

FATTORI VITICOLI E RESVERATROLO NELL'UVA E NEL VINO

Luigi BAVARESCO, Matteo GATTI, Maria Isabel van Zeller de Macedo Basto GONÇALVES

Istituto di Frutti-Viticultura, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italia

Introduzione

L'informazione scritta e parlata sta divulgando in questi ultimi tempi un considerevole volume di notizie relative al rapporto tra alimentazione e salute, mettendo in risalto come la seconda sia influenzata in maniera profonda dalla prima. E' ovviamente il mondo medico a indicare la natura di questo rapporto, i benefici e soprattutto i rischi per la salute di certe abitudini alimentari, consci della necessità di prevenire certe malattie con un duplice beneficio per i cittadini: il mantenimento e miglioramento della loro salute e la riduzione della spesa sanitaria.

Tra gli alimenti oggetto di interesse e di grande attualità ve n'è uno di antichissima tradizione che fa quindi parte della cultura alimentare italiana ma, estendendo il concetto, si potrebbe dire mediterranea: il vino. Siamo di fronte ad una bevanda antichissima e allo stesso tempo moderna, che non fa solo bene o solo male, ma il suo effetto dipende da diversi fattori quali la dose e lo stato di salute delle persone che lo assumono. Non occorre qui rimarcare le conseguenze negative per la salute di chi abusa di questa bevanda, mentre è opportuno ricordare i suoi effetti benefici, a dosi moderate e per persone sane.

Quest'ultimo aspetto, magari già noto ai medici, ha conquistato la ribalta giornalistica circa 15 anni fa, negli Stati Uniti d'America, quando una trasmissione molto popolare divulgò una notizia relativa ai risultati di una indagine epidemiologica condotta da due scienziati francesi (Renaud e De Lorgeril) e pubblicata nel 1992. Questi autori studiarono la correlazione esistente tra la mortalità dovuta a malattia coronarica (in uomini e donne, nel 1987) e l'assunzione di grassi di origine animale nella dieta di campioni di popolazione di alcuni stati europei (16) e dell'Australia. Elaborando i dati raccolti con una semplice metodologia statistica (la regressione lineare) si notò come i due parametri studiati fossero direttamente proporzionali, nel senso che quanto più elevato era il consumo medio giornaliero di calorie provenienti da grassi animali, tanto più elevata era la mortalità; i due parametri risultarono quindi correlati. A questa situazione testé descritta sfuggiva la Francia, la cui popolazione campione (città di Lille, Strasburgo e Tolosa) era caratterizzata da un consumo di grassi animali elevato, ma dalla più bassa mortalità per malattia coronarica, rispetto agli altri Paesi indagati.

Questa situazione paradossale è alla base, anzi costituisce il cosiddetto "**Paradosso francese**". Il passo successivo dei due ricercatori fu quello di capire per quale motivo i Francesi, pur mangiando molti grassi di origine animale, avessero la più bassa mortalità per malattie coronariche. Si controllarono altri fattori di rischio per le malattie coronariche, quali la pressione sanguigna, l'indice di massa corporea, il fumo, ma nessuno di questi era più basso in Francia rispetto agli altri Paesi. Si considerò anche il consumo regolare di vino e si notò come questo parametro fosse in grado di spiegare il "paradosso": i Francesi bevevano più vino degli altri europei e questo poteva controbilanciare gli effetti dell'elevata ingestione di grassi animali. Si ipotizzò che non fosse l'alcool (presente nel vino) il responsabile di questo effetto positivo, ma altre sostanze non ancora indagate, considerando che altre bevande a base di alcool non avevano dato gli stessi effetti del vino. I due studiosi francesi conclusero la loro ricerca dicendo molto onestamente che l'effetto protettivo del vino e la sua superiorità su altre bevande alcoliche era solo un'ipotesi che aspettava conferme da studi più approfonditi. Bastò comunque questa notizia divulgata, come detto sopra, da un programma televisivo per far incrementare improvvisamente i consumi di vino negli USA.

Una delle sostanze ritenute responsabili (in parte) degli effetti benefici del vino è il resveratrolo.

Il resveratrolo nella vite

Il resveratrolo è una sostanza naturale di natura fenolica appartenente alla specie chimica degli stilbeni. Essa è presente in 12 famiglie del regno vegetale, comprese le *Vitaceae* e, all'interno di questa famiglia, anche nella *Vitis vinifera* L., che è la specie più importante, a livello mondiale, per la produzione di uva da vino, da tavola e da essiccare. Nella vite il resveratrolo è presente come sostanza

indotta (da elicitori biotici e abiotici) negli organi erbacei e nell'uva, e come fattore costitutivo negli organi legnosi. Nel primo caso la sostanza si comporta come fitoalessina, venendo sintetizzata *ex novo* da foglie e bacche (buccia) in risposta ad attacchi di funghi patogeni (muffa grigia in primo luogo, ma anche peronospora, oidio, *Aspergillus carbonarius*,) con la funzione di difendere la pianta dai danni di questi organismi invasori (Dercks e Creasy, 1989; Hoos e Blaich, 1990; Jeandet et al., 1995; Bavaresco et al., 1997b; 2003; 2008).

Piante che sono geneticamente resistenti alle malattie producono elevate quantità di questa sostanza ed in tempi rapidi, mentre piante sensibili alle malattie fungine ne producono scarse quantità e molto lentamente (Bavaresco e Eibach, 1987; Bavaresco, 1993; Bavaresco et al., 1994; Bavaresco et al. 2003). Diversi stilbeni sono stati identificati nell'uva, oltre al resveratrolo, e precisamente: *trans*- e *cis*-piceide (*trans*- e *cis*-resveratrolo glucoside) (Waterhouse e Lamuela Raventòs 1994; Mattivi et al. 1995; Romero-Pérez et al. 1999), ϵ -viniferina (dimero del *trans*-resveratrolo) (Bavaresco et al. 1997a), pterostilbene (*trans*-3,5-dimetoxi-4'-idrossi-stilbene) (Pezet e Pont 1988), piceatannolo (*trans*-3,3',4,5'-tetraidrossi-stilbene) o astringinina (Bavaresco et al. 2002), pallidolo (dimero del *trans*-resveratrolo) (Landrault et al. 2002).

Gli stilbeni sono presenti anche, come composti costitutivi (e quindi non indotti da stress), nelle parti legnose della vite come i tralci (Langcake e Pryce, 1976, 1977), le radici (Bavaresco et al. 2000a, 2003), i semi (Pezet e Cuenat 1996; Ector et al. 1996; Li et al., 2006), e in organi semi-legnosi come i raspi (Bavaresco et al. 1997b, 2000b), e molto probabilmente sono coinvolti nei meccanismi di resistenza del legno alla decomposizione.

Il resveratrolo come sostanza utile alla salute umana

Se la presenza di questo composto nella vite è nota da circa 30 anni, più recente è la sua prima determinazione nel vino. Il primo dosaggio della sostanza nel vino fu eseguito infatti nel 1992, da due ricercatori della Cornell University. Il resveratrolo è presente nel vino in seguito alla sua estrazione dalle bucce dell'uva durante la fermentazione alcolica (Mattivi et al., 1995; Pezet e Cuenat, 1996; Bavaresco et al., 1999).

