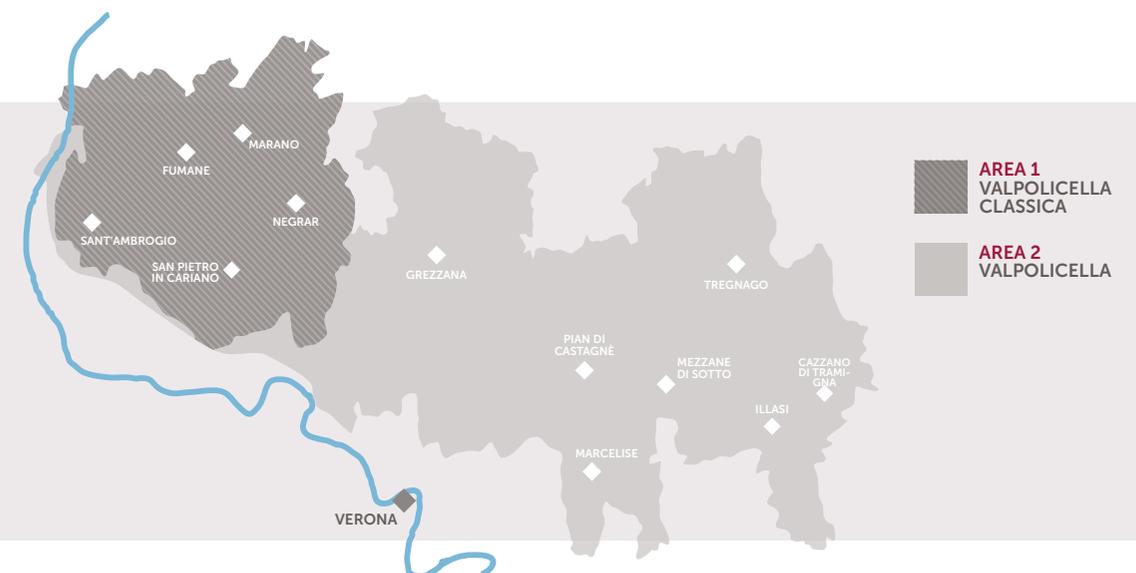
Fig. 16
Approccio sperimentale utilizzato per lo studio dell'influenza del lievito sul senso del luogo del vino
Experimental approach used for the study of yeast influence on wine sense of place

MODALITÀ DI FERMENTAZIONE	FERMENTATION MODALITIES
INOCULAZIONE CON 4 LIEVITI DI PARTENZA COMMERCIALI (Y1 - Y2 - Y3 - Y4)	INOCULATION WITH 4 COMMERCIAL STARTER YEAST (Y1 - Y2 - Y3 - Y4)
FERMENTAZIONE SPONTANEA	SPONTANEOUS FERMENTATION

3.8 The role of yeast in expressing wine's sense of place

The somewhat surprising observation relating to the central role of yeast in the formation of aromatic compounds important for the expression of the sense of place in Valpolicella wines pushed us to investigate this aspect more carefully. The relationship between the yeast that runs the fermentation and the capacity of a wine to express sensory characters reflecting the terroir of origin of the grapes has been long debated. Microbial consortia of a given vineyard are an intrinsic part of the terroir, but winery environments also have their own microbial consortia. Furthermore, and perhaps most important, inoculated fermentations promote the dominance of selected *Saccharomyces cerevisiae* strains which tend to be relatively safe in terms of unwanted fermentative characters such as for example high volatile acidity and high ethyl acetate. Conversely, non-inoculated (aka spontaneous) fermentations tend to be less predictable in terms of sensory outcomes, with greater opportunity for the development of non-*Saccharomyces* yeasts which are often high volatile acidity producers.

With the aim of getting some insights in these aspects, an experiment was run using withered Corvinone grapes coming from vineyards Fabriseria and Monte Olmi, located in the Valpolicella Classica, and Impervio, Anfiteatro, and Barila, located in the Maternigo estate in eastern Valpolicella. Essentially, we created two grape batches coming from two different areas in Valpolicella, which were labeled Area 1 and Area 2 (Figure XXX). For each one of these batches, five different fermentation modalities were applied. Four of these involved addition of 100 mg/L of potassium metabisulfite (SO₂), followed by inoculation with one of four commercial starters of *Saccharomyces*. For the fifth one instead, SO₂ was not added and fermentation was left to occur spontaneously. The rest of the vinification process was the same for all five modalities, and in all cases, fermentation was complete (residual sugars < 2 g/L). This experimental design allowed us to compare the effect of different fermentation management approaches (inoculated vs. non-inoculated) on the ability of the wines to express differences linked to the geographical origin of the grapes.



Di particolare rilevanza è stata la tecnica di valutazione sensoriale adottata che in questo caso è il cosiddetto sorting task. In sostituzione di approcci più convenzionali che implicano la valutazione dell'intensità di specifici attributi sensoriali, nel caso del sorting task viene chiesto ai partecipanti di raggruppare i vini in base alla somiglianza sensoriale (in questo caso il profilo olfattivo). I risultati hanno mostrato chiaramente che solo nel caso delle fermentazioni inoculate erano ben percepibili le differenze dovute alla diversa origine delle uve, mentre nel caso delle fermentazioni spontanee i vini erano complessivamente molto simili, indipendentemente dalla diversa provenienza delle uve (Figura 17A).

