

DOCUMENTO
TECNICO

* Emanuele Tosi
 * Michela Azzolini
 ** Giacomo Zapparoli
 *** Michela Cipriani
 *** Fabio Finato
 **** Bruno Fedrizzi

*Centro per la Sperimentazione
 in Vitivinicoltura, Provincia
 di Verona, Servizio Agricoltura
 San Floriano (VR)

**Dipartimento di Biotecnologie,
 Università degli Studi di Verona

*** Unione Italiana Vini,
 Laboratorio Enochimico - Verona

****Dipartimento di Scienze Chimiche,
 Università degli Studi di Padova



Da sinistra:
 E. Tosi,
 M. Azzolini,
 F. Finato,
 M. Cipriani.

INCIDENZA DELLA MUFFA NOBILE SULLE CARATTERISTICHE CHIMICHE E SENSORIALI DEL VINO AMARONE

La vinificazione di uve appassite infettate da muffa nobile ha determinato nel vino Amarone una significativa variazione delle proprietà chimiche e sensoriali rispetto allo stesso vino ottenuto da uve apparentemente sane. Si discute sull'opportunità di utilizzare uve bottrizzate in percentuale tale da conferire al vino le desiderate caratteristiche chimico-sensoriali.

Introduzione

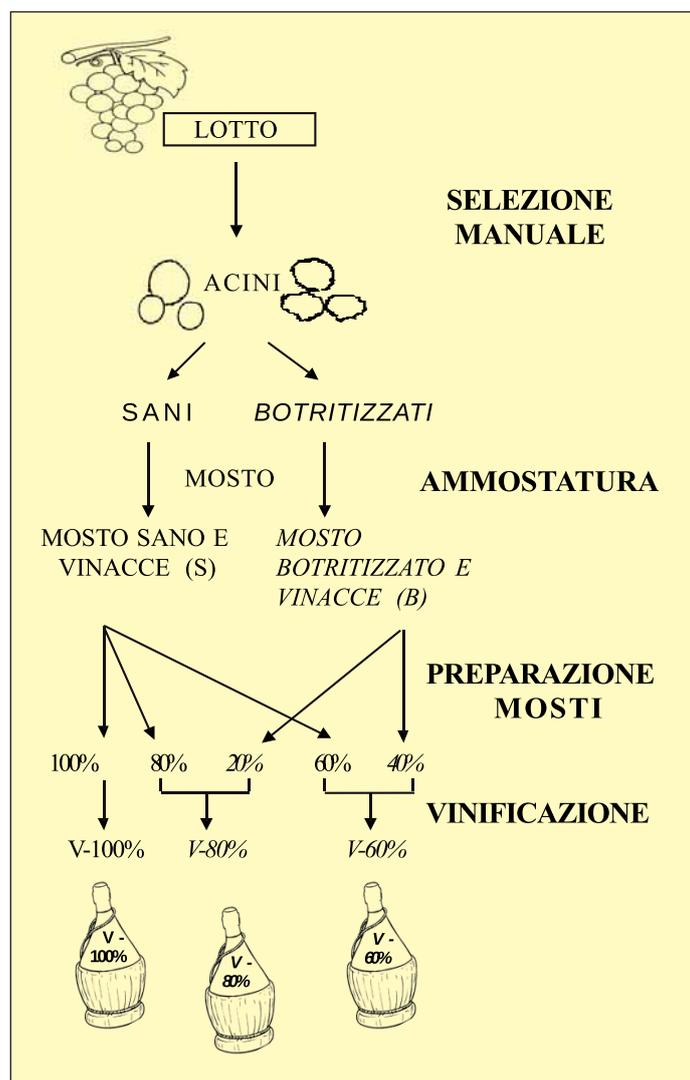
La *Botrytis cinerea* è un fungo in grado di infettare la vite e di provocare alterazioni chimico-fisiche della bacca. Le conseguenze dell'attacco bottriteico sulle uve destinate alla trasformazione enologica riguardano principalmente la perdita di produzione e l'alterazione della composizione del mosto e del vino. A seguito dell'infezione, infatti, si verificano importanti modificazioni delle caratteristiche organo-

lettiche e della qualità generale del vino (Ribéreau-Gayon et al., 2006). Nel mosto tali variazioni riguardano principalmente sia la concentrazione degli acidi organici e degli zuccheri sia le componenti polifenoliche che possono subire alterazioni significative.

Gli effetti del fungo sulla componente aromatica del vino sono stati analizzati su rinomati vini bottrizzati come Sauternes e Tocai Aszù (Miklosy e Kerényi, 2004; Bailly et al., 2006; Sarrazin

et al., 2007). Questi effetti sono il risultato non solo della presenza della *B. cinerea* sull'uva ma anche della microflora eterogenea (muffe, lieviti, batteri) ad essa associata (La Guerche et al., 2006).