La successiva fermentazione malolattica è in grado di aumentare la quota di resveratrolo nel vino grazie alla capacità dei batteri di liberare la sostanza dalla sua forma glucosidica (piceide), con la quale è, in parte, presente nelle bucce. L'interesse per tale sostanza proveniva dal fatto che, secondo dati riportati nella letteratura medica, il resveratrolo era la componente attiva di un medicamento popolare cinese e giapponese noto come "kojo-kon" (a base di polvere essiccata di radici di *Polygonum cuspidatum*) utilizzato per vari scopi (ad esempio contro la iperlipemia, la arteriosclerosi, allergie e infiammazioni).

Sempre sul fronte medico, prima dell'individuazione del resveratrolo nel vino, alcuni ricercatori si stavano interessando da tempo al vino come bevanda alcolica con funzioni protettive contro le malattie cardio-circolatorie; nel 1990, per esempio, una ricerca dimostrò che il consumo di vino rosso (Bordeaux), ma non vino bianco o etanolo, induceva una ipoaggregazione piastrinica ed un aumento del colesterolo-HDL, fattori entrambi positivi per la salute umana. Sulla base di queste evidenze sperimentali, Siemann e Creasy formularono l'ipotesi di un legame diretto tra il resveratrolo e l'effetto protettivo del vino nei riguardi delle malattie coronariche. Nel 1992, poi, il Paradosso francese ha conquistato la ribalta internazionale, come indicato nell'introduzione a questo articolo.

Ad iniziare dal 1992 si assistette quindi, a livello mondiale, ad un fiorire di studi sul resveratrolo, sia sul fronte medico (con lo scopo di investigare gli effetti benefici della sostanza sulla salute umana), sia su quello viticolo ed enologico.

Le proprietà salutistiche più importanti del resveratrolo sono molteplici e le più interessanti riguardano la capacità di ridurre il rischio di incorrere in malattie cardiovascolari (Bertelli et al. 1995, 1996); l'attività chemio-preventiva del cancro (Jang et al. 1997; Bruno et al. 2003); l'attività contro il morbo di Alzheimer; l'attività come regolatore della risposta immunitaria (Falchetti et al. 2001) e come fitoestrogeno (Calabrese 1999). Per un approfondimento di questi aspetti medici, si rimanda alla

letteratura specializzata (Frémont 2000; Cassidy *et al.* 2000; Andreotti 2005). Si ricorda che gli effetti positivi testé indicati sono evidenziabili con un consumo moderato ma continuativo di vino contenente concentrazioni anche medio-basse (fino a 1-2 mg/L) di resveratrolo (Bertelli 2003), purché chi lo assume sia sano, ed in particolare non abbia problemi al fegato. Altri composti stilbenici (piceatannolo, pterostilbene, ϵ -viniferina, ecc) hanno mostrato attività positive per la salute umana, ma le ricerche a loro carico sono ancora scarse.

Il resveratrolo si è mostrato anche capace di allungare la vita di alcuni organismi (Howitz *et al.*, 2003), ma non (ancora) nell'uomo, e di controbilanciare gli effetti negativi di una dieta ipercalorica (nei topi), ma in questo caso con dosaggi molto alti, impensabili con un consumo normale di vino (Baur *et al.* 2006).

Si deve inoltre ricordare che gli effetti salutistici dell'uva e del vino sono legati anche all'azione di altre sostanze polifenoliche ad attività antiossidante, e non solo al resveratrolo ed agli altri stilbeni.

Sul fronte viticolo ed enologico numerose indagini sono state fatte in tutto il mondo per capire quali siano i fattori che condizionano la presenza del resveratrolo e come si possa aumentarla, considerando che è sempre un fatto positivo avere uve e vini ricchi della sostanza, sempre però nei limiti dettati dalla natura (fino a 55 mg/Kg nell'uva e fino a 30 mg/L nel vino); il vantaggio è in effetti duplice perchè avere un'uva ricca di tale sostanza significa da una parte dotare la pianta di accresciute difese naturali contro le malattie e dall'altra avere un prodotto superiore dal punto di vista salutistico. Gli stilbeni sono infatti le uniche sostanze della vite ad avere questo duplice ruolo.

Generalmente i vini rossi contengono più resveratrolo dei bianchi a causa della tecnica di vinificazione che prevede macerazione sulle bucce per i vini rossi, con conseguente estrazione della sostanza (Mattivi *et al.*, 1995).

Fattori viticoli e stilbeni

Sebbene la sintesi del resveratrolo nell'uva sia scatenata da alcuni fattori biotici e abiotici, un ruolo importante è giocato anche da alcuni aspetti viticoli, quali il vitigno, il portinnesto, l'origine geografica, le condizioni meteorologiche del periodo di maturazione, l'intensità dell'attacco fungino, le tecniche colturali nel vigneto.

Capire il ruolo di questi fattori è fondamentale perché questo permette, dove possibile, di orientare la loro scelta verso un miglioramento dei contenuti di resveratrolo nelle uve, tenendo però presente che l'obiettivo principale del viticoltore è produrre uve di qualità per i diversi obiettivi enologici; si tratta quindi di vedere se gli elementi favorevoli ad avere un'uva ricca di resveratrolo sono compatibili con una produzione di qualità. Il vino infatti è prima di tutto un prodotto dalle valenze edonistiche, che può trarre vantaggio anche da quelle salutistiche, senza farle tuttavia diventare prerogativa principale.

Secondo gli studi finora disponibili, il vitigno ed il clima sono i fattori più legati alla sintesi di questa sostanza, per cui i risultati ottenuti relativamente alle tecniche colturali risentono fortemente dell'interazione con il clima, e quindi difficilmente estrapolabili per farne una norma universale. E' possibile tuttavia dare delle indicazioni generali a riguardo, come si riporta di seguito.

Vitigno e portinnesto

L'effetto della varietà è importante e questo lo si deduce da prove fatte sull'uva e sui vini monovarietali. In accordo con alcuni autori (Soleas *et al.* 1995b; Golberg *et al.* 1995, 1996; Sato *et al.* 1997; Eder *et al.* 2001) i vitigni che producono resveratrolo in maggiore quantità sono il Pinot noir e il Cabernet Sauvignon, ma in effetti non è sempre così (Bavaresco 2003), se si considerano ad esempio i dati relativi ai vini, riportati in Tab. 1. Secondo Okuda e Yokotsuka (1996) che hanno studiato 33 varietà di vite piantate in Giappone nel 1994, esiste un effetto significativo del genotipo sulla concentrazione di resveratrolo nella bacca, oscillando da 0,06 mg/Kg (Pizzutello bianco) a 1,76 mg/Kg (Müller Thurgau).