Da un punto di vista chimico, questa segmentazione è dovuta principalmente agli alti livelli di acetato di etile, un estere prodotto in alte concentrazioni da lieviti non-Saccharomyces, presente soprattutto nelle fermentazioni spontanee (Figura 17B). Se da un lato si conferma quindi la notevole diversità olfattiva dei vini da fermentazione spontanea rispetto a quelli da fermentazione inoculata, dall'altro si evidenzia come la fermentazione spontanea tenda a conferire ai vini un proprio carattere olfattivo, con la conseguenza di 'oscurare' il senso del luogo dei vini stessi. Al contrario, le fermentazioni inoculate, seppur relativamente meno diverse tra loro, permettono di esprimere maggiormente il senso del luogo del vino, che nel caso specifico di questo studio era costituito da due diverse provenienze delle uve all'interno della Valpolicella DOC. Questi risultati devono ovviamente essere presi con cautela in quanto la pratica della fermentazione spontanea viene condotta in modo molto diverso a seconda dell'azienda produttrice e quindi le condizioni di questo studio non sono necessariamente rappresentative di tutte le possibili condizioni per l'attuazione della fermentazione spontanea. Tuttavia essi evidenziano chiaramente come, contrariamente a quanto spesso erroneamente si lascia intendere, le fermentazioni inoculate abbiano la capacità di enfatizzare l'espressione del senso del luogo di un vino, anziché attenuarla.

Of particular relevance was the sensory evaluation technique that was adopted, which in this case was the so-called sorting task. Instead of the more conventional approaches involving intensity rating of specific sensory attributes, in the case of sorting task panelists are asked to group wines based on sensory similarity (in this case odor profile). The results showed clearly that only in the case of inoculated fermentations were the differences due to the different origin of the grapes clearly perceptible, while in the case of spontaneous fermentations the wines were overall very similar, regardless of the different origin of the grapes (Figure 17A).

From a chemical point of view, this segmentation was mainly due to high levels of ethyl acetate, an ester produced in high concentrations by non-Saccharomyces yeasts, mostly present in spontaneous fermentations (Figure 17B). If on the one hand the notable olfactory diversity of wines from spontaneous fermentation compared to those from inoculated fermentation is therefore confirmed, on the other it is highlighted how spontaneous fermentation tends to give wines their own olfactory character, with the consequence of 'obscuring' the sense of place of the wines themselves. On the contrary, the inoculated fermentations, although relatively less different from each other, allow the sense of place of the wine to be expressed to a greater extent, which in the specific case of this study was made up of two different origins of the grapes within the Valpolicella DOC. These results must obviously be taken with caution as the practice of spontaneous fermentation is conducted very differently depending on the manufacturing company, and therefore the conditions of this study are not necessarily representative of all possible conditions for implementing spontaneous fermentation. However, they clearly highlight how, contrary to what is often mistakenly suggested, inoculated fermentations have the ability to emphasize the expression of a wine's sense of place, rather than attenuate it.

Fig. 17A >
Dissimilarità
del dendrogramma
*Dendogram
dissimilarity*

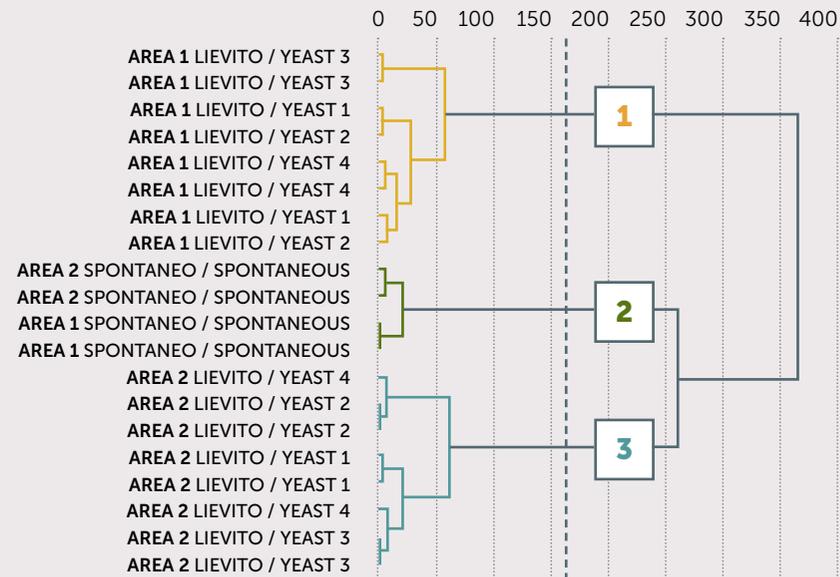


Fig. 17B > Etil acetato / Ethyl acetate

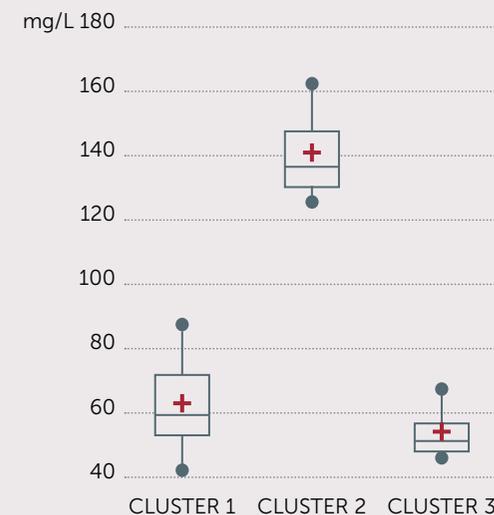


Fig. 17

Analisi gerarchica dei cluster (HCA) e contenuto in etil acetato di vini Corvina da differenti aree e strategie di inoculo con 8°) dendrogramma con la presenza di tre gruppi di similitudine olfattiva e (b) l'associazione del gruppo 2 (fermentazioni spontanee) con livelli elevati di etil acetato.

