

## VINI PARTICOLARMENTE “PEPATI”: DA CONOSCERE, COMUNICARE, VALORIZZARE

F. MATTIVI<sup>1\*</sup>, L. CAPUTI<sup>1</sup>, S. CARLIN<sup>1</sup>, M. STEFANINI<sup>1</sup>, L. VALENTI<sup>2</sup>, I. GHIGLIENO<sup>2</sup>, J. TARDAGUILA<sup>3</sup>, D. NANNI<sup>4</sup>, R. EDER<sup>5</sup>, U. VRHOVSEK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Ricerca ed Innovazione IASMA, Fondazione Edmund Mach, Via E. Mach 1, 38010 San Michele all'Adige, Italia

<sup>2</sup>Dipartimento di Produzione Vegetale “Di.Pro.Ve”, Università di Milano, Milano, Italia

<sup>3</sup>Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino, Universidad de La Rioja, Spain

<sup>4</sup>Dipartimento di Chimica Organica “A. Mangini”, Università di Bologna, Bologna, Italia

<sup>5</sup>HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Klosterneuburg, Austria

\*corresponding author: [fulvio.mattivi@iasma.it](mailto:fulvio.mattivi@iasma.it)

Lavoro presentato alla 7<sup>a</sup> edizione di Enoforum, Arezzo, 3-5 maggio 2011

### Introduzione

I terpeni e le loro forme ossigenate come i monoterpenoli giocano un ruolo determinante nella aromaticità delle uve e dei vini. Infatti, per discriminare le varietà aromatiche (come il Moscato, la Malvasia, il Gewurztraminer e Riesling) da quelle neutre (la maggioranza) ci si basa sul contenuto di alcuni monoterpeni come il geraniolo, il linalolo ed il nerolo nelle uve. Il profilo di questi composti nei vini è stato ampiamente studiato, sia perché contribuiscono in modo significativo al carattere varietale dei vini sia perché il contenuto dei monoterpenoli può essere utilizzato per discriminare le varietà e i cloni (Câmara, JS et al. 2004; Versini, G. et al. 1990).

Lo studio di una classe di composti terpenici a peso molecolare maggiore come i sesquiterpenoidi (C<sub>15</sub>) nel vino e nell'uva è invece stato trascurato per molto tempo. Solo di recente questi composti hanno attratto l'interesse di alcuni ricercatori che hanno evidenziato l'esistenza di una notevole diversità di sesquiterpeni in varietà di uve come 'Baga' (Coelho, E. et al., 2006), Syrah (Parker, M. et al., 2007), Riesling e Cabernet Sauvignon (Kalua, CM et al., 2010).

Quando questi terpenoidi sono presenti in quantità superiore al limite di percezione sensoriale, possono contribuire a note di legno, floreali, fresche, da chiodo di garofano e piccante. È stata proprio questa la classe di composti che alcuni ricercatori australiani hanno approfondito per correlarla al carattere speziato/pepato dell'uva e di alcuni vini Syrah.

Nonostante la vasta gamma di sesquiterpenoidi descritti nel pepe nero (*Piper nigrum*) nessuno di questi è stato mai segnalato per essere responsabile del suo aroma 'da pepe', che quindi si riteneva essere causato da una combinazione di diversi composti aromatici, nessuno dei quali avente singolarmente questa caratteristica.

Un importante passo avanti nella comprensione della nota speziata nelle uve e nei vini è stata l'individuazione di un sesquiterpene chiamato rotundone, che è il responsabile per la nota 'da pepe' nell'uva, nel vino ed anche in molte piante e spezie, incluso il pepe (Wood, C. et al., 2008). Il rotundone era stato strutturalmente caratterizzato per la prima volta già nel 1967 (Kapadia V.H. et al., 1967) dal gruppo del prof. Sukh Dev presso il National Chemical Laboratory in Poona (India), nell'olio essenziale di una pianta denominata in Italia zigolo infestante o “erba pepa” (*Cyperus rotundus*). Le caratteristiche aromatiche del rotundone non sono state riportate, un fatto curioso se si considera che il prof. Sukh Dev è un esperto di grandissima fama internazionale, scopritore di innumerevoli sostanze e reazioni ora ampiamente utilizzate nella produzione di essenze e profumi. Successivamente, il rotundone è stato riportato tra gli oli essenziali dell'agarwood (*Aquilaria agallocha*), una pianta utilizzata per la produzione dei più pregiati incensi in Giappone (Ishihara, M.

et al., 1991), di nuovo senza che le sue caratteristiche aromatiche venissero descritte. Poi è stato completamente ignorato fino al 2008.