Tipo di vino	Vendemmia	trans-Resveratrolo mg/L
Nero d'Avola	1995	11.9
Barbera d'Asti	1996	7.9
Chianti Colli senesi	1996	7.4
Monferrato Dolcetto	1996	6.7
Nero d'Avola + Perricone	1995	5.1
Montepulciano d'Abruzzo	1996	5.0
Bardolino classico	1996	4.7
Sangiovese + Canaiolo	1996	4.5
Torgiano Rosso	1995	4.1
Valtellina Rosso	1996	3.2
Taurasi	1993	2.4
Cabernet Sauvignon passito	1996	1.9
Chambave rouge	1992	1.8
Vallée d'Aoste Torrette superiore	1992	1.5
Vallée d'Aoste Nus rouge	1992	1.3
Oltrepò Pavese Barbera	1996	1.3
Vallée d'Aoste Pinot noir	1992	1.1
Colli Piacentini Pinot nero	1992	1.0
Vallée d'Aoste Gamay	1992	0.9
Colli Piacentini Gutturino	1992	0.6
Vallée d'Aoste Enfer d'Arvier	1992	0.5
Vallée d'Aoste Chambave Moscato passito	1992	0.5
Vallée d'Aoste Donnas	1992	0.3
Lambrusco dell'Emilia	1996	0.3
Vallée d'Aoste Arnad Montjovet	1992	0.2

Tab. 1 : Concentrazione media di resveratrolo in alcuni vini italiani (Fregoni e Bavaresco, 1994; Bavaresco, 2003).

Normalmente le varietà a bacca rossa hanno contenuti più elevati di stilbeni che quelle a bacca bianca, come risulta anche dalla Tab. 2 che riporta le concentrazioni di resveratrolo e dei suoi glucosidi in alcuni vitigni piacentini (Bavaresco et al., 2007b).

	trans-Resveratrolo mg/Kg PF	trans-Piceide mg/Kg PF	cis-Piceide mg/Kg PF
Barbera	0.071	0.234	0.136
Croatina	0.076	0.061	0.050
Malvasia C.a.	0.024	0.013	0.019
DMS _{0.05}	0.033	0.031	0.026

Tab. 2 : Concentrazione di stilbeni nelle uve alla vendemmia per le principali varietà coltivate nel piacentino (Bavaresco et al., 2007b).

Inoltre ci si aspetta che uve di genotipi resistenti alle malattie (ibridi interspecifici e viti americane) abbiano concentrazioni più elevate di stilbeni rispetto a genotipi sensibili, quali i vitigni di *V. vinifera*. Questo è stato confermato in alcuni casi (Creasy e Coffee 1988; Jeandet *et al.* 1991; Bavaresco *et al.* 1997a; Li et al., 2006) mentre in altri no (Soleas *et al.* 1995a,b). Anche per quanto riguarda i vini la letteratura è contraddittoria circa il rapporto tra stilbeni e varietà resistenti/sensibili alle malattie. Secondo Romero-Perez *et al.* (1996) i livelli di resveratrolo e piceide nei vini di varietà spagnole di *Vitis vinifera* erano correlati al loro grado di resistenza alle malattie. Anche Lamikanra *et al.* (1996) hanno rilevato concentrazioni più elevate di resveratrolo in vini di *V. rotundifolia* (specie resistente alle malattie) rispetto a vini di *V. vinifera* (bassa resistenza alle malattie). Dall'altra parte invece, secondo Soleas *et al.* (1995b, 1997) e Eder *et al.* (l.c.), la concentrazione di resveratrolo è più elevata in vini di *V. vinifera* rispetto a quelli di ibridi interspecifici. In altri casi, infine, vini di *V. vinifera* e vini di ibridi interspecifici presentavano concentrazioni di resveratrolo simili (Korbuly *et al.* 1998) Queste

contraddizioni sono abbastanza difficili da spiegare, e molto probabilmente sono legate ad interazioni con il clima e con i fattori colturali.

Il vitigno influenza anche il livello di resveratrolo nei rachidi alla vendemmia, come illustrato nella Fig.1. L'importanza pratica di ciò è che pezzetti di rachide che inevitabilmente sono presenti nella massa fermentante di uve rosse, possono essere fonte di resveratrolo per il vino, come appare nella Tab. 3 (Bavaresco et al., 1997; 2000).

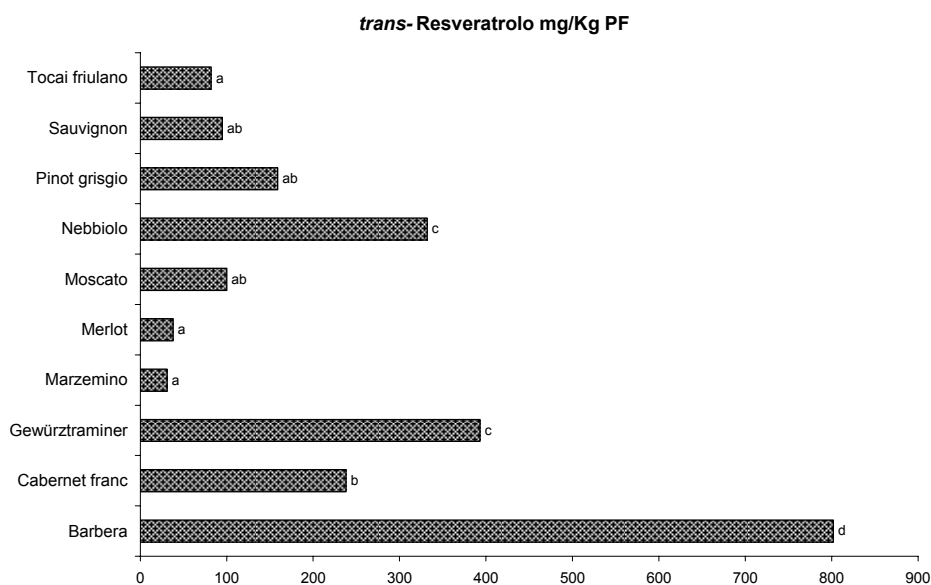


Fig. 1 : Il contenuto di trans-resveratrolo nel rachide alla vendemmia dipende dalla varietà.

Valori seguiti dalla stessa lettera non sono significativi per $p < 0.05$ (Test di Tukey). (Bavaresco et al., 1997b; 2000b)

Tab. 3 : Estrazione di trans-resveratrolo dopo 4 giorni di macerazione in soluzione idroalcolica (11% v/v) per cinque vitigni, considerando 0.3 g di rachide/100 mL (Bavaresco et al., 1997b; 2000b).

	trans-Resveratrolo		
	mg/Kg di rachide	Estrazione %	µg/L di soluzione idroalcolica
Barbera	104.0	13.0	314
Cabernet franc	17.8	7.5	53
Marzemino	10.2	32.9	31
Merlot	10.2	26.8	31
Nebbiolo	30.0	9.0	92

Anche il resveratrolo dei semi è influenzato dal vitigno, ma ci sono pochi dati sperimentali a riguardo e le specie selvatiche sono le più ricche (Ector et al. 1996; Li et al., 2006); il contenuto massimo è di 62 mg/Kg e difficilmente può migrare nel vino durante la fermentazione alcolica.