Hierarchical cluster analysis (HCA) and ethyl acetate content of Corvina wines from different areas and inoculation strategies with (a) dendrogram plot showing the existence of three clusters of odor similarities across the samples, and (b) the association of cluster 2 (spontaneous fermentation) with high levels of ethyl acetate.

3.9 Invecchiamento dei vini ed espressione del carattere dei vini da singoli cru

L'aroma percepito durante l'assaggio di un vino rappresenta una fotografia dell'insieme delle sensazioni odorose che, in uno specifico momento della vita di un vino, sono indotte dalla presenza di differenti composti in grado di stimolare i recettori olfattivi di chi sta assaggiando. Tale fotografia contiene, come abbiamo visto, componenti aromatiche direttamente derivanti dall'uva e talvolta caratteristiche della singola varietà della stessa (come, ad esempio, i terpeni o il damascenone, di cui abbiamo parlato in precedenza), ma anche altre componenti più generalmente associate al processo fermentativo, come ad esempio gli esteri responsabili dei caratteri fruttati dei vini. È dunque l'interazione tra la composizione dell'uva e il processo di fermentazione che determina i soggetti presenti nella nostra fotografia, i loro colori, la loro intensità e la complessità di insieme dell'immagine.

Il fatto che il vino sia un ambiente acido determina tuttavia una transitorietà di questa immagine che è destinata a cambiare nel tempo (figura 18).

Molti dei composti volatili di maggior impatto sono infatti instabili nelle condizioni di blanda acidità del vino e tendono a trasformarsi in altri composti più o meno odorosi, come nel caso delle trasformazioni a carico dei terpeni, di cui abbiamo parlato in precedenza (si vedano schede 2 e 5).

Allo stesso modo, alcuni precursori d'aroma sono a loro volta suscettibili di dar luogo, nel corso dell'invecchiamento dei vini, alla formazione di composti aromatici ad elevato impatto.

3.9 Invecchiamento dei vini ed espressione del carattere dei vini da singoli cru

The aroma perceived when tasting a wine represents a snapshot of the set of odorous sensations which, at a specific moment in the life of a wine, are induced by the presence of different compounds capable of stimulating the olfactory receptors of those who are tasting it. This picture contains, as we have seen, aromatic components directly deriving from the grape and sometimes characteristics of the single grape variety (such as terpenes or damascenone, which we talked about previously), but also others more generally associated with the process fermentative, such as the esters responsible for the fruity characteristics of wines. It is therefore the interaction between the composition of the grape and the fermentation process that determines the subjects present in our photography, their colors, their intensity, and the overall complexity of the image.

The fact that wine is an acidic environment, however, determines a transitory nature of this image, which is destined to change over time (figura 18).

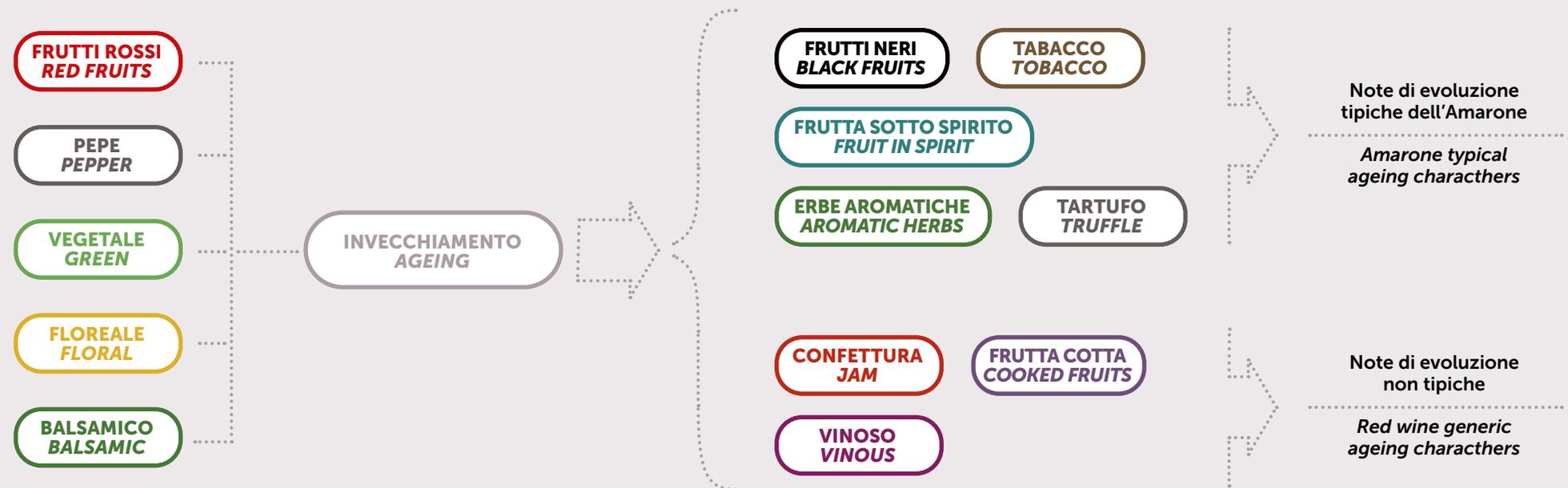
Many of the volatile compounds with the greatest impact are in fact unstable in the conditions of mild acidity of the wine, and tend to transform into other more or less odorous compounds, as in the case of the transformations involving terpenes (see sheets 2 and 5).