Oggi il rotundone può essere considerato uno dei composti aromatici più interessanti mai segnalati, dal momento che è associato con l'aroma della spezia più utilizzata al mondo, il pepe (*Piper nigrum*), e con l'aroma 'pepato' dell'uva e del vino.

L'interesse per questa molecola deriva dal suo aroma molto particolare e dalla sua soglia sensoriale molto bassa, di 16 ng / L nel vino rosso e 8 ng / L in acqua (Wood, C. et al., 2008). Il rapporto tra le concentrazioni riscontrate nei vini e le soglie sensoriali permette di classificarlo tra i pochi composti aromatici d'impatto conosciuti nel vino. Questo significa che il rotundone è in grado di dare un aroma caratteristico di per sé, un caso eccezionale nel vino, poiché nella maggior parte dei casi l'aroma varietale è associato alla concentrazione relativa di svariati composti volatili.

Il gruppo di ricerca australiano aveva riportato la presenza di questo composto sopra la soglia sensoriale solo in poche tipologie di vino, ossia Shiraz, Mourvèdre e Durif, con concentrazioni fino a 145 ng / L (Wood, C. et al., 2008). La nostra convinzione era però che il carattere 'pepato' fosse una nota relativamente diffusa anche in molti vini europei.

Il primo obiettivo è stato quindi quello di sviluppare un metodo efficace per la sintesi del rotundone e per la sua analisi nel vino, che permettesse la sua identificazione e la quantificazione fino sotto la soglia sensoriale. Si è quindi utilizzato il metodo per fare uno screening su una vasta gamma di vini commerciali selezionati sulla base di un loro forte carattere 'pepato', rivelando la presenza di rotundone in tutti o quasi i campioni. In una seconda serie di esperimenti, abbiamo adattato il metodo per l'analisi del rotundone nell'uva al fine di seguire la cinetica della biosintesi e del suo accumulo nel corso della maturazione dell'uva e ci si è inoltre focalizzati sulla localizzazione di questo composto nell'acino per raccogliere informazioni utili per modulare in carattere 'pepato' dei vini.

### **Metodo analitico**

Il metodo inizialmente proposto per l'analisi del rotundone nell'uva e nel vino (Siebert, TE et al., 2008) consisteva in una doppia estrazione SPE/SPME seguita da analisi in GC-MS con acquisizione in modalità SIM. Il metodo richiedeva l'utilizzo di standard, sia tal quale che deuterato, non disponibili da fonti commerciali. La rilevazione dei frammenti proposti con l'utilizzo di uno spettrometro a singolo quadrupolo si è dimostrata però poco soddisfacente in termini di sensibilità e selettività per le analisi dei livelli di rotundone presente in tracce nei vini. Per questo motivo è stato sviluppato un protocollo per la sintesi chimica di rotundone e dell'omologo deuterato, a partire dal guaiolo disponibile in commercio (Mattivi, F. et al., 2011) e si è migliorato il metodo analitico utilizzando sia una separazione GC più rapida che una quantificazione selettiva del rotundone utilizzando la spettrometria di massa tandem (MS / MS) in modalità di multiple reaction monitoring (MRM), utilizzando il rotundone deuterato ( $d_5$ ) come standard interno. Con questo metodo, lo ione principale non è direttamente quantificabile, ma è selezionato nel primo quadrupolo, quindi frammentato utilizzando condizioni selettive nella cella di collisione contenente gas inerte, e solo gli ioni derivanti dalla sua frammentazione vengono rilevate su un terzo quadrupolo ed utilizzati per la quantificazione. In questo modo, l'interferenza della matrice viene ridotta e si ottiene un considerevole incremento del rapporto segnale-rumore.