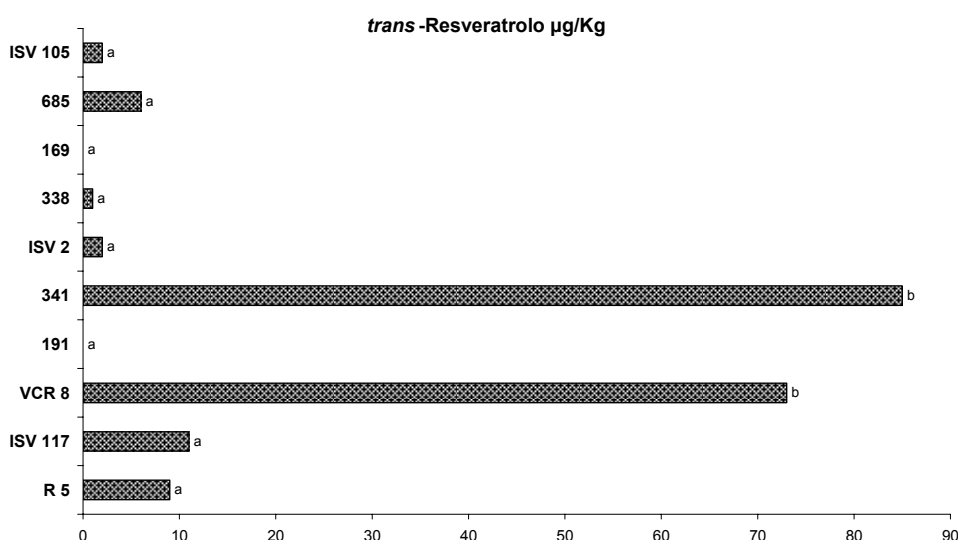


Fig. 2 : Concentrazione di trans-resveratrolo nelle bacche di dieci cloni di Cabernet Sauvignon, alla vendemmia. Valori seguiti dalla stessa lettera non sono significativi per $p < 0.05$

Anche il clone gioca un ruolo significativo nel contenuto di resveratrolo dell'uva; la Fig. 2 riporta dati ancora non pubblicati (Bavaresco et al.) relativi ad alcuni cloni di Cabernet Sauvignon.

L'effetto del portinnesto sul resveratrolo nell' uva potrebbe essere importante, ma non esistono dati sperimentali a riguardo.

Clima

L'effetto del clima sembra essere cruciale. Per clima si intende a questo proposito la caratterizzazione climatica del vigneto legata alla sua posizione geografica e giacitura (latitudine, altitudine, esposizione, ecc.) e le condizioni meteorologiche annuali per un dato vigneto in una determinata zona.

Per quanto riguarda l'effetto della latitudine è possibile soltanto un confronto tra i vini, e i dati in letteratura non offrono una risposta chiara. In accordo con Goldberg *et al.* (1995,1996) vini prodotti in climi freddi (soprattutto con Cabernet Sauvignon) hanno concentrazioni più elevate di resveratrolo che vini prodotti in aree calde, ma secondo un'altra ricerca dello stesso gruppo (Goldberg *et al.* 1999) questo non è sempre vero. Questa contraddizione può essere spiegata con l'interferenza di altri fattori non controllati, comprese le pratiche enologiche. Dati sperimentali sull'effetto dell'altitudine (s.l.m.) dei vigneti sulla sintesi di resveratrolo nell'uva, condotti in Val Tidone (PC) indicano che gli stilbeni aumentano fino ai 300 m s.l.m. per poi diminuire ad altitudini più elevate (400 m) (Tab. 4).

Tab. 4 : Effetto dell'altitudine del vigneto sulla concentrazione di stilbeni nell'uva (Bavaresco et al., 2007b).

Altitudine	<i>trans</i> -Resveratrolo mg/Kg	<i>trans</i> -Piceide mg/Kg	<i>cis</i> -Piceide mg/Kg
150 m s.l.m.	0.012	0.065	0.019
240 m s.l.m.	0.059	0.086	0.055
320 m s.l.m.	0.087	0.186	0.123
420 m s.l.m.	0.070	0.074	0.053

Le condizioni meteorologiche annuali, agendo sull'intensità degli attacchi fungini nel vigneto, possono influenzare l'entità della sintesi di stilbeni (Jeandet et al 1995; Martinez-Ortega et al. 2000). È sufficiente infatti una bassa incidenza di attacco fungino (ad esempio botrite), non visibile ad occhio nudo, per scatenare la sintesi degli stilbeni nella bacca, e questo avviene in condizioni di umidità crescente tra il 70 e l' 80%, durante il periodo di maturazione (Bavaresco et al., 2006b).

Anche la temperatura del periodo di maturazione ha un suo ruolo, essendo correlata negativamente con il livello di resveratrolo nell'uva e nel vino (Li et al., 2006; Bavaresco et al., 2006b, 2007a; Bertamini e Mattivi 1999).

Terreno

Esistono pochi dati sperimentali sull'effetto del suolo. In una prova in vaso, un terreno molto calcareo ha indotto in Merlot/3309 C, assieme a gravi sintomi di clorosi, un forte accumulo di resveratrolo ed altri stilbeni nell'uva (Bavaresco *et al.* 2005; 2008) (Fig. 3). La sintesi di queste sostanze è favorita da terreni più o meno calcarei (senza arrivare a piante con sintomi di clorosi), rispetto a terreni sprovvisti di carbonati di calcio (de Andrés-de Prado et al., 2007). Non è stato evidenziato, invece, alcun effetto del "terroir" sulla concentrazione di stilbeni nel Pinot nero della Borgogna (Adrian *et al.* 2000). È probabile che il suolo abbia un effetto indiretto sul metabolismo degli stilbeni, interferendo con la nutrizione minerale ed idrica della pianta.

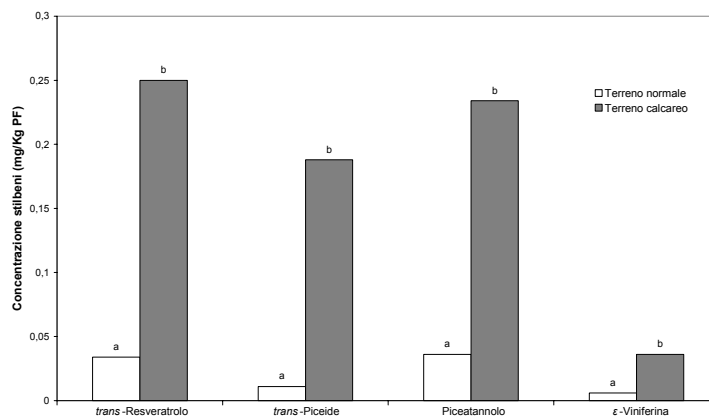


Fig. 3 : Ruolo del terreno sulla concentrazione di stilbeni nell'uva di Merlot alla raccolta. (Bavaresco et al., 2005)

Tecniche colturali

La concimazione è un fattore importante che interagisce con la fisiologia della pianta, compresi i meccanismi di resistenza alle malattie. L'azoto è un elemento minerale fortemente reattivo, essendo facilmente assorbito dalla pianta la quale reagisce in modo veloce e intenso a variazioni nelle dosi di azoto apportato. La concentrazione di resveratrolo nell'uva aumenta al diminuire della concimazione azotata (Bavaresco *et al.* 2001; 2007a) mentre per il potassio i risultati preliminari non sono molto chiari (Bavaresco *et al.* 2006a).