Similarly, some aroma precursors are in turn susceptible to giving rise, during the aging of wines, to the formation of high-impact aromatic compounds.

Fig. 18

Modelli aromatici di invecchiamento in vini Amarone

Aromatic patterns of Amarone wines with ageing



Composti terpenici e caratteri aromatici dei vini della Valpolicella

I terpenoidi sono una grande famiglia di composti volatili diffusi nel regno vegetale. Nel contesto del vino, i terpenoidi sono tra i composti più studiati, per il loro importante contributo all'aroma del Moscato e di altri vini aromatici. L'uva e i vini moscato sono infatti ricchi di monoterpenoidi come linalolo e geraniolo, che conferiscono i caratteristici odori di fiori d'arancio. Tuttavia, la chimica dei terpeni nel vino è molto più complessa. Nelle uve non aromatiche i monoterpenoidi sono molto meno abbondanti rispetto al Moscato, e sono per la maggior parte presenti sotto forma di precursori inodori in cui il composto aromatico è legato ad uno zucchero (figura A1).

Il lievito possiede diverse attività enzimatiche in grado di rilasciare questi composti aromatici legati allo zucchero, così che alla fine della fermentazione i vini giovani contengono diversi terpenoidi potenzialmente odorosi, tra cui linalolo e geraniolo (figura A2).

Terpenoids and the aroma characters of Valpolicella wines

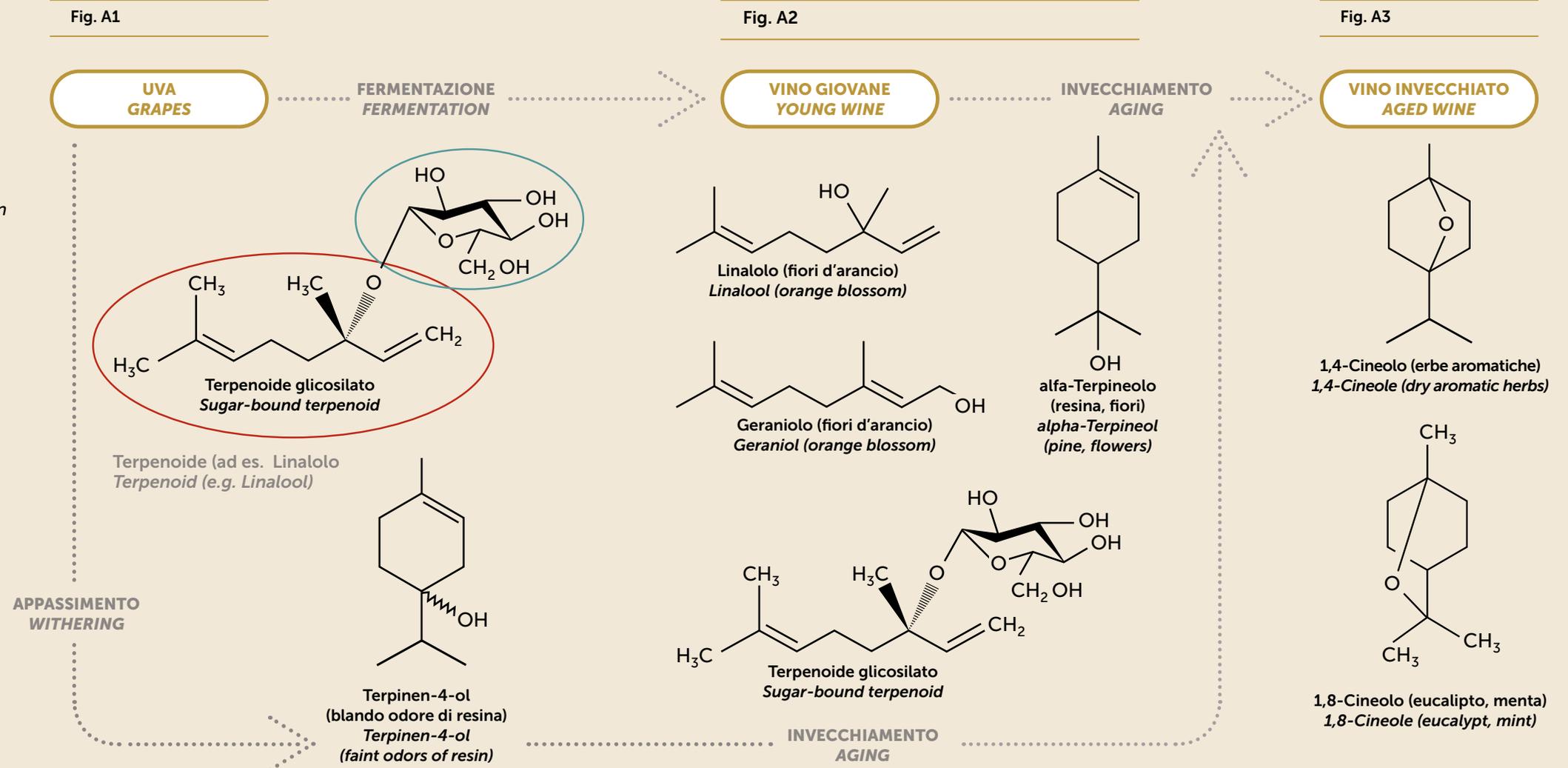
Terpenoids are a large family of volatile compounds that are widespread in the plant kingdom. In the context of wine, terpenoids are among the most studied compounds, due to their prominent contribution to the aroma of Muscat and other aromatic wines. Muscat grapes and wines are in fact rich in monoterpenoids such as linalool and geraniol, imparting the characteristic orange blossom odors. However, terpene chemistry in wine is far more complex. In non-aromatic grapes, monoterpenoids are far less abundant compared to Muscat, and they are for the most part present in the form of odorless precursors in which the aroma compound is bound to a sugar (figura A1).