L'interesse enologico nei confronti della *B. cinerea* è soprattutto legato alla produzione di vini "Passiti", come per esempio l'Amarone ottenuto dalle uve surmaturate della Valpolicella. Il processo di appassimento di queste uve può avvenire in

Fig. 1 - Descrizione delle fasi sperimentali con la cernita dell'uva e la vinificazione**Tab. 1 - Composizione dei mosti ottenuti da lotti di uva appassita sana (S) e bottrizzata (B) per la produzione di vino Amarone**

	S	B
pH	3,11	3,08
acido tartarico	g/L 5,93	6,01
acido acetico	g/L 0,06	0,09
acido L-malico	g/L 1,86	2,14
acido L-lattico	g/L <0,05	<0,05
acido D-lattico	g/L 0,09	0,08
acido citrico	g/L 0,34	0,38
glucosio	g/L 118,5	125,7
fruttosio	g/L 126,8	131,8
polisaccaridi totali ¹	mg/L 220	323
APA	mg/L 158	176
polifenoli totali ²	mg/L 327	318
antociani totali ³	mg/L 20	16
ocratossina A	µg/L <0,05	<0,05

* 1 come glucosio - 2 come acido gallico
3 come malvidina-3-glucoside

un ambiente naturale o condizionato, tramite l'impiego di ventilazione forzata, dove l'umidità relativa e la temperatura sono tenute sotto stretto controllo (Barbati et al., 2008).

Durante la fase di appassimento in ambiente naturale l'uva è soggetta all'attacco della botrite e lo sviluppo della sua forma nobile è favorito da specifiche condizioni ambientali, tra cui l'alternanza di brevi periodi umidi e lunghi periodi secchi (Ribéreau-Gayon et al., 2006). Tuttavia il perdurare di queste condizioni può portare allo sviluppo della muffa grigia. Dato questo rischio molti produttori preferiscono impiegare locali termo-idrocondizionati che creano un ambiente ostile allo sviluppo della botrite, quindi anche di quella nobile, ma che offrono una maggior garanzia per quanto riguarda la qualità delle uve. Quindi, con questa tecnologia il vino Amarone prodotto deriva da uva prevalentemente sana nel quale l'incidenza della muffa nobile è minima o trascurabile.

Sebbene diversi siano stati i contributi nei quali si sono investigati gli effetti della muffa nobile sul profilo enologico dei vini passiti italiani (Versini e Carlin, 1998; Di Stefano et al., 2001; Versini, 2003; Favale et al., 2005; Tosi et al., 2005; Tosi et al., 2006; Genovese et al., 2007), molti aspetti di questo fenomeno rimangono tutt'oggi da approfondire.

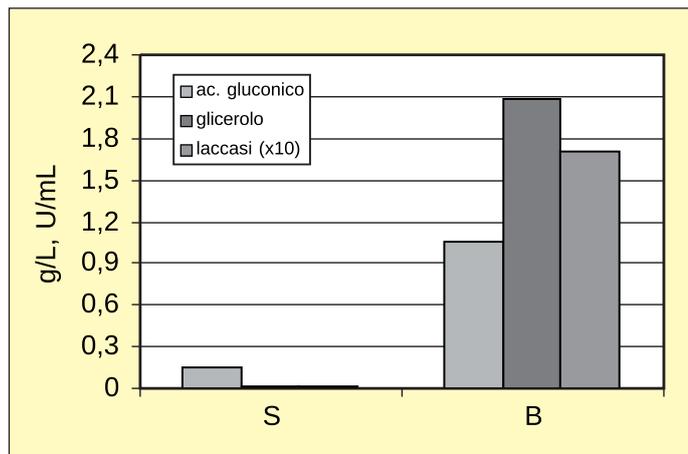
L'obiettivo di questo lavoro, infatti, è rivolto ad ampliare le conoscenze relative all'incidenza di questa muffa sulle caratteristiche qualitative del vino Amarone. A tal fine si sono condotte analisi chimiche e microbiologiche nei mosti ottenuti da uve sane e uve bottrizzate. Quindi, mescolando percentuali differenti di queste uve, si è proceduto alla loro vinificazione, in piccola scala, ed i vini ottenuti sono stati analizzati chimicamente, per i principali composti di origine varietale e fermentativa, e sensorialmente.

Materiali e metodi

Selezione delle uve e vinificazione. In Fig. 1 sono schematizzate le diverse fasi della sperimentazione, effettuata presso la cantina del Centro per la Sperimentazione in Vitivinicoltura della Provincia di Verona. Il vino Amarone è stato ottenuto dalla fermentazione di uva Corvina e Rondinella appassita in condizioni naturali per circa quattro mesi, secondo quanto previsto dal disciplinare di produzione. Le modalità di selezione sono state le stesse applicate per una precedente sperimentazione condotta su uva per la produzione di vino Amarone (Tosi et al., 2005). L'uva è stata ispezionata e, in base alle caratteristiche visive che indicano la presenza o l'assenza della forma larvata, sono stati selezionati gli acini; ciò ha permesso di ottenere due lotti, uno di acini sani e l'altro di infettati da muffa nobile, eliminando quelli attaccati dalla *B. cinerea* in forma effluorescente. L'uva sana e bottrizzata proveniente dai due lotti è stata ammestata separatamente (S mosto sano e B mosto bottrizzato). Il mosto e le vinacce sono state divise, mescolate e ridistribuite mantenendo le corrette proporzioni al fine di ottenere tesi omogenee. Sono state, quindi, costituite le prove da microvinificare miscelando le masse di mosto infettato e non in percentuali diverse, ottenendo tre vini provenienti dal 100, 80 e 60% di uva sana (V-100%, V-80% e V-60%). Le prove di vinificazione sono state eseguite in triplo.