Secondo prove condotte in Francia da Coulomb *et al.* (1999), un trattamento cuprico con poltiglia bordolese ed uno con idrossido di rame fatto su Cinsaut 21 giorni prima della raccolta, aumentava i livelli degli stilbeni (*trans*- e *cis*- resveratrolo e piceide) nelle uve, rispetto a piante non trattate; il rame sembra quindi comportarsi come elicitore della sintesi di stilbeni. Considerando dei programmi completi di difesa, l'uso di poltiglia bordolese contro la peronospora ha dato luogo a vini (Mourvèdre, nel Languedoc-Roussillon) più ricchi di *trans*-resveratrolo rispetto a quelli provenienti da viti trattate solo con fungicidi organici di sintesi (Albert *et al.* 2002), eccetto il trattamento con mancozeb+cymoxanil che ha indotto invece un valore più elevato. A conferma del ruolo positivo del rame sul resveratrolo, alcuni vini francesi della Borgogna e della Loira (Tintunen e Lehtonen 2001) ed alcuni vini austriaci (Otreba *et al.*, 2006) provenienti da agricoltura biologica, hanno presentato contenuti più elevati di *trans*-resveratrolo rispetto ai vini provenienti da agricoltura convenzionale. Ulteriori ricerche sono comunque necessarie per poter confermare questi dati.

Per quanto riguarda la potatura invernale, l'intensità della stessa non ha influenzato la concentrazione di resveratrolo nelle uve della Valpolicella (Celotti *et al.* 1998), mentre il diradamento dei grappoli si è dimostrato efficace nell'aumentare la concentrazione di resveratrolo e dei suoi glucosidi nell'uva e nel vino di Charbourcin, un vecchio ibrido produttore francese (Prajitna *et al.*, 2007).

Considerando la forma di allevamento, questa ha un effetto sul livello di resveratrolo nel vino di Cabernet Sauvignon (Bertamini e Mattivi I.c.) influenzando il microclima a livello dei grappoli: un insolazione bassa dei grappoli è favorevole in annate calde e sfavorevole in annate più fresche.

La sfogliatura fatta nella zona dei grappoli all'invaiaitura, su Barbera, Croatina e Malvasia di Candia aromatica, nel Piacentino, non ha avuto effetti sul resveratrolo dell'uva in annate calde e secche, mentre in annate più fresche ha un effetto negativo (Bavaresco, dati in corso di pubblicazione).

Secondo risultati preliminari (Gebbia *et al.* I.c.), la bassa produzione di uva per ettaro e l'assenza di irrigazione hanno favorito la presenza di stilbeni nel vino.

Molto interessanti sono dei risultati recenti relativi all'interazione resveratrolo-ocratossina A (OTA) nell'uva (Bavaresco *et al.*, 2008) e nel vino (Perrone *et al.*, 2007). Il resveratrolo è prodotto dalla pianta in risposta all'attacco di *Aspergillus carbonarius*, il fungo maggiormente responsabile della produzione di OTA (Bavaresco *et al.*, 2003, Vezzulli *et al.*, 2007a) ed i vini ricchi di OTA lo sono anche di resveratrolo; non è vero invece il contrario, e cioè che i vini ricchi di resveratrolo siano anche sempre ricchi di OTA. Dove comunque questo avviene, è probabile che il resveratrolo possa agire (in chi lo assume) come antidoto nei confronti dell'OTA (Jeswal, 1998).

Metodi artificiali per aumentare la presenza di resveratrolo e altri stilbeni

Esistono infine dei metodi che non hanno niente a che fare con le tecniche colturali, per intervenire nella sintesi di queste sostanze. Ad esempio il trattamento fatto su uve di Barbera con una soluzione (in alcool) di metil giasmonato (10 mM), in tre epoche successive (allegagione, invaiaitura e 45 gg dopo) ha aumentato il livello di resveratrolo nell'uva alla raccolta, da 0,03 mg/Kg a 0,32 mg/Kg (Vezzulli *et al.*, 2007b).

Un altro metodo utilizzato è l'irraggiamento delle uve con raggi UV. Questo metodo è stato utilizzato da Paronetto e Mattivi (1999), i quali hanno irraggiato per 100 giorni con raggi UV-C le uve in semi-appassimento di Corvina, Rondinella, ecc, per la produzione di Amarone e Recioto della Valpolicella,

riuscendo a raddoppiare la concentrazione di resveratrolo. Lo stesso effetto, ma con un tempo di esposizione più corto (10 minuti), è stato osservato su uve di specie selvatiche (*Cynthiana*, *V. aestivalis*; Noble, *V. rotundifolia*) (Threlfall et al., 1999). Anche trattamenti con raggi UV su uva da tavola in post-raccolta, hanno aumentato la concentrazione di resveratrolo (Cantos et al., 2000; Moriarty et al., 2001).

Un altro fattore capace di incrementare i livelli di resveratrolo nell'uva è l'ozono, con trattamenti (8 ppm) nelle celle di conservazione ad atmosfera controllata dell'uva da tavola Napoleon (Artés-Hernandes et al., 2003).

Ricordiamo infine il BTH (benzothiadizolo) che ha incrementato del 40% la concentrazione di resveratrolo nell'uva di Merlot (Iriti et al., 2004) e l'acido abscissico (ABA) che ha aumentato di 1,2 volte il livello di resveratrolo nell'uva giapponese Kyoho (Ban et al., 2000).

Conclusioni

Oltre ai fattori viticoli analizzati in questo articolo, la concentrazione di resveratrolo e degli altri stilbeni nei vini è influenzata anche dalla tecnica enologica che condiziona l'estrazione dei composti della buccia ed una loro conservazione più o meno efficace durante le fasi di vinificazione e conservazione. La composizione della materia prima (l'uva) è comunque cruciale, perché un'uva con bassi livelli di stilbeni non potrà mai produrre un vino ricco di quelle sostanze.

Attualmente la ricerca scientifica sta studiando le basi genetiche della sintesi degli stilbeni per poter capire e manipolare in futuro la loro espressione. Ad esempio sarà possibile intervenire con la selezione assistita (mediante marcatori molecolari) in nuovi programmi di miglioramento genetico per selezione clonale, incrocio o ibridazione, o con manipolazioni della via metabolica degli stilbeni. E' già stata ottenuta in Giappone una vite GM (geneticamente modificata) forte produttrice di resveratrolo (Nakajima et al., 2006). La ricaduta pratica di questi nuovi studi è duplice, perché permette di potenziare i meccanismi naturali di difesa della vite contro le malattie, e dall'altra di dare un prodotto migliore dal punto di vista salutistico.

In conclusione, anche se la vite è considerata una pianta medicinale, è necessario affermare che quando si considera il vino, questo non è un farmaco e berlo non significa curare una malattia. Bere correttamente il vino è prima di tutto uno stile di vita ed un fatto culturale e solo con questo messaggio si potranno conquistare nuovi consumatori, i quali una volta educati al buon bere potranno cercare nel vino anche le valenze salutistiche che questo prodotto possiede.