Yeast possesses several enzymatic activities able to release these sugar-bound aroma compounds, so that at the end of fermentation the young wines contain several potentially odor-active terpenoids, including linalool and geraniol (figura A2).

Fig. A

Strutture chimiche dei principali terpeni caratterizzanti le diverse fasi della vinificazione dei vini della Valpolicella

Chemical structures of the main terpenes characterizing the different stages in the vinification of Valpolicella wines

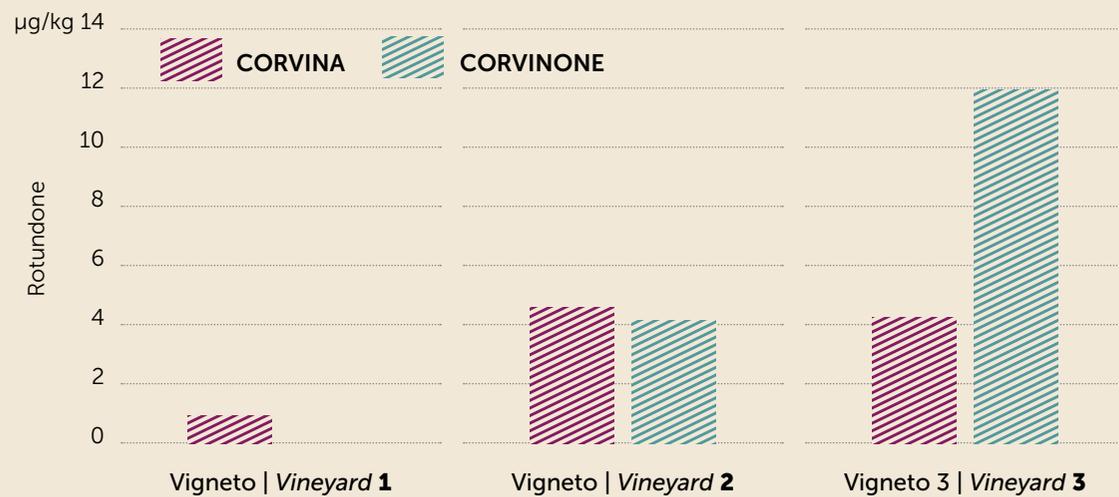


Sebbene associamo principalmente questi terpenoidi ai vini bianchi, essi sono presenti anche nei vini rossi, e varietà come la Corvina possono essere piuttosto ricche di linaolo (si veda scheda 1). Tuttavia, sia i terpenoidi liberi che i loro precursori legati agli zuccheri non sono stabili al pH del vino e possono subire una serie di trasformazioni che portano a composti aromatici nuovi e spesso più potenti. Poiché queste reazioni sono piuttosto lente, diventano rilevanti nel contesto di vini come Amarone, Ripasso e Valpolicella Superiore, che possono essere invecchiati per diversi anni (figura A3). In questo modo si possono formare potenti terpenoidi aromatici, tra cui 1,8-cineolo (eucaliptolo, si veda scheda 1), 1,4-cineolo e p-cimene. L'1,4-Cineolo è un caso particolarmente interessante in quanto si forma durante l'invecchiamento dal terpinene-4-olo, un terpenoide minore presente nelle uve Corvina e Corvinone al momento della vendemmia, che risulta essere il terpenoide volatile più abbondante nell'Amarone (si veda scheda 3). Ciò è dovuto al fatto che il terpinene-4-olo si accumula nell'uva in risposta allo stress legato all'invecchiamento, per cui l'1,4-cineolo può essere considerato un indicatore aromatico dell'appassimento della Corvina, anche se questo si rivela solo dopo l'invecchiamento dei vini.

Un altro importante terpenoide dei vini della Valpolicella è il **rotundone**, l'odore principale del **pepe nero**, che conferisce aromi pepati ai vini. Il Corvinone è generalmente più ricco di questo composto rispetto alla Corvina, e la posizione del vigneto sembra avere una forte influenza sul contenuto di rotundone (figura B). Vigneti ad altitudini più elevate tendono a dare un contenuto di rotundone più elevato, così come il processo di appassimento.

Fig. B

Influenza del vigneto e dell'appassimento sul contenuto di rotundone delle uve
Influence of vineyard and withering on the rotundone content of grapes

