

DOCUMENTO  
TECNICO

**\*Antonietta Baiano**  
**\*\*Gabriella Varva**  
**\*\*Antonio De Gianni**  
**\*\*\*Carmela Terracone**  
**\*\*\*\*Matteo Alessandro  
 Del Nobile**

*\*Ricercatrice Dipartimento di Scienze  
Agrarie, degli Alimenti e  
dell'Ambiente - Università di Foggia*  
*\*\*Dottorando in Biotecnologie dei  
Prodotti Alimentari Dipartimento  
di Scienze Agrarie,  
degli Alimenti e dell'Ambiente -  
Università di Foggia*  
*\*\*\*Titolare di Borsa di Studio  
Dipartimento di Scienze Agrarie,  
degli Alimenti e dell'Ambiente -  
Università di Foggia*  
*\*\*\*\*Ordinario Dipartimento di  
Scienze Agrarie,  
degli Alimenti e dell'Ambiente -  
Università di Foggia*



A. Baiano

## EFFETTO SINGOLO E COMBINATO DELLA TECNOLOGIA DI VINIFICAZIONE E DELLE MODALITÀ DI AFFINAMENTO SU VINI BOMBINO BIANCO

Nella vinificazione in bianco dei vini monovitigno, la criomacerazione abbinata alla vinificazione in ambiente riducente consente di ottenere vini più strutturati e di corpo. La maturazione nelle anfore di terracotta può d'altro canto esaltare le caratteristiche varietali senza l'apporto di sostanze fenoliche estranee come invece avviene nella maturazione in legno.

### Introduzione

L'ossidazione rappresenta uno dei principali problemi da affrontare nel corso di una vinificazione in bianco, in quanto causa alterazioni importanti dal punto di vista organolettico, con imbrunimenti e alterazioni a carico della componente aromatica. Nei mosti, essa è prevalentemente di natura enzimatica ed avviene principalmente a causa dell'azione delle polifenolos-

sidasi endogene, mentre nel vino l'ossidazione per via chimica è dovuta alla contemporanea presenza dell'ossigeno e di substrati ossidabili (composti responsabili dell'aroma, composti fenolici, etanolo) (1). Il più antico e utilizzato antiossidante in enologia è rappresentato dall'anidride solforosa (E220), aggiunta principalmente come solfito acido di potassio (E228). Alle funzioni antiossidante e antiossidasica, la

SO<sub>2</sub> unisce anche quella antimicrobica, cosa che rende piuttosto difficile la sua sostituzione con altri principi attivi. La regolamentazione comunitaria prevede un limite massimo pari a 200 mg/l nei vini bianchi con tenore in zucchero inferiore a 5 g/l, anche se, nella pratica, le dosi di impiego sono ancora più basse. La tendenza dei produttori di vino è di ridurre i quantitativi impiegati in risposta alla nuova attenzione

**Foto 1 - Impianto di microvinificazione**

che i consumatori mostrano nei confronti della loro salute e ai danni causati dai solfiti (dalle alterazioni vitaminiche, all'interazione con farmaci cortisonici, allo sviluppo di allergie). Alternative promettenti alla  $SO_2$  sono rappresentate dall'uso del glutatione (2), che previene gli imbrunimenti e preserva la componente aromatica e, soprattutto, dalla vinificazione in condizioni fortemente riducenti (aggiunta combinata di  $SO_2$  e acido ascorbico), che consente la riduzione della quantità di solfiti aggiunti grazie alla protezione aggiuntiva rispetto all'ossidazione garantita dagli ascorbati, effettuata da sola o abbinata alla criomacerazione in ambiente inerte (principalmente  $CO_2$  in forma solida) che consente un rallentamento dell'ossidazione enzimatica grazie alle basse temperature e la protezione rispetto all'ossigeno atmosferico (3,4).

Un altro delicato aspetto della vinificazione in bianco è rappresentato dal periodo che intercorre tra la svinatura e il momento in cui il vino è pronto al consumo. Questo periodo di maturazione/affinamento può essere condotto in condizioni di seppur minima presenza di ossigeno o in

condizioni riducenti. La scelta della modalità di conduzione di tale operazione influisce sulla qualità complessiva del vino. L'affinamento in legno consente una certa microossigenazione, con relativi cambiamenti di colore (nei vini bianchi da giallo paglierino a giallo dorato) ma anche il rilascio nel vino di composti che influiscono sul flavour e di sostanze fenoliche (5,6). L'affinamento in materiali inerti (ad esempio acciaio) può d'altro canto portare a modifiche sostanziali della componente fenolica e del potere antiossidante (7) oltre allo sviluppo di flavour caratteristici in funzione della modalità di gestione dello spazio di testa, ad esempio, per l'eventuale aggiunta di gas inerti. Oggi sta tornando in auge un sistema di maturazione in uso in epoca romana che prevede l'impiego di anfore di terracotta. La permanenza nelle anfore consente di garantire al vino la microossigenazione tipica delle barrique senza il trasferimento degli aromi e dei composti fenolici del legno, così da esaltare le caratteristiche varietali di mineralità e freschezza e gli aromi di fruttato.