Riassunto

Il resveratrolo è un composto fenolico sintetizzato dagli organi erbacei e dalla buccia della bacca e si ritiene possiede effetti benefici sulla salute. Questa sostanza appartiene alla specie chimica degli stilbeni (difeniletileni) che comprende anche altri composti quali il piceatannolo, il piceide, lo pterostilbene, le viniferine e il pallidolo, che sono prodotti nella pianta come risposta a stress biotici o abiotici, soprattutto dopo attacchi fungini. Le ricerche svolte sull'attività del resveratrolo nell'organismo umano, una volta assunto come uva o come prodotto trasformato (specialmente vino), evidenziano diversi effetti benefici per la salute quali la riduzione del rischio di incorrere in malattie cardiovascolari, ed un'azione chemio-preventiva sul cancro. La concentrazione del resveratrolo nell'uva dipende da diversi fattori viticoli, come il vitigno, il portinnesto, il terreno, le condizioni meteorologiche e le pratiche colturali, che vengono discussi nel presente articolo.

Bibliografia

- Adrian, M., P. Jeandet, A.C. Breuil, D. Levite, S. Debord, and R. Bessis. 2000. Assay of resveratrol and derivative stilbenes in wines by direct injection High Performance Liquid Chromatography. *American J. Enology & Viticulture* 51: 37-41.
- Albert, M., P.O. Coulomb, O. Agulhon, and P.J. Coulomb. 2002. Anti-mildew: bien plus d'anthocyanes et de resvératrol et moins de mycotoxines. *Phytoma* 554: 33-36.
- Artés-Hernandez, F., F. Artés and F. A. Tomàs-Baerberàn. 2003. Quality and enhancement of bioactive phenolics in cv. Napoleon table grapes exposed to different postharvest gaseous treatments. *J. Agricultural and Food Chemistry* 51: 5290-5295.
- Andreotti A. 2005. Vino e salute. *Edagricole*, Bologna, 136 pp.
- Ban, T., S. Shiozaki, T. Ogata and S. Horiuchi. 2000. Effects of abscisic acid and shading treatments on the levels of anthocyanin and resveratrol in skin of Kyoho grape berry. *Acta Horticulturae* 514: 83-89.
- Bavaresco, L.. 1993. Effect of potassium fertilizer on induced stilbenic synthesis in different grapevine varieties. *Bulletin de l'OIV* 751-752:674-689.
- Bavaresco, L.. 2003. Role of viticultural factors on stilbene concentrations of grapes and wine. *Drugs under Experimental and Clinical Research* XXIX: 181-187.
- Bavaresco, L. and R. Eibach. 1987. Investigations on the influence of N fertilizer on resistance to powdery mildew (*Oidium Tuckeri*), downy mildew (*Plasmopara viticola*) and on the phytoalexin synthesis in different grapevine varieties. *Vitis* 26: 192-200
- Bavaresco, L. and C. Fregoni. 2001. Physiological role and molecular aspects of grapevine stilbenic compounds. In: K.A. Roubelakis-Angelakis, ed., *Molecular Biology and Biotechnology of the Grapevine*, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, The Netherlands, pp. 153-182.
- Bavaresco L., S. Vezzulli. 2006. Stilbene phytoalexin physiology in grapevine (*Vitis* spp.) as affected by viticultural factors. IN: *Recent Progress in Medicinal Plants*. Vol. 11: Drug Development from New Molecules. J.N. Govil, V.K. Singh, C. Arunachalam (Eds.), 389-410. Studium Press, LLC, Houston, TX, USA.
- Bavaresco, L., C. Fregoni, E. Cantù and M. Trevisan. 1999. Stilbene compounds: from grapevine to wine. *Drugs under Experimental and Clinical Research* 25: 57-63.
- Bavaresco, L., C. Fregoni, M. Trevisan, and P. Fortunati. 2000b. Effect of cluster stems on resveratrol content in wine. *Italian J. Food Science* 12: 103-108.
- Bavaresco, L., D. Petegolli, E. Cantù, M. Fregoni, G. Chiusa, and M. Trevisan. 1997a. Elicitation and accumulation of stilbene phytoalexins in grapevine berries infected by *B. cinerea*. *Vitis* 36: 77-83.
- Bavaresco, L., E. Cantù, M. Fregoni, and M. Trevisan. 1997b. Constitutive stilbene contents of grapevine cluster stems as potential source of resveratrol in wine. *Vitis* 36: 115-118.
- Bavaresco, L., E. Cantù, and M. Trevisan. 2000a. Chlorosis occurrence, natural arbuscular- mycorrhizal infection and stilbene root concentration of ungrafted grapevine rootstocks growing on calcareous soil. *J. Plant Nutrition* 23: 1685-1697.
- Bavaresco, L., M. Fregoni and D. Petegolli. 1994. Effect of nitrogen and potassium fertilizer on induced resveratrol synthesis in two grape genotypes. *Vitis* 33: 175-176.
- Bavaresco, L., M. Fregoni, M. Trevisan, F. Mattivi, U. Vrhovsek, and R. Falchetti. 2002. The occurrence of the stilbene piceatannol in grapes. *Vitis* 41: 133-136.
- Bavaresco L., M.I. van Zeller de Macedo Basto Gonçalves and S. Vezzulli. 2006b. Ruolo dei fattori viticoli sugli stilbeni in uva e vino. *Inf. Agrario*, 35: 67-70.
- Bavaresco L., S. Civardi, S. Pezzutto and F. Ferrari. 2006a. Effetto della concimazione potassica sulla nutrizione minerale, produzione, qualità e stilbeni del vitigno Cabernet Sauvignon. *Italus Hortus*, 13 (3): 79-83.
- Bavaresco L., S. Civardi, S. Pezzutto, S. Vezzulli and F. Ferrari. 2005. Grape production, technological parameters, and stilbenic compounds as affected by lime-induced chlorosis. *Vitis*, 44 (2): 63-65.
- Bavaresco L., S. Vezzulli, P. Battilani., P. Giorni., A. Pietri, T. Bertuzzi. 2003. Effect of Ochratoxin A-producing *Aspergilli* on Stilbenic Phytoalexin Synthesis in Grapes. *J. Agric. Food Chem.* 51 (21): 6151-6157.
- Bavaresco, L., S. Pezzutto, A. Ragga, F. Ferrari, and M. Trevisan. 2001. Effect of nitrogen supply on *trans*-resveratrol concentration in berries of *V. vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *Vitis* 40: 229-230.
- Bavaresco L., S. Pezzutto and F. Ferrari. 2007a – Ruolo di fattori ambientali e colturali sul contenuto di resveratrol nell'uva e nel vino. *Italus Hortus*, 14 (3): 191-194.
- Bavaresco L., S. Pezzutto, M. Gatti and F. Mattivi 2007b – Role of the variety and some environmental factors on grape stilbenes. *Vitis*, 46 (2): 57-61.
- Bavaresco L., S. Vezzulli, S. Civardi, M. Gatti, P. Battilani, A. Pietri and F. Ferrari. 2008. Effect of lime-induced chlorosis on ochratoxin A, *trans*-resveratrol and *epsilon* viniferin production in grapevine (*V. vinifera* L.) berries infected by *Aspergillus carbonarius*. *J. Agric. Food Chem.* (in corso di stampa).
- Baur J.A., K.J. Pearson, N.L. Price, H.A. Jamieson, C. Lerin, A. Kalra, V.V. Prabhu et al. 2006. Resveratrol improves health and survival of mice on a high-calorie diet. *Nature* 444: 337-342.
- Bertamini, M., and F. Mattivi. 1999. Meteorological and microclimatic effects on Cabernet Sauvignon from Trentino area. Part II: flavonoids and resveratrol in wine. *Proceedings of 11th GESCO Meeting*, June 6-12, 1999, Marsala, Sicily, pp.502-509.