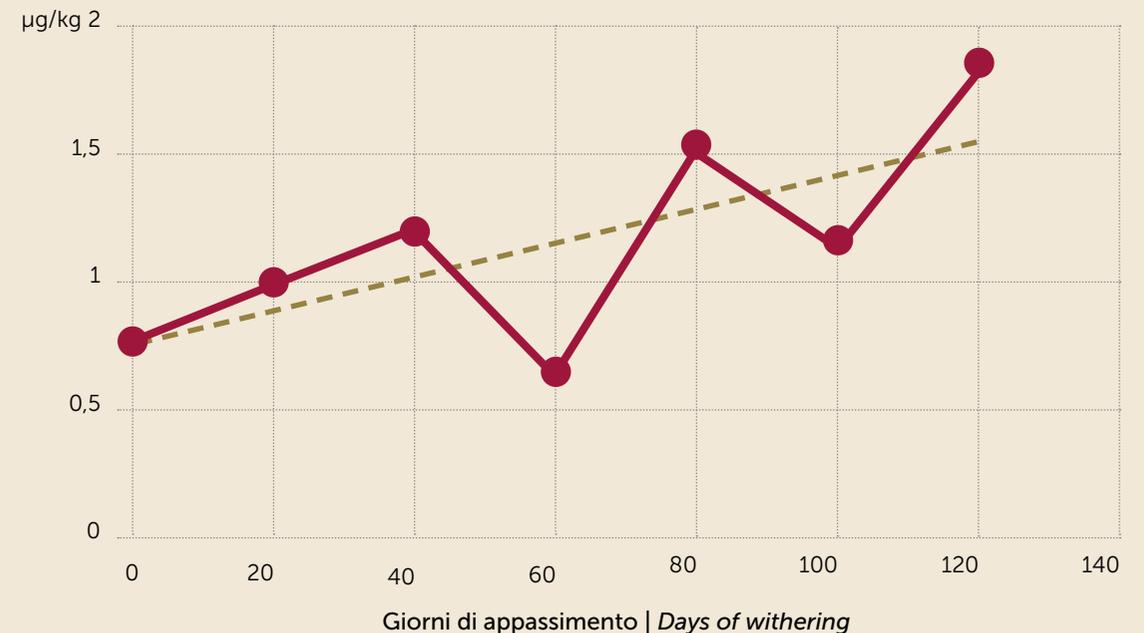


While we associate mostly these terpenoids to white wines, they are present also in red wines, and varieties such as Corvina can be quite rich in linaool (see sheet 1).

However, both free terpenoids and their sugar-bound precursors are not stable at wine pH, and can undergo a number of trasformations leading to novel and often more potent aroma compounds. As these reactions are quite slow, they become relevant in the context of wines such as Amarone, Ripasso and Valpolicella Superiore, that can be aged for several years (figure A3).

Potent aromatic terpenoids can be formed in this way, including 1,8-cineole (eucalyptol, see sheet 1), 1,4-cineole, and p-cymene. 1,4-Cineole is a particularly interesting case as it is formed during aging from terpinene-4-ol, a minor terpenoid in Corvina and Corvinone grapes at harvest, which turns out to be the most abundant volatile terpenoid in Amarone (see sheet 3). This is due to the fact that terpinene-4-ol accumulates in the grapes in response to the stress associated with aging, and so 1,4-cineole can be considered an aroma marker of Corvina withering, although this is only revealed after aging of the wines.

Another important terpenoid of Valpolicella wines is **rotundone**, the main odorant of **black pepper**, imparting peppery aromas to the wines. Corvinone is generally richer of this compound than Corvina, and vineyard location appears to have a strong influence on grape rotundone content (Figure B). Vineyards at higher altitudes are expected to give higher rotundone content in the grapes. Withering is also expected to induce an increase in grape rotundone content



Il dimetil solfuro (DMS), un composto aromatico solforato, sembra rivestire un ruolo centrale nell'aroma dei vini rossi invecchiati. Tale composto, presente solo in tracce nei vini giovani, si forma a partire dalla S-metilmetionina, un derivato inodore dell'amminoacido metionina comunemente presente nelle uve e nei vini (si veda scheda 5).

Nel corso dell'invecchiamento dei vini il DMS può raggiungere livelli in grado di impartire ai vini note odorose di frutti neri, tartufo, paté di olive nere in funzione della concentrazione. I dati ottenuti nel corso del presente studio mostrano chiaramente come il DMS presente in vini Amarone invecchiati sia altamente variabile in funzione del vigneto di provenienza delle uve (figura 19), mettendo così in evidenza un ultimo aspetto importante dell'espressione del senso del luogo in un vino: oltre che a quello direttamente presente nelle uve, una parte del senso del luogo si esprime attraverso le lente trasformazioni che avvengono durante la conservazione del vino stesso. Esse consentono di amplificare le differenze indotte dal vigneto e dal modo in cui esso determina il comportamento dei lieviti durante la vinificazione.

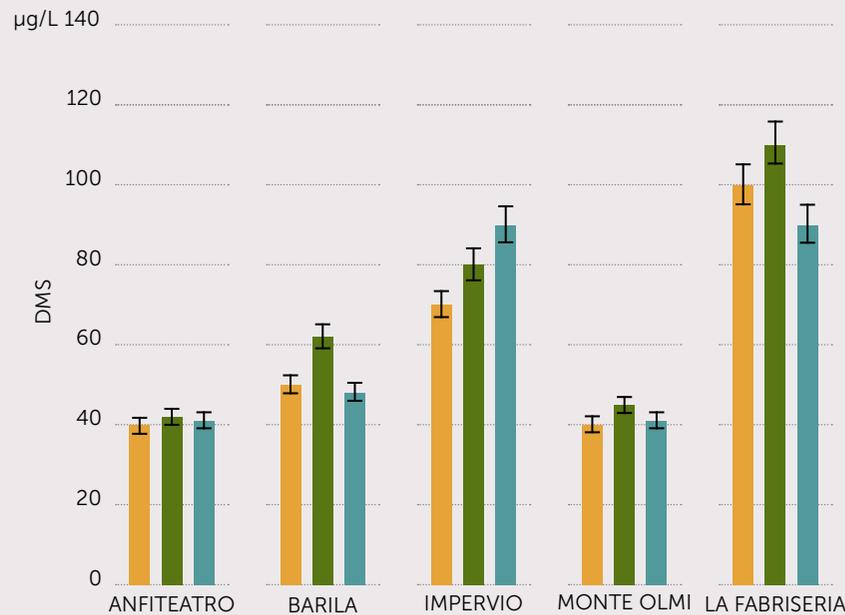
Dimethyl sulfide (DMS), an aromatic sulfur compound, appears to play a central role in the aroma of aged red wines. This compound, present only in traces in young wines, is formed from S-methylmethionine, an odorless derivative of the amino acid methionine commonly present in grapes and wines (see sheet 5).