Analisi microbiologiche e attività laccasica. Le conte delle muffe e dei lieviti presenti nei mosti sono state effettuate in piastra su vari terreni quali: Botrytis Selective Medium (BSM) come terreno specifico per la crescita di *B. cinerea*, Malt Extract Agar (MEA) come terreno non selettivo per le conte dei

Fig. 2 - Contenuto di glicerolo e acido gluconico (g/L), e attività laccasica (U/mL, x10) nei mosti ottenuti da uva sana (S) e botritizzata (B)

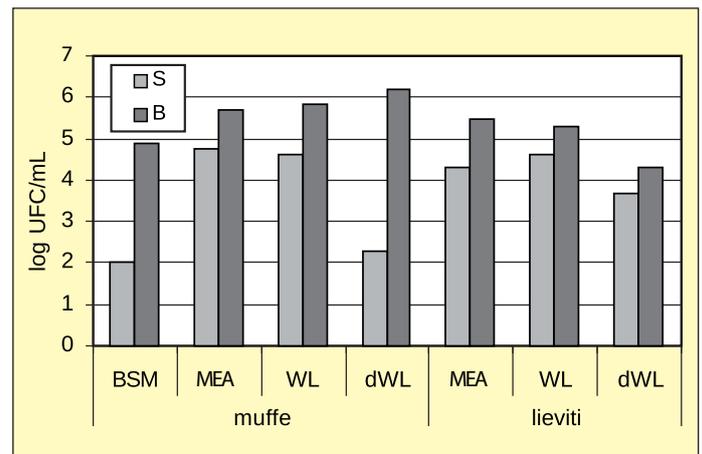


funghi, Wallerstein Laboratory senza (WL) o con cicloesimide (dWL) come terreno per la conta dei funghi e la parziale identificazione di lieviti. Le piastre sono state incubate a 28°C per 3-8 giorni. L'analisi della morfologia delle colonie e delle cellule al microscopio ha permesso la distinzione tra muffe e lieviti.

L'attività laccasica è stata misurata nei mosti utilizzando come substrato 2,6-dimetossifenolo (2,6-DMOP) 5 mM in tampone citrato 100 mM a pH 3,5: previa costituzione di una curva di taratura con laccasi commerciale, l'attività è stata espressa come U/mL, dove una unità (U) è la quantità di enzima necessaria per convertire in un minuto una μ mole di substrato.

Analisi chimiche dei mosti e dei vini. Nei mosti e nei vini a fine fermentazione la determinazione degli acidi organici e della glicerina è stata effettuata per via enzimatica, gli zuccheri per titolazione con soluzione Fehling, mentre i valori di alcool vol. ed estratto secco sono stati analizzati mediante spettrofotometro con sistema NIR. I polifenoli, antociani e polisaccaridi totali sono stati determinati con metodi spettrofotometrici (Di Stefano et al., 1989). Nei vini a fine fermentazione alcolica (FA), gli alcoli

Fig. 3 - Muffe e lieviti cresciuti in differenti terreni (BSM, MEA, WL e dWL), presenti nei mosti ottenuti da uva sana (S) e botritizzata (B)



superiori, l'acetaldeide, l'acetato ed il lattato di etile sono stati determinati mediante gascromatografia con iniezione diretta dopo distillazione. L'Azoto Prontamente Assimilabile (APA) è stato determinato con il metodo del numero di Formolo. Il *trans*-resveratrolo e l'ocratossina A (OTA) sono state quantificate in HPLC.

A due anni dalla vinificazione le analisi dei composti aromatici minoritari sono state effettuate mediante gascromatografia-spettrometria di massa [autocampionatore MPS Gerstel (SRA Instrument Italia srl, Milano) abbinato a GC 6890 e MS 5975B (Agilent Technol., Cernusco s/N, Milano) dopo arricchimento estrattivo SPE (Solid Phase Extraction) su cartuccia ENV+ (Boido et al., 2003) usando come standard interno 1-eptanolo e attribuendo a tutti i composti un fattore di risposta (RF) relativo pari a 1.

I dati delle analisi chimiche relative agli aromi (riportati nella Tab. 3 come media di tre valori) sono state trattate statisticamente applicando il T-test.

Analisi sensoriale. L'analisi sensoriale è stata effettuata utilizzando un gruppo di 10 giudici addestrati che hanno effettuato una valutazione visiva, olfattiva e gustativa assegnando un punteggio corrispondente all'in-

tensità di ciascun descrittore percepito e delineando in tal modo il profilo di ogni campione.

Risultati e discussione

Mosti, fermentazione e vini. Le analisi del mosto, ottenuto dall'ammostatura dei lotti di uva sana e botritizzata, hanno evidenziato come lo sviluppo di *B. cinerea* nelle uve contribuisca a modificare la loro composizione rispetto agli stessi mosti ottenuti da uve non contaminate (Tab. 1). Si è osservato un incremento di zuccheri fermentescibili e di polisaccaridi totali nei mosti botritizzati rispetto a quelli ottenuti da uve sane. Il mosto prodotto da uve contaminate della *B. cinerea* conteneva maggiore concentrazione di acido gluconico e glicerolo (Fig. 2). Assieme all'acido gluconico e al glicerolo, un importante marcatore di infezione di muffa è l'attività laccasica (Ribéreau-Gayon et al., 2006) che, come atteso, è risultata maggiore nei mosti botritizzati rispetto a quelli sani (Fig. 2). Questi dati, frutto della selezione manuale delle bacche, hanno, quindi, soddisfatto la nostra esigenza di vinificare uve sane e infette con la predominante forma nobile di *B. cinerea*.