Il Bombino bianco è una delle uve bianche più diffuse

dell'Italia meridionale. In Abruzzo è anche chiamato Trebbiano d'Abruzzo. 'Pagadebit' e 'Straccia Cambiale' sono dei sinonimi utilizzati in Emilia Romagna a sottolineare l'elevata produttività. Trattandosi di una varietà neutra, essa può giovare dell'impiego di modalità di vinificazione che esaltino le caratteristiche varietali.

L'obiettivo della ricerca è consistito nel confronto tra due diverse tecniche di vinificazione di uve Bombino bianco - una vinificazione in bianco tradizionale ed una vinificazione in ambiente riducente abbinata alla criomacerazione - e tra diverse modalità di affinamento dei relativi vini - in materiale inerte ed impermeabile (vetro) ed in condizioni di microossigenazione (anfore). Gli effetti singoli e combinati di queste due variabili sono stati studiati a 12 mesi dalla svinatura e sono oggetto di discussione del presente lavoro.

## Materiali e metodi

**Produzione del vino.** Uve della cultivar *Bombino bianco* prodotte in un vigneto posto in agro di San Severo (Foggia, Puglia, Italia) sono state raccolte a metà del mese di settembre 2011, collocate in cassette finestrate e immediatamente trasportate in un impianto pilota (Foto 1) costituito da una pigia-diraspatrice, 20 serbatoi in acciaio inox (ciascuno della capacità di 100 litri), un sistema elettronico di gestione della temperatura, e 2 torchi. Al momento della lavorazione, le uve presentavano le seguenti caratteristiche: zuccheri  $15,75 \pm 0,17^\circ$ Brix; acidità titolabile  $4,09 \pm 0,00$  g di acido tartarico/L, e un pH di  $3,76 \pm 0,08$ .

Le uve sono state sottoposte a due tipologie di vinificazione: una vinificazione tradizionale in bianco ed una vinificazione in condizioni riducenti previa criomacerazione e fino al consumo totale degli zuccheri. Nella vinificazione tradizionale, le uve sono state addizionate di metabisolfito

**Tab. 1 - Effetto singolo e combinato delle tecnologie di vinificazione e delle modalità di affinamento sulle caratteristiche quali-quantitative di vini Bombino bianco a 12 mesi dalla svinatura**