- Bertelli, A.. 2003. Wine and health, *Drugs under Experimental & Clinical Research* XXIX: 169-170.
- Bertelli, A.A.E., L. Giovannini, D. Giannessi, M. Migliori, W. Bernini, M. Fregoni, and A. Bertelli. 1995. Antiplatelet activity of synthetic and natural resveratrol in red wine. *International J. Tissue Reaction*, XVII, 1-3.
- Bertelli, A.A.E., L. Giovannini, R. De Caterina, W. Bernini, M. Migliori, M. Fregoni, L. Bavaresco and A. Bertelli. 1996. Antiplatelet activity of *cis*-resveratrol. *Drugs under Experimental & Clinical Research* XXII: 61-63.
- Bruno, P., L. Ghisolfi, M. Priulla, A. Nicolini, and A. Bertelli. 2003. Wine and tumors: study of resveratrol, *Drugs under Experimental & Clinical Research* XXIX: 257-261.
- Calabrese, G.. 1999. Non alcoholic compounds of wine: the phytoestrogen resveratrol and moderate red wine consumption during menopause. *Drugs under Experimental & Clinical Research* XXV: 111-114.
- Cantos, E., C. Garcia-Viguera, S. de Pascual-Teresa and F. A. Tomàs-Barberà. 2000. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv. Napoleon table grapes. *J. Agricultural and Food Chemistry* 48: 4606-4612
- Cassidy, A., B. Hanley, and R.M. Lamuela Raventós. 2000. Isoflavones, lignans and stilbenes - origins, metabolism and potential importance to human health, *J. Science Food & Agriculture* 80: 1044-1062.
- Celotti, E., R. Ferrarini, L.S. Conte, C. Giulivo, and R. Zironi. 1998. Modifiche del contenuto di resveratrol in uve di vitigni della Valpolicella nel corso della maturazione e dell'appassimento. *Vignevini* XXV (5): 83-92.
- Coulomb, C., Y. Lizzi, P.J. Coulomb, J.P. Roggero, P.O. Coulomb and O. Agulhon. 1999. Le cuivre a-t-il un effet éliciteur?, *Phytoma* 512: 41-46.
- Creasy, L.L. and M. Coffee. 1988. Phytoalexin production potential of grape berries. *J. American Society Horticultural Sciences* 113: 230-234.
- De Andrés-de Prado R., M. Yuste-Rojas, X. Sort, C. Abdrés-Lacueva, M. Torres and R.M. Lamuela-Raventós. 2007. Effect of soil type on wine produced from *V. vinifera* L. cv. Grenache in commercial vineyards, *J. Agric. Food Chem.* 55: 779-786.
- Dercks, W. and L.L. Creasy. 1989. Influence of foseyl-Al on phytoalexin accumulation in the *P. viticola* grapevine interaction. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 34: 203-213.
- Ector, B.J., J.B. Magee, C.P. Hegwood, and M.J. Coign. 1996. Resveratrol concentration in muscadine berries, juice, pomace, purees, seeds, and wine. *American J. Enology & Viticulture* 47: 57-62.
- Eder, R., S. Wendelin, and U. Vrhovsek. 2001. Resveratrol contents of grapes and red wines in dependency on vintage year and harvest date, *Mitteilungen Klosterneuburg* 51: 64-78.
- Falchetti, R., M.P. Fuggetta, G. Lamzilli, M. Tricarico, and G. Ravagnan. 2001. Effects of resveratrol on human immune cell function, *Life Sciences* 70: 81-96.
- Fregoni, M., L. Bavaresco, D. Petegolli, M. Trevisan, and C. Ghebbioni. 1994. Indagine sul contenuto di resveratrol in alcuni vini della Valle d'Aosta e dei Colli piacentini. *Vignevini* 21 (6): 33-36.
- Fremont, L. 2000. Biological effects of resveratrol, *Life Sciences* 66 : 663-673.
- Gebbia N., L. Bavaresco, M. Fregoni, S. Civardi, L. Crosta, F. Ferrari, F. Grippi, M. Tolomeo and M. Trevisan. 2003. Contenuto di un nuovo stilbene (piceatannolo) in alcuni vini della Sicilia. *Vignevini* 5: 87-94.
- Goldberg, D.M., A. Karumanchiri, E. Ng, J. Yan, E.P. Diamandis, and G.J. Soleas. 1995. Direct gas chromatographic-mass spectrometric method to assay *cis*-resveratrol in wines: preliminary survey of its concentration in commercial wines. *J. Agricultural & Food Chemistry* 43: 1245-1250.
- Goldberg, D.M., A. Karumanchiri, G.J. Soleas, and E. Tsang. 1999. Concentrations of selected polyphenols in white commercial wine. *American J. Enology & Viticulture* 50: 185- 195.
- Goldberg, D.M., E. Tsang, A. Karumanchiri, E.P. Diamandis E, G. Soleas and E. Ng.. 1996. Method to assay the concentrations of phenolics constituents of biological interest in wines, *Analytical Chemistry* 68: 1688-1694.
- Iriti, M., M. Rossoni, M. Borgo and F. Faoro. 2004. Benzothiadiazole enhances resveratrol and anthocyanin biosynthesis in grapevine, meanwhile improving resistance to *B. cinerea*. *J. Agricultural and Food Chemistry* 52: 4406-4413.
- Jang, M., L. Cai, G.O. Udeani, K.W. Slowing, C.F. Thomas, C.W.W. Beecher, H.H.S. Fong, N.R. Farnsworth, A.D. King Horn, R.G. Mehta, R.C. Moon, and J. M. Pezzuto. 1997. Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes. *Science* 275: 218-220.
- Hoos, G. and R. Blauch. 1990. Influence of resveratrol on germination of conidia and mycelial growth of *Botrytis cinerea* and *Phomopsis viticola*. *Journal of Phytopathology* 129: 102-110
- Howitz K.T., K.J. Bitterman, H.Y. Cohen, D.W. Lamming, S. Lavu, J.G. Wood et al.. 2003. Small molecule activators of sirtuins extend *Saccharomyces cerevisiae* lifespan, *Nature* 425: 191-196.
- Jeandet, P., R. Bessis, and B. Gautheron. 1991. The production of resveratrol (3,5,4' - trihydroxystilbene) by grape berries in different developmental stages. *American J. Enology & Viticulture* 42: 41-46.
- Jeandet, P., R. Bessis, M. Sbaghi, P. Meunier, and P. Trollat. 1995. Resveratrol content of wines of different ages : relationships with fungal disease pressure in the vineyard. *American J. Enology & Viticulture* 46: 1-3.
- Jeswal P. 1998. Antidotal effect of grape juice (*Vitis vinifera*) on ochratoxin A caused hepatorenal carcinogenesis in mice (*Mus musculus*). *Cytobios* 93: 123-128.