Le analisi microbiologi-

Tab. 2 - Composizione dei vini a fine della fermentazione di uve sane e bottrizzate mescolate in percentuali diverse (100, 80 e 60 di bacche sane)

		V-100%	V-80%	V-60%
etanolo	% vol	14,26	14,64	14,90
glucosio	g/L	0,55	0,47	0,49
fruttosio	g/L	2,13	1,83	1,69
estratto totale secco	g/L	26,30	27,77	29,37
APA	mg/L	46,5	51,3	54,6
glicerolo	g/L	7,78	8,11	8,89
polissaccaridi totali ¹	mg/L	190,3	200,7	217,3
pH		2,98	2,97	2,97
acido tartarico	g/L	3,81	3,88	4,01
acido acetico	g/L	0,12	0,19	0,25
acido citrico	g/L	0,34	0,34	0,35
acido malico	g/L	1,75	1,85	1,83
acido L-lattico	g/L	0,09	0,08	0,07
acido D-lattico	g/L	0,17	0,18	0,18
acido gluconico	g/L	0,08	0,21	0,41
polifenoli totali ²	mg/L	1226	1267	1308
antociani totali	mg/L	273	273	262
trans-resveratrolo	mg/L	4	5	6
acetaldeide	mg/L	9	13	11
acetato di etile	mg/L	49,5	44,2	45,0
lattato di etile	mg/L	1,30	1,40	1,37
alcoli superiori	mg/L	384	389	399

1 come glucosio - 2 come acido gallico
3 come malvidina-3-glucoside

che hanno evidenziato una presenza maggiore di muffe e lieviti nei mosti da uve bottrizzate rispetto a quelli ottenuti da uve sane, mettendo in risalto che alla *B. cinerea* è associata una microflora costituita da altri tipi di funghi, il cui sviluppo incide significativamente sulla composizione dei mosti (Fig. 3). In terreno MEA (terreno non selettivo per i funghi) le differenze osservate sono meno marcate che in terreno BSM (substrato selettivo per *B. cinerea*) tra mosto sano e bottrizzato. Questa specifica biodiversità è stata studiata anche in uve bottrizzate utilizzate per la produzione di altri vini (Magyar e Bene, 2006).

La fermentazione dei vini si è svolta con un andamento regolare e il contenuto in alcol finale è risultato essere in relazione alla concentrazione degli zuccheri presenti nei mosti. I parametri analitici dei vini alla fine della FA sono riportati in Tab. 2.

In tutti i vini il consumo degli zuccheri fermentescibili si è completato, lasciando un residuo inferiore di 3 g/L tra glucosio e fruttosio. Anche per gli altri componenti analizzati si è osservata una variazione nella loro concentrazione in relazione alla percentuale di mosto bottrizzato usato nella vinificazione. Ad esclusione dell'acidità volatile che è aumentata all'aumentare della presenza di acini bottrizzati, tra i composti volatili maggioritari non si è osservata nessuna variazione di rilievo nei differenti vini. La concentrazione di trans-resveratrolo è risultata maggiore nei vini ottenuti con mosto bottrizzato. La correlazione positiva tra contenuto di trans-resveratrolo e grado di infezione delle uve trova supporto nell'aumento di questo stilbene come conseguenza della reazione di difesa della pianta attaccata dalla muffa (Jeandet et al., 1995).

Composti volatili dell'aroma

Aroma dei vini. A due anni dalla vinificazione è stata effettuata l'analisi di numerosi composti volatili dell'aroma, di differente origine (Tab. 3). Tale analisi ha evidenziato come la muffa nobile abbia avuto una significativa influenza sul profilo aromatico, con differenze di concentrazione consistenti, anche oltre il 30%, dei singoli composti.

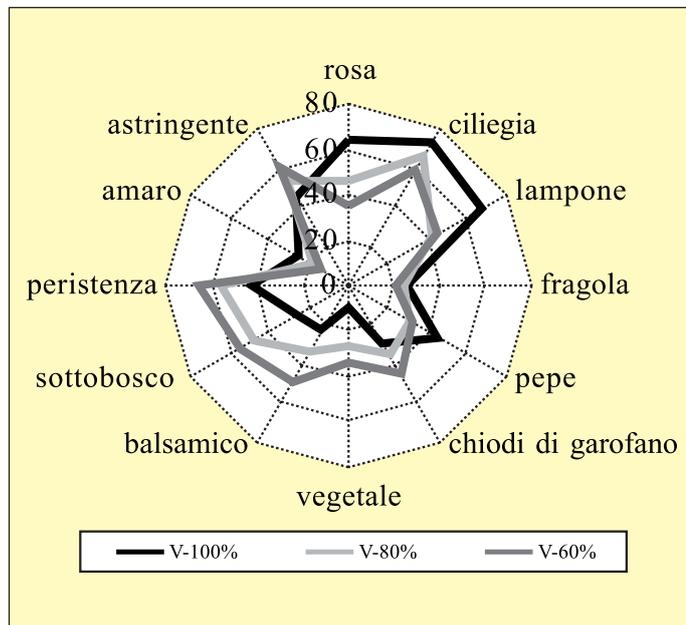
In particolare, valutando il contributo alla nota fruttata da frutta bianca e matura, per gli acetati di isoamile e β -feniletile (acetati "fruttati") si è osservato un incremento con l'aumentare della percentuale di acini bottrizzati, mentre per gli esteri etilici (C6-C10) e relativi acidi grassi - questi ultimi con nota da polveruntuosa o "caprinica" (Meilgaard, 1975) - si è registrata una tendenza opposta. Un altro estere etilico a nota di miele, il fenilacetato di etile, ha invece mostrato un interessante incremento all'au-