During the aging of wines, DMS can reach levels capable of imparting odorous notes of black fruits, truffles, black olive paté to the wines depending on the concentration. The data obtained during the present study clearly show how the DMS present in aged Amarone wines is highly variable depending on the vineyard of origin of the grapes (figure 19), thus highlighting a last important aspect of the expression of the sense of place a wine: in addition to that directly present in the grapes, part of a wine's sense of place is expressed through the slow transformations that occur during the conservation of the wine itself. They allow us to amplify the differences induced by the vineyard and the way in which it determines the behavior of the yeasts during winemaking.

Fig. 19
Contenuto di DMS dei vini cru Corvina nelle tre annate consecutive

DMS content of Corvina cru wines in the three consecutive vintages

2017
2018
2019



Conclusione

L'aroma è una componente centrale della qualità di un vino così come percepita durante l'assaggio. Tra i tanti aspetti unici della percezione dell'aroma di un vino, la sua capacità di esprimere attributi olfattivi che possano essere associati al luogo di origine delle uve rimane altamente controversa e al tempo stesso affascinante. Spesso associato alla nozione più ampia di terroir e anche troppo spesso attribuito a specifiche caratteristiche del terreno, il rapporto tra l'aroma di un vino e l'origine geografica delle uve da cui è prodotto rappresenta un tema molto complesso e tutt'ora poco esplorato.

Grazie ad un approccio sperimentale basato sulla combinazione di una strategia di vinificazione altamente riproducibile e a una serie di analisi chimiche avanzate è stato possibile dimostrare, su vini da cinque diversi vigneti nel corso di tre annate consecutive, l'esistenza di quello che abbiamo chiamato il senso del luogo di un vino, vale a dire la sua capacità di trasmettere una gamma unica di sensazioni olfattive e stimoli che, nel loro insieme, sono altamente rappresentativi dell'ambiente in cui le uve vengono coltivate. Contrariamente alla credenza comune, questo pool di sostanze odorosamente attive non comprende solo composti che derivano direttamente dall'uva, ma anche altri composti derivanti dalle complesse reazioni chimiche e biochimiche che si instaurano nel corso della fermentazione. Quest'ultima, infatti, agisce come una lente d'ingrandimento in grado di 'rivelare' composti aromatici nascosti. L'invecchiamento è un altro componente chiave in questo quadro, poiché alcuni potenti composti odorosi fortemente influenzati dal vitigno e dall'ecosistema del vigneto di provenienza si accumulano dopo periodi di invecchiamento, contribuendo ulteriormente all'espressione del senso del luogo del vino.

Nei cinque vini provenienti da singoli vigneti analizzati, è stata osservata una notevole diversità nel profilo aromatico all'interno di ciascuna annata, fornendo una chiara evidenza sui composti volatili che caratterizzano tale diversità. Di maggior interesse è l'osservazione che tali composti, che inizialmente abbiamo semplicemente considerato vettori di diversità, siano emersi nel corso di annate consecutive come veri marcatori molecolari dell'identità di ciascun vino e quindi del suo senso del luogo. Terpeni con attributi floreali e balsamici così come il dimetil solfuro, potente composto aromatico con note di tartufo, sono al centro del senso del luogo dei vini La Fabriseria, soprattutto per la varietà Corvina, mentre il Monte Olmi è caratterizzato da un profilo unico di esteri aromatici fruttati e terpeni agrumati. I vini della tenuta Maternigo sono invece caratterizzati da norisoprenoidi con caratteri di frutta matura e benzenoidi associati alle spezie dolci, in particolare per l'uva Corvinone.

Sebbene in una certa misura influenzate dall'appassimento e dalla vinificazione, queste caratteristiche sono risultate presenti sia nei vini in stile Valpolicella che in stile Amarone, attestando il potenziale dei cru di Tedeschi di esprimere l'enorme diversità dei luoghi della Valpolicella al di là delle pratiche di vinificazione.

Conclusion

Aroma is the most central component of wine perceived quality. Among the many unique aspects of wine aroma perception, the ability of a wine to express odor attributes that can be associated with the place of origin of the grapes remains highly controversial. Often associated with the broader notion of terroir and even too often attributed primarily to specific soil characteristics, the relationship between a wine's aroma and the geographical origin of the grapes that it is made from is far more complex, although very little explored.

By producing wines from five different vineyards over three consecutive vintages and conducting a range of advanced chemical analyses, we were able to demonstrate the existence of what we have called the sense of place of a wine, namely its ability to convey a unique array of olfactive stimuli that, altogether, are highly representative of the environment in which the grapes are grown. Contrary to common belief, this pool of odour-active compounds does not include only compounds that are directly derived from the grapes, but also those that arise from complex chemical and biochemical reactions occurring during fermentation, which acts as a magnifying glass capable of revealing 'hidden' aroma compounds. Aging is another key component in this picture, as certain potent odorants that are strongly affected by grape variety and vineyard climate accumulate after periods of aging, further contributing to the expression of wine sense of place.