Tecnologia di vinificazione	Alcol (%vol)	Densità (g/cm <sup>3</sup> )	Ac.volatile (g ac.acetico/l)	Ac.titolabile (g ac.tartarico/l)	Estratto secco (g/l)	SO <sub>2</sub> libera (mg/l)	SO <sub>2</sub> totale (mg/l)	SO <sub>2</sub> combinata (mg/l)	Zuccheri (g/l)	pH
<b>Tecnologia di vinificazione</b>										
T	9,4±0,2 b	0,983±0,004 a	1,16±1,25 b	4,8±0,9 b	15,7±1,6 a	17,4±2,9 a	112,8±30,6 b	95,4±28,4 b	3,4±1,2 a	3,18±0,05 a
C	9,3±0,1 a	0,987±0,012 b	0,42±0,20 a	3,1±0,6 a	18,9±2,2 b	24,4±8,7 b	103,6±17,4 a	79,2±23,6 a	5,2±2,9 b	3,34±0,12 b
Significatività	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>Modalità di affinamento</b>										
g	9,4±0,2 a	0,995±0,005 c	0,94±0,20 b	4,3±0,2 c	16,8±2,4 a	17,5±1,0 a	131,0±6,4 c	113,5±7,0 c	6,5±2,1 d	3,14±0,06 a
v	9,5±0,6 a	0,992±0,012 b	0,38±0,05 a	3,1±0,4 a	16,3±2,5 a	27,7±13,6 c	101,1±16,4 b	73,4±29,3 a	5,9±3,1 c	3,26±0,10 a
i	9,6±0,0 a	0,989±0,006 b	1,98±1,66 c	4,6±1,8 d	16,3±1,0 a	21,8±1,4 b	125,9±37,3 c	104,1±37,0 b	4,4±0,5 b	3,14±0,23 a
d	9,4±0,5 a	0,986±0,004 a	0,32±0,08 a	3,9±1,0 b	17,6±1,3 b	18,8±4,3 a	91,5±13,1 a	72,7±9,5 a	2,4±0,3 a	3,43±0,05 b
Significatività	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>Tecnologia di Vinificazione * Modalità di affinamento</b>										
Tg	9,4±0,1 a	0,993 c,d	1,12±0,08 e	4,5±0,1 d	14,8±0,3 a	17,9 a,c	128,0±6,8 f	110,1±6,8 e	4,7±0,2 e	3,09±0,01 b
Tv	9,6 a	0,987 a,b	0,40±0,07 b, c	3,5±0,2 c	14 a	15,4 a	115,2±6,8 e	99,8±6,8 d	3,2±0,1 c	3,09±0,01 b
Ti	9,7±0,3 a	0,994 d	3,50±0,16 f	6,2±0,1 c	15,3±0,2 a	22,2±1,5 b	159,6±7,4 g	137,4±8,2 f	4,8±0,1 e	2,94±0,01 a
Td	9,7±0,3 a	0,986 a	0,38±0,05 b,c	4,9±0,2 e	17,2±1,3 b	15,8±1,8 a	80,6±7,0 a	64,9±5,7 b	2,2±0,2 a	3,40±0,05 f
Cg	9,4±0,2 a	0,996 e	0,76±0,04 d	4,2±0,1 d	22,9±0,3 d	17,1±1,5 a	134,0±5,3 f	116,9±6,4 e	8,3±0,1 f	3,20±0,01 c
Cv	9,5 a	0,996 e	0,35±0,02 a, b	2,7 a	18,5 c	40,1±1,5 d	87,0±2,6 a, b	46,9±1,5 a	8,6±0,1 g	3,26±0,01 d
Ci	9,6±0,1 a	0,989±0,003 b,c	0,47±0,02 c	2,9±0,1 f	17,2±0,1 b,c	21,3±1,5 b,c	92,2±4,4 b	70,8±5,3 b	4,0±0,1 d	3,33±0,00 e
Cd	9,4±0,7 a	0,986±0,002 a	0,25±0,02 a	3,0±0,2 b	18,0±1,1b,c	21,8±3,9 b	102,4±5,6 d	80,6±3,5 c	2,6±0,1 b	3,47±0,01 g
Significatività	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*

In colonna, nell'ambito delle tecnologie di produzione, o delle modalità di affinamento o del loro effetto combinato, a diverse lettere corrispondono differenze significative ( $p < 0,05$  - LSD test). T- vinificazione in bianco tradizionale; C - vinificazione con criomacerazione; g - anfora grezza, v - anfora vetrificata; i - anfora ingobbiata; d - vetro

di potassio (10 g/q) immediatamente prima della pigiadiraspatura e il pigiato sottoposto a defecazione a 7-8 °C per 12 ore, pressatura manuale del pigiato, inoculo (20 g /hl di lieviti), aggiunta di attivanti di fermentazione (20 g/hl) e la fermentazione si è svolta a 18°C. Lo schema di processo con criomacerazione ha incluso le seguenti fasi: aggiunta alle uve di metabisolfito di potassio (5 g/q) immediatamente prima della pigiadiraspatura; trasferimento del pigiato al tino e aggiunta di CO<sub>2</sub> solida; sosta a 4 °C per 24 ore; pressatura manuale del pigiato criomacerato; trasferimento del mosto in vasca ed aggiunta di 20 g/hl di una miscela di metabisolfito di potassio ed acido ascorbico (50:50); defecazione del mosto a 7-8 °C per 24 ore; inoculo del mosto defecato (20 g di lieviti/hl) ed aggiunta di lieviti attivanti di fermentazione (20 g/hl); fermentazione a 18°C. L'affinamento dei vini è stato condotto per 12

mesi sulle fecce fini con battage periodico in damigiane di vetro (materiale inerte) e in tre tipi di anfore di terracotta: grezze (un'unica fase di cottura a 1100 °C); vetrificate (sottoposte a due fasi di cottura, la prima a 1100 °C, la seconda a 970 °C, inframmezzate da una verniciatura interna); ingobbiata (prima cottura a 970 °C e seconda cottura a 1100 °C). I recipienti utilizzati per l'invecchiamento sono stati codificati nel seguente modo: g - anfora grezza, v - anfora vetrificata, i - anfora ingobbiata, d - vetro. I campioni sono stati prelevati ed analizzati dopo un periodo di affinamento di 12 mesi.