mento della percentuale di uva bottrizzata impiegata raggiungendo tuttavia una concentrazione pari a circa un terzo della soglia olfattiva di circa 70 μ g/L determinata da Tat et al. (2007). Fra gli idrossiacidi di etile, dall'aroma vinoso-florescente/fruttato e prevalentemente di origine fermentativa, si è osservato - ad eccezione del 3-idrossibutirato di etile - un incremento passando da vini prodotti da uve sane a quelli ottenuti da uve bottrizzate. Queste variazioni, pur contenute, a carico degli esteri etilici e relativi acidi grassi possono essere imputate a matrici fermentanti con una diversa presenza di materiale solido a contatto con il liquido (maggior fragilità delle bucce nelle uve bottrizzate).

Analogamente è stato registrato per il dietil 2-idrossiglutarato e la forma ciclica del monoestere etilico dello stesso acido, il 4-carboetossi- γ -butirrolattone. Composti sensorialmente interessanti possono essere i due isomeri dello 'sherry lattone', componenti tipici di vini che hanno subito trattamenti ossidativi (Fagan et al., 1981): fra questi solo l'isomero a tempo di ritenzione (RT) più basso (isomero I) è incrementato con la bottrizzazione degli acini, mentre l'altro (isomero II) - ben più abbondante - è rimasto costante. L'N(3-metilbutil)-acetamide, dalla nota pungente verso l'aceto, è anch'essa aumentata sensibilmente con la presenza di uve bottrizzate, come già osservato in vini bianchi ottenuti da uve raccolte tardivamente o da maturazione normale con macerazione rispetto alla lavorazione di queste ultime rigorosamente in bianco (Günter, 1984). Il 3-metilpropanolo o metionolo, a nota da patata cotta, varia in modo non ricollegabile a tale fattore.

L'analisi ha riguardato anche composti citati per tipizzare i vini bianchi da uve bottrizzate, come il Sauternes, quali il furaneolo, l'omofuraneolo e il norfuraneolo (Sarrazin et al., 2007). Solo il norfuraneolo, il più

Fig. 4 - Analisi sensoriale dei vini dopo due anni dalla fermentazione di uve sane e bottrizzate mescolate in percentuali diverse (100, 80 e 60% di bacche sane)



abbondante (il furaneolo e l'omofuraneolo inferiore a 5 e 2 $\mu\text{g/l}$), tende ad incrementare nei prodotti da uve diversamente bottrizzate. Tuttavia, questi composti di prevalente derivazione da polioidrossichetocomposti sono su valori di scarso apporto sensoriale.

Fenoli quali lo stesso fenolo, il guaiacolo, l'orto e il parafenolo non mostrano chiare tendenze in funzione del livello di botrite nelle uve e sono su tenori decisamente bassi compresi fra 0.5 e 6 (per fenolo) $\mu\text{g/L}</math>. Fra gli alchillattoni, solo il γ -nonalattone, dalla nota di cocco, se pur leggermente incrementato con la botrite, è presente ad un livello dosabile, fino a ca. 12 $\mu\text{g/L}</math>, tuttavia scarso se confrontato con il livello osservato per il Fiano da Genovese et al. (2007).$$

Circa gli alcoli monoterpenici, di origine prevalentemente varietale ed in concentrazione alquanto limitata, non si sono evidenziate differenze fra le tipologie di uva nella loro diversa selezione sanitaria, se non che il 4-terpineolo è incrementato con la percentuale di uva bottrizzata. Quest'ultimo,

noto per poter tipizzare uve passite in particolare se attaccate da botrite e con soglia di ca. 100 $\mu\text{g/l}$ con nota balsamico-terrosa (Versini et al., 1999), è risultato essere correlato con la percentuale di uva infettata usata per la vinificazione degli Amaroni, sebbene la sua concentrazione si collochi su valori ben più bassi (ca. 10-20 volte meno) a quelli dosati su prodotti degli anni '90 e nel Fiano passito (Genovese et al., 2007), mentre si approssima a quelli dosati da Di Stefano et al (2001) in alcuni vini passiti da Verdizzo.

Fra i benzenoidi, si è osservato un chiaro incremento fra vini da acini sani e bottrizzati per l'acetovanillone e l'etil vanillato con l'alcol omovanillico, composti che si formano in fermentazione prevalentemente a partire dai precursori anche in forma legata (Versini, dati non pubblicati). Infine, quale composto di derivazione fungina, l'1-octen-3-olo dalla nota di boleto, è incrementato nettamente fra prodotto da uve non bottrizzate a quelle con percentuale diversa di attacco botritico. Per i composti norisoprenici considerati come il β -damascenone a nota di fieno-floresale e il 3-cheto-alfa-ionolo con sentore di tabacco, vi è un leggero aumento nei vini da uve bottrizzate.

Altri composti volatili, come la fenilacetaldeide e la benzaldeide, sono noti per essere associati alla presenza di *B. cinerea* nelle uve (Goetghebeur et al., 1993; Sarrazin et al., 2007; Campo et al., 2008). I due vini bottrizzati hanno un contenuto in fenilacetaldeide (aroma floresale da miele-giacinto), e benzaldeide (nota di mandorla amara) più elevato rispetto al vino Amaroni prodotto da uve sane, sebbene il loro contenuto sia decisamente inferiore alla soglia olfattiva (ca. 30 e 400 $\mu\text{g/l}$ per fenilacetaldeide e benzaldeide, rispettivamente).