L'analisi in Full Scan del rotundone evidenzia che i due frammenti più rilevanti sono  $m/z$  218 (ione molecolare) e  $m/z$  203 (perdita di  $CH_3$ ). La frammentazione dello ione molecolare  $m/z$  218 produce due ioni più abbondanti, con 100% intensità relativa, a  $m/z$  161 e  $m/z$  163 e alcuni ioni più deboli. Lo studio di entrambe le transizioni con l'ottimizzazione delle condizioni di frammentazione e la valutazione delle loro linearità ha permesso di stabilire che la transizione  $m/z$  218 > 163 mostra minori interferenze date dalle matrici ed è stata selezionata per la quantificazione del rotundone

nei vini. Per lo standard d<sub>5</sub>-rotundone la transizione m/z 223> 166 è stata scelta come la più appropriata per la quantificazione.

Il metodo è stato validato studiando i parametri: linearità, ripetibilità, recupero, limiti di rilevabilità (LOD) e di quantificazione (LOQ). Una buona linearità è stata ottenuta nel range di concentrazione testato con coefficiente di determinazione (R<sup>2</sup>) di 0,99818 e 0,99862 nel vino bianco e rosso, rispettivamente. Le prove di ripetibilità fatte nella stessa giornata, con vini aggiunti a diverse concentrazioni (50 and 500 ng/L, n=5) hanno evidenziato dei coefficienti di variazione (CV) di 6% a 50 ng/L e 5% a 500 ng/L. La ripetibilità allargata determinata analizzando i vini aggiunti ogni 24 ore per 6 giorni ha mostrato coefficienti di variazione di 13% e 6% per le concentrazioni di 50 e 500 ng/L rispettivamente.

Il limite di rilevabilità, definito come la concentrazione alla quale il rapporto S/N è di 3:1, è 1,5 ng/L per i vini bianchi e 2,0 ng/L per i vini rossi. Il limite di quantificazione, definito come la concentrazione alla quale il rapporto S/N è di 10:1, è 5.0 ng/L per i vini bianchi e 6.7 ng/L nei vini rossi. Essendo la soglia olfattiva del rotundone nel vino rosso di 16 ng/L abbiamo ritenuto il metodo sufficientemente sensibile per analizzare i diversi vini. I particolari della sintesi, della preparazione del campione e dell'analisi strumentale sono riportati in (Mattivi, F. et al., 2011).

## **Analisi dei vini con nota pepata**

### *Grüner Veltliner*

Durante la selezione dei vini per il presente studio è emerso che la descrizione della nota 'pepata', non era comunemente usata per descrivere i vini europei anche se all'assaggio risultavano tutti spiccatamente speziati. In realtà l'unica varietà per la quale il termine "da pepe" è ampiamente utilizzato è il Grüner Veltliner. Questa cultivar viene considerata la varietà più importante dell'Austria, con una quota del 33% dei vigneti del paese ed è coltivata anche nell' Europa centrale e nel nord Italia, con una superficie totale di circa 24.500 ettari. Le uve di Grüner Veltliner vengono utilizzate per la produzione di rinomati vini secchi con un caratteristico aroma di frutta con nocciolo e una spiccata nota da pepe.

I vini commerciali della varietà Grüner Veltliner sono stati campionati direttamente presso le cantine in Austria e in Alto Adige (Italia), abbiamo inoltre analizzato un Gruner Veltliner particolarmente "pepato" proveniente dalla Slovacchia.

Dei 17 vini Grüner Veltliner dell'Austria analizzati in questo studio, 16 contenevano rotundone a concentrazioni superiori alla soglia sensoriale riportato per i vini rossi (16 ng / L). La concentrazione media di rotundone è di 53 ± 16 ng / L, ma è stato trovato un campione con un valore molto alto, pari 264 ng / L, circa 17 volte la soglia sensoriale.