**Determinazione dei parametri chimico-fisici dei vini.** Il titolo alcolometrico effettivo a 20°C, l'acidità totale, l'acidità volatile, la densità, il contenuto in zuccheri e l'estratto secco sono stati determinati secondo il Regolamento CEE 2676/90 (8). È stato misurato anche il pH.

L'analisi HPLC-DAD degli acidi organici è stata eseguita come descritto da Baiano e Terracone (9). La concentrazione degli acidi organici è espressa in mg/l di vino.

**Profili fenolici e attività antiossidante.** Il contenuto fenolico totale è stato misurato secondo il metodo Folin-Ciocalteu (10) mentre le diverse classi fenoliche sono state determinate secondo i metodi di Di Stefano et al. (11) e Di Stefano e Cravero (12). L'analisi HPLC-DAD dei profili fenolici è stata effettuata secondo il metodo di Revilla e Ryan (13). La valutazione dell'attività antiossidante è stata fatta attraverso i test DPPH (14) e ABTS (15).

**Analisi statistica.** L'analisi della varianza (ANOVA) e l'LSD Multiple Range Test ( $p < 0,05$ ) sono stati impiegati allo scopo di valutare la significatività delle differenze riscontrate tra i campioni in funzione della tecnologia di

vinificazione e del contenitore usato per l'affinamento. L'Analisi delle Componenti Principali (PCA) è stata effettuata per verificare la possibilità di discriminare visivamente i campioni, in funzione del tipo di contenitore usato per l'affinamento, sulla base di tutti gli indici misurati.

## Risultati della ricerca

**Principali parametri chimico-fisici dei vini.** La Tab. 1 ne riporta i risultati e il relativo trattamento statistico per i campioni prelevati dopo 12 mesi di maturazione/affinamento. Il tenore in alcol è stato l'unico parametro per il quale gli effetti singoli e combinati delle tecnologie di vinificazione e delle modalità di maturazione/affinamento non sono risultati significativi. La densità è risultata più elevata nei vini ottenuti per criomacerazione in ambiente riducente, come conseguenza



**Tab. 2 - Effetto singolo e combinato delle tecnologie di vinificazione e delle modalità di affinamento sul contenuto in acidi organici di vini Bombino bianco a 12 mesi dalla svinatura**

Tecnologia di vinificazione	Ac. Tartarico (g/l)	Ac. Malico (g/l)	Ac.Lattico (g/l)	Ac.Acetico (g/l)	Ac. Citrico (g/l)	Ac. Succinico (g/l)
<b>Tecnologia di vinificazione</b>						
T	3,6±0,4 a	1,1±0,5 a	0,1±0,1 a	1,2±0,7 b	0,2±0,1 a	0,3±0,1 b
C	3,6±0,3 a	1,0±0,3 a	0,02 a	0,4±0,7 a	0,2±0,1a	0,2±0,1 a
Significatività	ns	ns	ns	*	ns	ns
<b>Modalità di affinamento</b>						
g	3,3±0,3 a	1,2±0,5 c	0,1 a	0,4±0,4 a	0,3 c	0,5 c
v	3,8 b, c	0,4 a	0,1 a	0,5 a	0,1 a	0,2 a
i	3,8±0,4 c	1,0±0,2 b	0,2 b	1,7±0,2 b	0,1 b	0,1 b
d	3,5±0,3 a,b	1,3 c	0,2 b	0,6 a	0,3 c	0,3±0,1 d
Significatività	*	*	*	*	*	*
<b>Tecnologia di Vinificazione * Modalità di affinamento</b>						
Tg	3,0 a	1,6 e	0,1 b	1,0 d	0,3 d	0,5 e
Tv	3,5 b	0,4 b	0,1 b	0,2 a	0,1 b	0,2 b
Ti	4,2±0,1 c	1,2 d	0,2 d	1,4±0,1 e	0,1 b	0,1 b
Td	3,6±0,2 b	1,1±0,3 c, d	0,2 c	0,3±0,1 b	0,2±0,1 c	0,3±0,1 d
Cg	3,6 b	0,8 c	Non rilevato a	0,4±0,1 c	Non rilevato a	Non rilevato a
Cv	4,0 c	Non rilevato a	Non rilevato a	0,4 c	Non rilevato a	Non rilevato a
Ci	3,5 b	0,8 c	0,2 c,d	0,3 b	0,1 b	Non rilevato a
Cd	3,4±0,3 b	1,3 c,d	0,2 c,d	0,2±0,2 a	0,3 d	0,2±0,1 c
Significatività	*	*	*	*	*	*