Di interesse sono risultate le variazioni chimiche osservate nel vino Amaroni V-

60% a seguito di una involontaria ossigenazione (lasciato per ca. 1 mese in una bottiglia scolma tappata). Questo vino ha sviluppato un aroma più orientato verso quello tipico dell'Amarone con netto incremento fino alle soglie sensoriali (in prodotti non conservati in botte) sia per la vanillina (da ca. 10 a 50 $\mu\text{g/l}$), di benzaldeide (da ca. 20 a 70 $\mu\text{g/l}$) e fenilacetaldeide (da ca. 2 a 8 $\mu\text{g/l}$) (si ricorda che anche un valore di concentrazione fino a circa 1/5 della soglia olfattiva, può influenzare l'aroma nell'interazione con altri composti (Meilgaard, 1975) e calo del metionolo (da circa 280 a 70 $\mu\text{g/l}$) e dei furaneoli. La formazione di dette aldeidi può riferirsi all'azione delle ossidasi prodotte dalla botrite in presenza implementata di ossigeno, a partire dagli alcoli corrispondenti (Goetghebeur et al., 1993; Sarrazin et al., 2007).

Analisi sensoriale dei vini

Il profilo sensoriale dei vini è risultato differente per alcuni descrittori: quelli prodotti da uve sane si sono caratterizzati da una presenza di note fruttate e floreali più marcate rispetto a quelli bottrizzati, mentre in quest'ultimi prevalgono note aromatiche più complesse con sentori di mandorla amara, balsamico - resinoso e una maggiore persistenza (Fig. 4).

Come giudizio complessivo, il bouquet dei vini è stato apprezzato dal panel test, concorde nel ritenere differente il profilo organolettico del vino non bottrizzato da quelli bottrizzati (dati non mostrati).

Infine, il vino in parziale ossidazione presenta leggeri sentori di maderizzazione e vengono percepite note speziate identificate come pepe nero; presenta inoltre sentori di marasca e complessivamente risulta abbastanza tipico per la tipologia di appartenenza.

Tab. 3 - Composti volatili ($\mu\text{g/L}$), dati in SPE-GC-MS, dei vini dopo due anni dalla fermentazione di uve sane e bottrizzate mescolate in percentuali diverse (100, 80 e 60% di bacche sane)

	V-100%	V-80%	V-60%
ossido A (oss. linalolo furan. trans)	5,0a ¹	6,4ab	7,2b
ossido B (oss. linalolo furan. cis)	4,1a	5,5b	5,7ab
ossido C (oss. linalolo piran. trans)	3,1	3,2	3,9
ossido D (oss. linalolo piran. cis)	1,4a	1,5ab	1,8b
linalolo	2,4	2,5	2,6
α -terpineolo	14,4a	18,3b	14,8a
4-terpineolo	10,2a	13,1a	17,5b
citronellolo	ndb (<2)	ndb (<2)	ndb (<2)
nerolo	ndb (<2)	ndb (<2)	ndb (<2)
geraniolo	ndb (<2)	ndb (<2)	ndb (<2)
ho-diendiolo 1	3,9a	4,6b	4,5a
ho-diendiolo 2	2,2	2,9	3,3
<i>monoterpeni</i>	<i>46,7a</i>	<i>57,7b</i>	<i>61,7b</i>
β -damascenone	2,6	2,8	2,9
3- cheto- α -ionolo	31,6a	39,0b	40,4b
<i>norisoprenoidi</i>	<i>34,2a</i>	<i>41,8b</i>	<i>43,3b</i>
esanolo	1580a	1759b	1593ab
trans-3-esenolo	23a	28b	30b
cis-3-esenolo	53a	68ab	67b
<i>alcoli a C6</i>	<i>1656a</i>	<i>1855b</i>	<i>1690ab</i>
alcol benzilico	437	417	391
β -feniletanolo	13355	13317	12841
<i>alcoli aromatici</i>	<i>13792</i>	<i>13734</i>	<i>13232</i>
isoamile acetato	15,5a	29,6b	36,1b
β -feniletil acetato	31,6a	42,1b	49,6b
<i>acetati "fruttati"</i>	<i>47,1a</i>	<i>71,7b</i>	<i>85,7b</i>
etile esanoato	489a	425ab	384b
etile ottanoato	360	330	268
etile decanoato	74,7	73,7	47,5
<i>esteri "fruttati"</i>	<i>924a</i>	<i>829ab</i>	<i>699b</i>

Segue

Considerazioni conclusive

Questo lavoro ha la finalità di fornire elementi di discussione per considerare l'impiego di uva parzialmente infettata da *B. cinerea* in forma nobile per la produzione di vino Amarone, andando in controtendenza all'attuale *modus operandi* di molti produttori della Valpo-

licella che spesso considerano la presenza di questo fungo solamente come un aspetto negativo. I risultati hanno evidenziato che applicando la medesima tecnologia enologica si ottengono prodotti qualitativamente validi ma soprattutto diversi. È possibile, quindi, di introdurre una metodologia che, nella tecnica di appassimento controllato e nella successiva cernita delle uve, consenta lo svilup-

po della muffa in forma nobile nella percentuale ritenuta più idonea per conferire al vino le desiderate caratteristiche chimico-sensoriali. Solo attraverso uno studio più approfondito da un punto di vista analitico e con un'implementazione della sperimentazione su maggiore scala si potranno confermare queste osservazioni e, inoltre, disporre ulteriori e più consistenti elementi di valu-