Across the five single-vineyard wines that were investigated, a remarkable diversity in aroma profile was observed within each vintage, providing clear evidence about the volatile compounds that characterize such diversity. Most remarkably, these compounds, which initially were simply vectors of diversity, emerged across consecutive vintages as true molecular markers of the identity of each wine, and therefore of its sense of place. Terpenes with floral and balsamic attributes, as well as the truffle-like odorant dimethyl sulfide are at the core of La Fabriseria sense of place, especially in Corvina wines, whereas Monte Olmi is characterized by a unique profile of fruity aromatic esters and citrus-related terpenes. Conversely, the wines from the Maternigo estate are characterized by ripe fruit norisoprenoids and sweet spices benzenoids, particularly for Corvinone grapes.

Although to some extent impacted by withering and winemaking, these features were found to be characteristic both Valpolicella-style and Amarone-style wines, attesting the potential of Tedeschi's cru to express the huge diversity of Valpolicella vineyards and places beyond winemaking practices.

Ringraziamenti

La famiglia Tedeschi ringrazia il Dottor Jamie Goode per il suo prezioso contributo alla pubblicazione e per aver accettato fin da subito di collaborare con entusiasmo e pronta disponibilità.

Uno speciale ringraziamento al Professor Maurizio Ugliano e allo staff del Dipartimento di Biotecnologie da lui diretto per aver dato un valore scientifico alla pionieristica intuizione dell'esistenza di un codice chimico in grado di esprimere "il senso del luogo del vino". Il suo studio scientifico unito alla nostra curiosità ha permesso di comprendere i composti delle uve e dei vini e di conoscere meccanismi prima sconosciuti. Grazie alla sua dedizione e passione, alla volontà di mettere a disposizione le sue conoscenze scientifiche e al supporto del dipartimento di ricerca universitario, siamo riusciti a stabilire la firma aromatica dei vini. Da questo percorso è nata un'amicizia che ha reso sempre piacevole e rafforzato il confronto scientifico.

La ricerca è importante per l'azienda, ma non solo: i risultati sono interessanti per il territorio e per il mondo del vino italiano e come tali devono essere divulgati in modo corretto e professionale. Un ringraziamento a Cecilia Zanasi e al team Zedcomm per essere stati a fianco dell'azienda per la comunicazione della ricerca nei diversi momenti di approfondimento, con passione e professionalità.

Acknowledgements

The Tedeschi family thanks Doctor Jamie Goode for his valued contributions to the publication, remaining readily available from the very beginning, and for always collaborating with enthusiasm.

A special thank you to Professor Maurizio Ugliano and the staff at the Department of Biotechnology that worked with him for having given scientific value to the pioneering intuition that a chemical code capable of expressing "the sense of place of a wine" did exist. His scientific research together with our curiosity has allowed a greater understanding of the compounds present in both grapes and wines as well as the elucidation of previously unknown mechanisms. Thanks to his dedication, passion, and willingness to share his scientific knowledge along with the support of the university research department, we have been able to establish the aromatic signature of wines. The friendship forged during this journey only served to strengthen and make more enjoyable the scientific endeavor.

Research is important for the winery, but beyond that, the results are relevant and interesting for the entire territory as well as for the world of Italian wines. As such, these results must be available in an equitable and professional manner. We thank Cecilia Zanasi and the entire Zedcomm team for remaining at the winery's side for all things related to communication along the different phases of the research, which they carried out with passion and professionalism.

Maurizio Ugliano

È Professore ordinario presso il dipartimento di Biotecnologie dell'Università di Verona, dove insegna Tecnologie e processi enologici e Wine identity and typicality. Si occupa di studi sulla composizione aromatica dei vini, sulla loro longevità e sullo sviluppo di pratiche di vinificazione finalizzate al potenziamento della tipicità aromatica

Jamie Goode

Jamie ha iniziato la sua carriera conseguendo un dottorato di ricerca in biologia vegetale. Attualmente è scrittore, relatore e docente di vino riconosciuto a livello internazionale. Dal 2005 è editorialista del vino per il quotidiano nazionale britannico The Sunday Express; ha pubblicato libri pluripremiati tra cui Wine Science, Authentic Wine, I Taste Red e Flawless. È co-presidente dell'International Wine Challenge.

Lo trovate su Instagram (@drjamiegoode) e Twitter (@jamiegoode) e dal 1999 pubblica wineanorak.com.

Maurizio Ugliano

Is a Professor at the University of Verona - Department of Biotechnology, where he holds the courses of Enological processes and of Wine identity and typicality. His scientific research focuses on the study of wine aroma composition, wine longevity, winemaking practices to enhance wine aroma typicality.

Jamie Goode

Jamie began his career by obtaining a PhD in plant biology and ended up becoming an internationally acknowledged wine writer, speaker and lecturer. He has been wine columnist for UK national newspaper The Sunday Express since 2005 and has published award winning books including Wine Science, Authentic Wine, I Taste Red and Flawless. He's also a co-chair of the International Wine Challenge. He can be found on Instagram (@drjamiegoode) and Twitter (@jamiegoode) and since 1999 has been publishing wineanorak.com.



Maternigo

Società Agricola F.lli Tedeschi S.r.l.
Via G. Verdi, 4/A
37029 - Pedemonte di Valpolicella (VR)



www.tedeschiwines.com



TedeschiWines

Guarda il video



Watch the video



Stampato
nel Giugno 2024

*Printed
in June 2024*