In colonna, nell'ambito delle tecnologie di produzione, o delle modalità di affinamento o del loro effetto combinato, a diverse lettere corrispondono differenze significative ( $p < 0.05$  - LSD test). T- vinificazione in bianco tradizionale; C - vinificazione con criomacerazione; g - anfora grezza, v - anfora vetrificata; i - anfora ingobbiate; d - vetro

della maggiore estrazione di sostanze fenoliche, zuccheri, precursori dell'aroma ed altre componenti che sono prevalentemente concentrate nella buccia e nei vinaccioli. Infatti, le basse temperature e la natura stessa del fluido criogenico hanno determinato un incremento della lacerazione delle pareti cellulari e quindi un maggior rilascio nella fase liquida (16).

L'aumento di densità conseguito con la criomacerazione è ben correlato con il maggior residuo secco dei vini criomacerati che sono risultati più corposi e strutturati. Sui vini affinati in anfora sono stati rilevati valori di densità e di estratto secco rispettivamente maggiori e minori rispetto a quelli affinati in vetro, a testimoniare una importante concentrazione per traspirazione ed evaporazione. I vini nelle anfore grezze sono quelli che hanno evidenziato le modifiche più significative dei due parametri in esame. L'acidità volati-

le ha risentito in maniera significativa sia della tecnologia di vinificazione che delle modalità di affinamento. I valori più alti (ben oltre la soglia di percezione pari a 1 g/l) sono stati osservati nei vini prodotti attraverso vinificazione tradizionale e maturati nelle anfore ingobbiate e in quelle grezze.

I vini affinati in vetro hanno mantenuto una acidità volatile di circa 0,25 g/l. Questi risultati si possono interpretare alla luce dell'effetto batteriostatico delle basse temperature e della barriera opposta dal vetro agli scambi gassosi che invece si sono verificati attraverso la struttura porosa delle anfore. L'acidità titolabile è risultata significativamente più bassa nei vini prodotti per criomacerazione a causa della precipitazione e insolubilizzazione del bitartrato di potassio (17), vini che hanno anche mostrato i più elevati valori di pH. Le concentrazioni di SO<sub>2</sub> libera e combinata sono state influen-

zate significativamente sia dalla tecnologia di vinificazione che dalla modalità di maturazione/affinamento. Sui vini prodotti tramite criomacerazione in condizioni fortemente riducenti sono state rilevate le concentrazioni minori di SO<sub>2</sub> combinata e, conseguentemente, i valori più alti del rapporto SO<sub>2</sub> libera/SO<sub>2</sub> totale (in media 23% contro il 15% per i vini prodotti mediante vinificazione tradizionale), a conferma dell'effetto protettivo esercitato dalla CO<sub>2</sub> solida e della combinazione acido ascorbico-SO<sub>2</sub>. L'importanza di questo dato è legato al fatto che la SO<sub>2</sub> libera è la forma attiva contro l'ossidazione. La maggiore concentrazione di SO<sub>2</sub> combinata nei vini prodotti mediante vinificazione tradizionale potrebbe essere legata alla presenza di acetaldeide-. L'acetaldeide è il principale composto capace di legare la SO<sub>2</sub> e la sua presenza nei vini è determinata dall'ossidazione dell'etanolo che non pro-

**Tab. 3 - Effetto singolo e combinato delle tecnologie di vinificazione e delle modalità di affinamento sui contenuti in flavonoidi, flavani reattivi alla vanillina, composti fenolici totali e sull'attività antiossidante di vini Bombino bianco a 12 mesi dalla svinatura**