I Gruener Veltliner provenienti da aziende vinicole in Italia (Figura 1) hanno mostrato invece una concentrazione minore di rotundone. Su 10 campioni di vino analizzati, solo 5 avevano una concentrazione di rotundone sopra la soglia olfattiva, con un valore medio di 27 ± 6 ng / L (calcolata includendo solo i valori sopra soglia).

Il campione proveniente dalla Slovacchia aveva un contenuto particolarmente elevato di rotundone pari a 147 ng / L. I risultati sono mostrati in Figura 1.

E' ragionevole presumere che il responsabile dell'aroma pepato di questa varietà sia proprio questo composto e per supportare in maniera definitiva questa ipotesi sono in corso degli studi che prevedono di analizzare il contenuto di rotundone in alcuni vini dopo averli sottoposti all'analisi sensoriale mirata al carattere "pepato" per poter evidenziare una correlazione fra il contenuto di rotundone e la valutazione del panel di esperti.

Va sottolineato che è la prima volta che il rotundone viene trovato in un vino bianco.

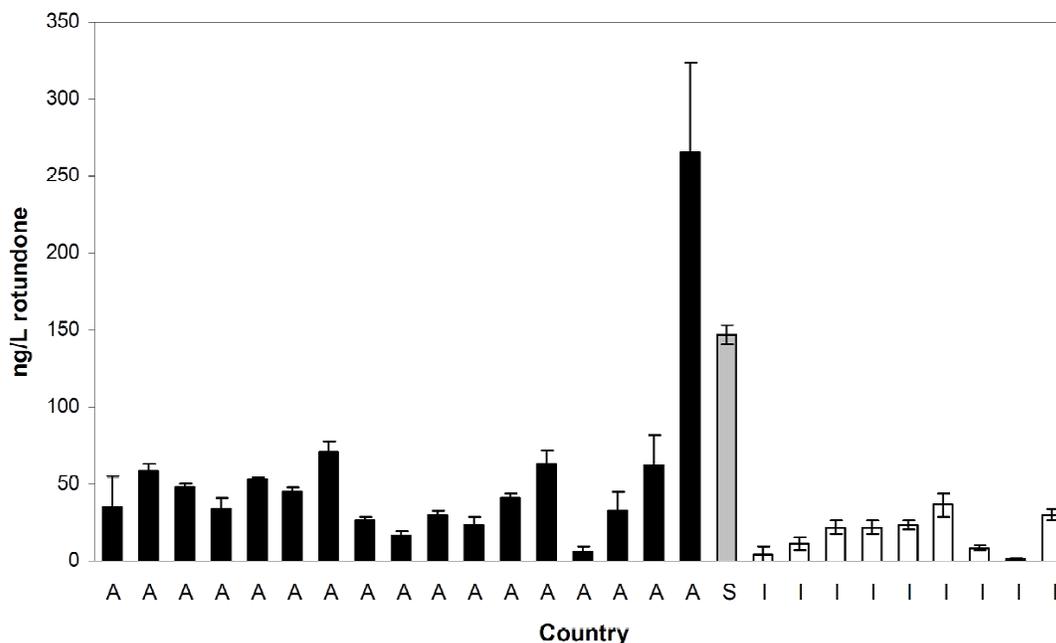


Figura 1: contenuto in rotundone (ng/L) in vini Gruener Veltliner del commercio prodotti in Austria (A), Italia (I) e Slovacchia (S).

### Vini rossi

Sono state incluse in questo studio anche delle varietà rosse: lo Schioppettino e la Vespolina. Lo Schioppettino è una varietà autoctona del Friuli, coltivata soprattutto vicino al confine con la Slovenia, e originario della regione dei Colli Orientali. È una varietà con una personalità molto forte, caratterizzata da una fragranza piccante e un gusto raffinato ed elegante, con un sapore tipico di pepe bianco. Quando viene cresciuta in un clima fresco e con una bassa resa (<6 tonnellate/ettaro) può essere utilizzata per la produzione di vini 'icona' che possono essere invecchiati fino a 20 anni. I vini analizzati in questo studio erano ottenuti da uva Schioppettino 100% prodotti da uve cru Cialla, nella cantina a cui va il merito di aver salvato e reintrodotta alla coltivazione questa varietà storica negli anni '70.