- Korbuly, J., Z. K. Véghely, and E. Sàrdi. 1998. Resveratrol content in red wines of *V. vinifera* varieties and interspecific hybrids. *Acta Horticulturae* 473: 183-190.
- Lamikanra, O., C.C. Grimm, J.B. Rodin, and I.D. Inyang. 1996. Hydroxylated stilbenes in selected American wines, *J. Agricultural & Food Chemistry* 44: 1111-1115.
- Landrault, N., F. Larronde, J.C. Delaunay, C. Castagnino, J. Vercauteren, J.M. Merillon, F. Gasc, G. Cros, and P.L. Teissedre. 2002. Levels of stilbene oligomers and astilbin in French varietal wines and in grape during noble rot development. *J. Agricultural & Food Chemistry* 50: 2046-2052.
- Langcake, P. and R.J. Pryce. 1976. The production of resveratrol by *V. vinifera* and other members of the *Vitaceae* as a response to infection or injury. *Physiological Plant Pathology* 9: 77-86.
- Langcake, P. and R.J. Pryce. 1977. The production of resveratrol and the viniferins by grapevines in response to ultraviolet irradiation. *Phytochemistry* 16: 1193-1196.
- Li X., B. Wu, L. Wang and S. Li. 2006. Extractable amounts of *trans*-resveratrol in seed and berry skin in *Vitis* evaluated at the germplasm level, *J. Agric. Food Chem.* 54: 8804-8811.
- Martinez-Ortega, M.V., M.C. Carcia-Parrilla, and A.M. Troncoso. 2000. Resveratrol content in wines and musts from the south of Spain. *Nahrung* 44: 253-256.
- Masquelier, J. 1992. La vigne, plante médicinale - Naissance et essor d'une thérapeutique, *Bulletin de l'O.I.V.* 733-734: 177-196.
- Mattivi F., F. Reniero, and S. Korhammer. 1995. Isolation, characterization, and evolution in red wine vinification of resveratrol monomers. *J. Agricultural & Food Chemistry* 43: 1820-1823.
- Moriarty, J.M., R. Harmon, L.A. Weston, R. Bessis, A.C. Breuil, M. Adrian, and P. Jeandet. 2001. Resveratrol content of two Californian table grape cultivars. *Vitis* 40: 43-44.
- Nakajima, I., S. Kobayashi, N. Matsuta, A. Sato, M. Yamada and J. Soejima. 2006. Genetic Transformation of Kyoho Grape with Stilbeni Synthase Gene. *Bulletin of the National Institute of Fruit Tree Science Japan* (5): 15-20
- Okuda T. and Yokotsuka K. 1996. *Trans*-resveratrol concentration in berry skins and wine from grapes grown in Japan. *Am. J. Enol. Vitic.* 47: 93-99
- Otreba J.B., E. Berghofer, S. Wendelin and R. Eder. 2006. Polyphenole und antioxidative Kapazität in österreichischen Weinen aus konventioneller und biologischer Traubenproduktion, *Mitt. Klosterneuburg* 56: 22-32.
- Paronetto, L. and F. Mattivi. 1999. Il resveratrolo in enologia e applicazione dei raggi U.V.C. per aumentare il tenore. *L'Enotecnico* XXXV (3): 73-81.
- Perrono G., I. Nicoletti, M. Pascale, A. De Rossi, A. De Girolamo and A. Visconti. 2007. Positive correlation between high levels of ochratoxin A and resveratrol-related compounds in red wines. *J. Agric. Food Chem.* 55: 6807-6812.
- Pezet, R. and P. Cuenat. 1996. Resveratrol in wine: Extraction from skin during fermentation and post-fermentation standing of must from Gamay grapes. *American J. Enology & Viticulture* 47: 287-290.
- Pezet, R. and V. Pont. 1988. Mise en évidence de ptérostilbène dans les grappes de *V. vinifera*, *Plant Physiology & Biochemistry* 26: 603-607.
- Prajitna A., I.E. Dami, T.E. Steiner, D.C. Ferree, J.C. Scheerens, S. J. Schwartz, 2007. Influence of cluster thinning on phenolic composition, resveratrol, and antioxidant capacity in Chambourcin wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 58 (3): 346-350.
- Renaud S. and M. de Lorgeril. 1992. Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease, *Lancet* 339:1523-1526.
- Romero-Perez A.I., M. Ibern-Gómez, R.M. Lamuela-Raventós R, and M.C. de la Torre-Boronat. 1999. Piceid, the major resveratrol derivative in grape juices. *J. Agricultural & Food Chemistry* 47: 1533-1536.
- Romero-Perez, A.I., R.M. Lamuela-Raventós, S. Buxaderas, and M.C. De la Torre-Boronat. 1996. Resveratrol and piceid as varietal markers of white wines, *J. Agricultural & Food Chemistry* 44: 1975-1978.
- Sato, M., Y. Suzuki, T. Okuda, and K. Yokotsuka. 1997. Contents of resveratrol, piceid, and their isomers in commercially available wines made from grapes cultivated in Japan. *Bioscience Biotechnology & Biochemistry* 61: 1800-1805.
- Siemann, E.H., and L.L. Creasy. 1992. Concentration of phytoalexin resveratrol in wine. *American J. Enology & Viticulture* 43: 49-52.
- Soleas, G.J., D.M. Goldberg, A. Karumanchiri, E.P. Diamandis, and E. Ng. 1995b. Influences of viticultural and oenological factors on changes in *cis*- and *trans*-resveratrol in commercial wines. *J. Wine Research* 6: 107-121.
- Soleas, G.J., D.M. Goldberg, E.P. Diamandis, A. Karumanchiri, J. Yan, and E. Ng. 1995a. A derivatized gas chromatographic-mass spectrometric method for the analysis of both isomers of resveratrol in juice and wine. *American J. Enology & Viticulture* 46: 346-352.
- Soleas, G.J., J. Dam, M. Carey and D.M. Goldberg. 1997. Toward the fingerprinting of wines: cultivar-related patterns of polyphenolics constituents in Ontario wines. *J. Agricultural & Food Chemistry* 45: 3871-3880.

- Threlfall, R.T., J. R. Morris and A. Mauromoustakus. 1999. Effect of variety, ultraviolet light exposure and enological methods on the trans-resveratrol level of wine. *American Journal of Enology and Viticulture*. 50: 57-64
- Tintunen, S. and P. Lehtonen. 2001. Distinguishing organic wines from normal wines on the basis of concentrations of phenolic compounds and spectral data. *European Food Research & Technology* 212: 390-394.
- Vezzulli S., P. Battilani and L. Bavaresco. 2007a. Stilbene-synthase gene expression after *Aspergillus carbonarius* infection in grapes. *Am. J. Enol. Vitiv.* 58 (1): 132-134.
- Vezzulli S., S. Civardi, F. Ferrari and L. Bavaresco. 2007b. Methyl jasmonate treatment as a trigger of resveratrol synthesis in cultivated grapevine. *Am. J. Enol. Vitic.* 58 (4): 530-533.
- Waterhouse A.L. and R.M. Lamuela-Raventos. 1994. The occurrence of piceid, a stilbene glucoside, in grape berries, *Phytochemistry* 37: 571-573.