	V-100%	V-80%	V-60%
acido butirrico	735	732	666
acido isovalerianico	258	305	301
acido esanoico	1546a	1328b	1207b
acido ottanoico	1557a	1304b	1191ab
acido decanoico	326	316	272
<i>acidi grassi</i>	<i>4422a</i>	<i>3985b</i>	<i>3637ab</i>
etil 2-idrossiisovalerato	22,9a	35,1b	40,2b
etil 3-idrossibutirato	514	507	493
etil 2-idrossi-4-metilpentanoato	115a	161b	179b
etil 4-idrossibutirato	572	712	730
dietile 2-OH-glutarato	4899a	6044b	6227ab
4-carboetossi- γ -butirrolattone	2279	2671	2713
<i>altri esteri fermentativi</i>	<i>8402a</i>	<i>10130b</i>	<i>10382b</i>
vanillina	9,6	11,2	10,7
benzaldeide	11,5a	14,1a	21,2b
fenilacetaleide	0,2a	2,9b	2,5b
<i>aldeidi</i>	<i>21,3</i>	<i>28,2</i>	<i>34,4</i>
metil vanillato	9,7a	12,5b	13,9b
etile vanillato	78,4a	112ab	133b
acetovanillone	113a	132ab	142b
alcol omovanillico	122	132	124
acido omovanillico	11,3a	13,9b	15,7b
acido vanillico	176	97,9	203
<i>benzenoidi</i>	<i>510</i>	<i>500</i>	<i>625</i>
metionolo	176a	482b	301ab
N(3-metilbutil)-acetamide	64,9a	915b	1878c
sherry lattone (isomero I)	215a	311b	386c
sherry lattone (isomero II)	1902	1890	1957
ni (non identificato)	1995a	2598ab	3287b
γ -nonalattone	6,8	8,0	9,8
norfuraneolo	13,8a	19,7b	17,7ab
fenolo	4,1a	4,6ab	5,1b
o-cresolo	1,6a	1,7ab	1,8b
p-cresolo	1,3	1,0	1,4
etil fenilacetato	5,2a	11,7b	20,4c
1-octen-3-olo	8,8a	15,4b	16,1b
<i>altri</i>	<i>4394a</i>	<i>6258b</i>	<i>7882b</i>

I I valori significativi per $p < 0,05$ sono indicati da differenti lettere (a, b, c.)

tazione. Infine, si ritiene opportuno procedere a ulteriori approfondimenti riguardanti i potenziali effetti sui vini determinati da una combinazione tra stato di ossidazione e presenza di acini bottrizzati.

Riassunto

Si sono confrontati vini Amarone ottenuti da uve appassite sane e contaminate

dalla forma larvata di *Botrytis cinerea* (muffa nobile). I mosti derivati da uve bottrizzate hanno evidenziato un maggior accumulo di acidi organici, zuccheri fermentescibili, polisaccaridi e gliceroles, e una maggiore attività laccasica rispetto a quelli sani. Miscele di queste uve hanno permesso di ottenere vini da differenti percentuali di bacche bottrizzate. Le analisi delle componenti aro-

matiche hanno evidenziato differenze a carico di composti ad impatto odoroso come alcuni acetati ed esteri, fenilacetaleide, benzaldeide, vanillina, 4-terpineolo, 1-octen-3-olo e sherry lattone. A livello sensoriale i vini bottrizzati si sono caratterizzati per note più aromatiche e meno fruttate di quelli ottenuti dal 100% di uva sana. La sperimentazione ha fornito interessanti risultati sotto il profilo chimico e organoleptico utili per valutare il possibile impiego di uve infettate da muffa nobile nella produzione di vino Amarone.

Si è accertato anche che l'ossidazione dei vini permette una maggior formazione delle aldeidi sopra citate ed un incremento nei descrittori tipici di questo vino.

Abstract

This study evaluated the effects of *Botrytis cinerea* (noble rot) on Amarone wine composition and sensory quality by comparing wines from different percentage of infected grapes. Must from infected grapes was characterized by higher content on organic acids, fermentable sugars, polysaccharides, glycerol and laccase activity. The analysis of wine aromatic components showed differences among wines according to some high impact odorous compounds such as some acetates and esters, phenylacetaldehyde, benzaldehyde, vanillin, 4-terpineol, 1-octen-3-ol, sherry lactones.

Sensorially, bottrized wines were characterized by higher aromatic notes and lower fruit notes than wines produced from 100% healthy grapes. This experimentation provided interesting chemical and organoleptic results in order to consider the use of noble rot infected grapes for the production of Amarone wine. Moreover, it was ascertained that wine oxidation enhanced aldehydes formation and the increase of typicality sensory descriptors of this wine.

Ringraziamenti: Si ringrazia Giuseppe Versini per la consulenza nel campo analitico, Valerio Udali e Alberto Zardini (Centro per la Sperimentazione in Vitivinicoltura, Provincia di Verona) per il contributo al lavoro di cantina.

Bibliografia

Bailly S., Jerkovic V., Marchand-Brynaert J., Collin S. (2006) Aroma extraction dilution analysis of Sauternes wines. Key role of polyfunctional thiols. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 7227-7234.