La Vespolina, anche chiamata Ughetta di Canneto, è una cultivar rossa autoctona del nord-ovest italiano, coltivata prevalentemente nelle province di Novara, Varese e Pavia. È conosciuta per la produzione di vini di alta qualità che presentano spesso una marcata nota 'da pepe'. Questo aspetto è ben noto ai produttori, ma poco conosciuto dai non addetti ai lavori e forse non ancora sufficientemente valorizzato. È oggetto al momento di ulteriori studi in collaborazione con i consorzi e singoli produttori sia in Piemonte che Oltrepò Pavese. La Vespolina viene spesso utilizzata in uvaggi con altre varietà rosse quali il Nebbiolo, la Bonarda e la Croatina per la produzione di vini DOC e DOCG, come la DOCG Ghemme, ma anche i vini in purezza sono molto apprezzati per il loro intenso aroma speziato (Vespolina DOC Colline Novaresi, Vespolina DOC Coste della Sesia).

I vini analizzati in questa parte dello studio erano 100% Vespolina microvinificati presso Vitis Rauscedo (San Giorgio della Rinchivelda) da un singolo genotipo di cultivar Vespolina coltivata presso l'Azienda Agricola Bisi in Cascina S. Michele a San Damiano al Colle (Pavia). Questo

genotipo, selezionato dall'Università di Milano e Vitis Rauscedo, è in studio per essere in futuro omologato con la denominazione "UNIMI- Vitis Vesp. 1".

Nel nostro caso, nei vini Vespolina sono state trovate concentrazioni del composto che superavano la soglia sensoriale di 17-35 volte, ossia fino a 560 ng/L. Inoltre, la presenza di 278 ng/L in campioni di Vespolina del 2006 suggerisce che questo composto persiste anche nei vini invecchiati. Le concentrazioni trovate nei vini Schioppettino erano anch'esse molto alte, fino a 561 ng/L, pari a 35 volte la soglia sensoriale, come nei vini Vespolina. Questo indica a nostro avviso che il rotundone è certamente il composto responsabile dell'aroma 'pepato' sia della Vespolina che dello Schioppettino.

E' interessante notare che l'alta concentrazione di rotundone trovata in vini Schioppettino dell'annata 2001 conferma la stabilità di questo aroma d'impatto nel caso di vini 'icona' lungamente invecchiati. Inoltre va sottolineato che le concentrazioni di circa 560 ng/L trovate nella Vespolina 2007 e nello Schioppettino 2005 erano quasi 4 volte superiori ai valori massimi riportati per i vini Syrah (Wood, C. et al., 2008 ).

#### *Il contenuto di rotundone è una caratteristica del clone*

Abbiamo poi pensato che la concentrazione di rotundone nelle uve e nei vini potesse dipendere da vari fattori come ad esempio il clone e il mesoclima. Pertanto, in questo studio, abbiamo deciso di valutare le concentrazioni di rotundone in diversi cloni coltivati nelle stesse condizioni e nello stesso vigneto. Tuttavia, l'analisi delle uve ha richiesto lo sviluppo di un metodo efficiente e quantitativo di estrazione del composto. Abbiamo quindi messo a punto una metodica basata sull'estrazione con acetone di polvere d'uva ottenuta per triturazione fine di uva congelata in azoto liquido, dopo rimozione dei semi che sembrano interferire con il recupero del composto (Wood, C. et al., 2008 ). Il metodo è descritto in dettaglio in (Caputi L. et al., 2011).

In questo studio sono stati analizzati tre cloni di Gruener Veltliner forniti dall'azienda vinicola Walek, cresciuti nello stesso vigneto nella Thermenregion (Austria) nel 2009. I filari erano orientati in direzione nord-sud e le viti sono state coltivate a Guyot. I cloni A1-2 e A1-3 sono stati selezionati all' Istituto agrario di Krems (Austria) mentre il clone A1-5 è stato selezionato all'Istituto Federale per la Viticoltura in Klosterneuburg (Austria). Tutti i cloni erano stati originariamente raccolti nella regione dello Steiermark (Austria) e identificati come genotipi di Gruener Veltliner utilizzando analisi SSR e ampelografia. Tutti i cloni sono stati innestati su portainnesti Kober 5BB.

Le analisi delle uve a maturazione ha mostrato che i diversi cloni hanno accumulato diverse quantità di rotundone durante la maturazione. In particolare, la concentrazione di rotundone nel clone A1-2 era  $0.86 \pm 0.06$  µg/kg, nel clone A1-3  $0.54 \pm 0.04$  µg/kg e nel clone A1-5  $1.91 \pm 0.013$  µg/kg. Questa differenza di concentrazione di circa quattro volte trovata nei cloni suggerisce l'esistenza di una significativa differenza tra i cloni che merita di essere approfondita (Caputi et al., 2011).

#### *Localizzazione del rotundone nell'acino*

A differenza di altre piante che producono terpenoidi, le viti non possiedono strutture anatomiche specializzate per l'accumulo di questi composti. Negli acini, questi vengono generalmente accumulati in forma glicosilata nei vacuoli delle cellule dell'esocarpo (buccia).

Al tempo in cui abbiamo iniziato questo lavoro, non c'erano informazioni in letteratura sulla localizzazione dei sesquiterpenoidi negli acini. Pertanto abbiamo deciso di andare ad investigare il sito di localizzazione del rotundone nella bacca in quanto questa informazione poteva anche fornire delle indicazioni utili per modulare il carattere 'pepato' dei vini, per esempio attraverso una prolungata macerazione delle bucce durante la vinificazione.

Nel nostro esperimento abbiamo separato l'esocarpo dal mesocarpo (polpa) di acini di Gruener Veltliner raccolte a maturazione e in cui ci si attendevano alte concentrazioni del composto. Le due frazioni sono state macinate in azoto liquido ed estratte con acetone in modo da avere una comparazione quantitativa. I risultati ottenuti hanno mostrato che il mesocarpo conteneva soltanto tracce del composto, mentre la quasi totalità del rotundone è stato estratto dalle bucce (98.9%).

## Conclusioni

La messa a punto di un robusto metodo di analisi del rotundone nel vino e nell'uva si è rivelato cruciale per rivelare l'origine dell'aroma 'pepe' sia nelle varietà rosse che in quelle bianche. Pensiamo quindi che il metodo possa essere anche uno strumento importante per aiutare i produttori di vini nell'ottimizzazione di questo carattere. I risultati del nostro studio portano a concludere che la presenza di rotundone a livelli al di sopra della soglia di percezione olfattiva non è un evento raro limitato solo ad alcune varietà, ma la sua presenza è piuttosto ubiquitaria in *Vitis vinifera*. I livelli di rotundone nei campioni analizzati erano in alcuni casi inaspettatamente alti, superando di molte volte la soglia sensoriale, soprattutto nei vini Schioppettino e Vespolina. In alcuni casi le concentrazioni di rotundone erano più alte di quelle riportate nei vini Shiraz e per la prima volta abbiamo riportato la presenza di questo composto in vini bianchi, in particolare Gruener Veltliner.

L'analisi di tre diversi cloni di Gruener Veltliner cresciuti nelle stesse condizioni ha indicato che l'accumulo di rotundone potrebbe essere una caratteristica clonale.

Il rotundone si accumula durante la maturazione quasi esclusivamente nella buccia e questo dato suggerisce che la durata nella macerazione in presenza di bucce può essere utilizzata per modulare l'aroma di 'pepe' dei vini. Questo è vero soprattutto nel caso dei vini rossi, anche se l'alto contenuto di rotundone nelle uve Gruener Veltliner potrebbe essere sfruttato per l'arricchimento del carattere attraverso una breve macerazione.