Barbati D., Mora B., Ferrarini R., Tornelli G., Cipriani M. (2008) Effect of various thermo-hydrometric conditions on the withering kinetics of grapes used for the production of "Amarone" and "Recioto" wines. *J. Food Eng.* 85, 350-358.

Boido E., Lloret A., Medina K., Farina L., Carrau F., Versini G., Dellacassa E. (2003) Aroma composition of *Vitis vinifera* cv. Tannat: the typical red wine from Uruguay. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 5408-5413.

Campo E., Cacho J., Ferrera V. (2008) The chemical characterization of the aroma of dessert and sparkling white wines (Pedro Ximénez, Fino, Sauternes, and Cava) by Gas Chromatography-Olfactometry and chemical quantitative analysis. *J. Agric. Food Chem.*, 56, 2477-2484.

Di Stefano R., Gentilini N., Bottero S., Garcia-Moruno E., Borsa D., Trinco S. (2001) Alcuni metaboliti primari e secondari dell'uva Verduzzo a diversi gradi di appassimento. *Riv. Vitic. Enol.*, LIV/1, 17-35.

Di Stefano R., Cravero M.C., Gentilini N. (1989) Metodi per lo studio dei polifenoli dei vini. *L'Enotecnico* 5, 83-89.

Fagan G.L., Kepner R.E., Webb A.D. (1981). Biosynthesis of certain -substituted -butyrolactones present in film sherries. *Am. J. Enol. Vitic.*, 32, 163-167.

Favale S., Garofolo A., Moretti S., Tiberi D., Cedroni A., Cargnello G., Casadei G., Bruffa R., Ciolfi G. (2005) La Malvasia del Lazio: proposta di vinificazione innovativa con uve da muffa nobile. *VigneVini* 7/8, 103-109.

Genovese A., Gambuti A., Piombino P., Moio L. (2007) Sensory properties and aroma compounds of sweet Fiano wine. *Food Chem.*, 103, 1228-1236.

Goetghebeur M., Brun S., Galzy P., Nicolas M. (1993) Benzyl alcohol oxidase and laccase synthesis in *Botrytis cinerea*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 57/8, 1380-1381.

Güntert M. (1984) Gaschromatographisch-massenspektrometrische Untersuchungen flüchtiger Inhaltsstoffe des Weinaromas: Beitrag zur Sortencharakterisierung der Rebsorte Weisser Riesling, Tesi di Dottorato, Università di Karlsruhe, Germania.

Jeandet P., Bessis R., Sbaghi M., Meunier P., Trollat P. (1995) Resveratrol content of wines of different ages: relationship with fungal disease pressure in the vineyard. *Am. J. Enol. Vitic.*, 46: 1-4.

La Guerche S, Dauphin B, Pons M, Blancard D, Darriet P. (2006) Characterization of some mushroom and earthy off-odors microbially induced by the development of rot on grapes. *J Agric Food Chem.* 29;54(24), 9193-200.

Magyar I., Bene Zs. (2006) Morphological and taxonomic study on mycobiota of noble rotted grapes in the Tokaj wine district. *Acta Alimentaria*, 35, 237-246.

Meilgaard M.C. (1975). Aroma volatiles in beer: purification, flavor, threshold and interaction. In: Geruch- und Geschmacksstoffe, F. Drawert Ed., H. Carl, Norimberga, pp. 211-254.

Miklosy E., Kerenyi Z. (2004) Comparison of the volatile aroma components in noble rotted grape ber-

ries from two different locations of the Tokaj wine district in Hungary. *Anal. Chim. Acta*, 513, 177-181.

Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubourdieu D. (2006) Handbook of Enology. The chemistry of wine: stabilization and treatments. (2° ed.) Wiley & Sons: Chichester, UK, Vol. 2.

Sarrazin E., Dubourdieu D. & Darriet, P. (2007) Characterization of key-aroma compounds of botrytized wines, influence of grape botrytization. *Food Chemistry*, 103, 536-545.

Tat L., Comuzzo P., Battistutta F., Zironi R. (2007). Sweet-like off-flavor in Aglianico del Vulture wine: ethyl phenylacetate as the mainly involved compound. *J. Agric. Food Chem.*, 55, 5205-5212.

Tosi E., Malacrinò P., Accordini D., Zapparoli G. (2005) Principali effettivi *Botrytis cinerea* sulla composizione dell'Amarone. *L'Informatore Agrario*, 44, 65-69.

Tosi E., Verzillo R., Marangon A., Zapparoli G. (2006) Ruolo di "*Botrytis cinerea*" sulla qualità del Recioto Soave. *L'Informatore Agrario*, 29, 52-58.

Versini G., Carlin S. (1998). Profilo chimico del Recioto. In: Il Recioto di Soave. Atti del Convegno, Cons. Tutela Vini Soave e Recioto di Soave, Soave, VR, pp. 77-91.

Versini G., Schneider R., Carlin S., Depentori D., Nicolini G., Dalla Serra A. (1999) Characterisation of some northern Italian Passiti-wines through aroma and stable isotope analysis. In: 12th Intern. Oenol. Symposium, 31st May-2nd June 1999, Montreal, E. Lemperele Ed., Intern. Ass. Winery Technol. Management, Breisach, Germany, pp. 544-571.

Versini G. (2003). Caratteristiche del Soave. In: Convegno Internazionale: 'Il vino bianco: quale, dove, come', Soave, 10 settembre, Atti su Cd-Rom.