## Riferimenti bibliografici

- Wood, C., T.E. Siebert, M. Parker, D.L. Capone, G.M. Eusey, A.P. Pollnitz, M. Eggers, M. Meier, T. Vössing, S. Widder, G. Krammer, M.A. Sefton and M.J. Herderich (2008). From wine to pepper: rotundone, an obscure sesquiterpene, is a potent spicy aroma compound. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 3738-3744
- Câmara, J.S., P. Herbert, J.C. Marques and M.A. Alves, (2004). Varietal flavour compounds of four grape varieties producing Madeira wines. *Analytica Chimica Acta* 513: 203-207.
- Versini, G., A. Rapp, C. Volkmann and A. Scienza (1990). Flavour compounds of clones from different grape varieties. *Vitis*, Special Issue: 513-524.
- Coelho, E., S.M. Rocha, I. Delgadillo and M.A. Coimbra (2006). Headspace-SPME applied to varietal volatile components evolution during *Vitis vinifera* L. cv. 'Baga' ripening. *Analytica Chimica Acta* 563: 204-214.
- Parker, M., A.P. Pollnitz, D. Cozzolino, I.L. Francis and M.J. Herderich (2007). Identification and quantification of a marker compound for 'pepper' aroma and flavor in Shiraz grape berries by combination of chemometrics and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 5948-5955.
- Kalua, C.M. and P.K. Boss. (2010) Comparison of major volatile compounds from Riesling and Cabernet Sauvignon grapes (*Vitis vinifera* L.) from fruit set to harvest. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 16: 337-348.
- Kapadia V.H., V.G. Naik, M.S. Wadia and Sukh Dev (1967) Sesuiterpenoids from the essential oil of *Cyperus rotundus*. *Tetrahedron Letters* 47: 4661-4667.
- Ishihara M., T. Tsuneya, K. Uneyama (1991) Guaiane sesquiterpenes from agarwood. *Phytochemistry*, 30, 10: 3343-3347.
- Siebert, T.E., C. Wood, G.M. Eusey and A.P. Pollnitz (2008) Determination of rotundone, the pepper aroma impact compound, in grapes and wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 3745-3748.

Mattivi, F.; L. Caputi, S. Carlin, T. Lanza, M. Minozzi, D. Nanni, L. Valenti, and U. Vrhovsek (2011) Effective analysis of rotundone at below-threshold levels in red and white wines using solid-phase microextraction gas chromatography/tandem mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 25: 483-488.

Caputi, L., S. Carlin, I. Ghiglieno, M. Stefanini, L. Valenti, U. Vrhovsek and F. Mattivi (2011) Relationship of changes in rotundone content during grape ripening and winemaking to manipulation of the “peppery” character of wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, [pubblicazione online in attesa di stampa] DOI: 10.1021/jf200786u.

### **Riassunto**

Il rotundone è un sesquiterpene scoperto per la prima volta nel 1967 in una pianta infestante, denominata zigolo infestante o “erba pepa” (*Cyperus rotundus*). Questo composto è stato del tutto ignorato fino al 2008, quando un gruppo di ricerca australiano ha identificato questo composto come il principale responsabile dell’aroma distintivo del pepe e di alcune altre spezie, quali la maggiorana e il rosmarino, e sorprendentemente, dell’uva e del vino Syrah (Wood et al., 2008).

Lo sviluppo di un metodo sensibile per l’analisi di questo composto, che richiede l’arricchimento con SPE seguito da SPME e analisi in GC-MS/MS, ha permesso di scoprire l’origine dell’aroma di pepe in diversi vini sia rossi che bianchi.

Uno studio di vini provenienti da Spagna, Austria e Italia selezionati basandosi sulla caratteristica nota sensoriale da pepe ha permesso di rilevare che la presenza di questo composto è molto diffuso nel genere *V. vinifera*. Contenuti sorprendentemente elevati sono stati trovati nei vini rossi Schioppettino e Vespolina e per la prima volta è stato ritrovato in un vino bianco il Gruner Veltliner a livelli fino a 17 volte la soglia olfattiva.

L’analisi dell’uva ha messo in evidenza una variabile presenza di questo composto nei diversi cloni, una osservazione che merita ulteriori approfondimenti.

La localizzazione del rotundone, quasi esclusivamente nella buccia, suggerisce inoltre che un uso ragionato della macerazione delle bucce durante la vinificazione possa avere un ruolo determinante per arricchire il vino della nota da pepe.