Tecnologia di vinificazione	Flavonoidi (mg (+) -catechina/l)	Flavani reattivi alla vanillina (mg (+) -catechina/l)	Acidi Idrossi-cinnamili -tartarici (mg ac. Caffeeico/l)	Composti fenolici tot. (mg acido gallico/l)	Proantocianidine (mg cianidina cloruro/l)	DPPH (mmoli trolox/l)	ABTS (mmoli trolox/l)
<b>Tecnologia di vinificazione</b>							
T	96,6±24,0 a	36,6±5,5 a	27,1±9,3 a	241,6±15,1 a	Non rilevate a	0,02 a	0,77±0,10 a
C	105,6±21,7 a	36,9±3,3 a	37,2±6,6 b	276,5±24,2 b	Non rilevate a	0,03±0,01 a	1,02±0,23 b
Significatività	ns	ns	*	*	ns	*	*
<b>Modalità di affinamento</b>							
g	106,2±26,6 a,b	32,7±2,8 a	26,3±5,1 a	238,8±11,1 a	Non rilevate a	0,01 a	0,72±0,10 a
v	83,7±10,0 a	36,3±3,4 a,b	30,0±0,9 b	244,8±23,0 a	Non rilevate a	0,02±0,01 b	0,97±0,31 b
i	96,6±23,7 a,b	38,3±5,6 a,b	25,7±14,5 a	260,9±26,7 b	Non rilevate a	0,02±0,03 b	0,95±0,13 b
d	109,4±22,3 b	38,2±4,4 b	39,2±4,7 c	275,4±24,9 c	Non rilevate a	0,02 b	0,90±0,19 b
Significatività	*	*	*	*	ns	*	*
<b>Tecnologia di Vinificazione * Modalità di affinamento</b>							
Tg	115,9±33,5 a,b	32,0±3,6 a	21,3±4,2 a	237,7±7,6 a	Non rilevate a	0,01 a	0,77±0,06 a,b
Tv	83,7±11,2 a	36,4±3,7 a	30,0±1,4 b	224,0±4,9 a	Non rilevate a	0,01 b	0,73±0,05 a,b
Ti	77,3±27,3 a	40,2±7,1 a	12,5±0,3 a	240,1±21,9 a,b	Non rilevate a	0,02 c	0,86±0,11 b
Td	99,8±19,0 a,b	37,3±5,7 a	34,8±1,1 c	253,1±7,7 b,c	Non rilevate a	0,02 c	0,76±0,11 a,b
Cg	96,6±19,3 a,b	33,6±1,4 a	29,6±1,3 b	239,9±15,7 a,b	Non rilevate a	0,02 b,c	0,67±0,12 a
Cv	83,7±11,2 a	36,3±3,9 a	30,0±0,5 b	265,6±1,8 c,d	Non rilevate a	0,03 e	1,25±0,24 d
Ci	109,4±11,2 a,b	36,4±4,2 a	38,9±2,6 d	281,7±1,8 d,e	Non rilevate a	0,02 d	1,04±0,06 c
Cd	119,1±22,6 b	39,4±1,3 a	43,7±0,8 e	297,8±10,3 e	Non rilevate a	0,02 d	1,10±0,10 c
Significatività	*	ns	*	*	ns	*	*

In colonna, nell'ambito delle tecnologie di produzione, o delle modalità di affinamento o del loro effetto combinato, a diverse lettere corrispondono differenze significative ( $p < 0.05$  - LSD test). T- vinificazione in bianco tradizionale; C - vinificazione con criomacerazione; g - anfora grezza, v - anfora vetrificata; i - anfora ingobbiata; d - vetro

cede per via diretta ma attraverso l'auto-ossidazione di alcuni composti fenolici il cui prodotto è un forte ossidante ( $H_2O_2$ ), responsabile a sua volta dell'ossidazione dell'etanolo (18). Le più elevate concentrazioni di  $SO_2$  combinata e, conseguentemente, i più bassi valori del rapporto  $SO_2$  libera/ $SO_2$  totale sono stati misurati nei vini affinati nelle anfore grezze e ingobbiate, probabilmente a causa della maggiore permeabilità all'ossigeno rispetto alle anfore vetrificate e, ovviamente, al vetro. Questo dato è in accordo con quanto già osservato in vini Falanghina (19).

**Acidi organici.** Dopo 12 mesi di affinamento, i contenuti in acido tartarico, malico, lattico, citrico e succinico sono risultati indipendenti dalla metodologia di vinificazione mentre l'acido acetico è stato quantificato in mag-

giore misura nei vini ottenuti secondo il metodo tradizionale, in accordo con i valori di acidità volatile (Tab. 2). L'effetto della modalità di maturazione/affinamento, sebbene significativo, non è facilmente interpretabile.

**Profili fenolici e attività antiossidante.** I vini ottenuti per criomacerazione in condizioni riducenti hanno mantenuto concentrazioni di acidi idrossicinnamiltartarici e di composti fenolici totali maggiori rispetto a quelli prodotti in maniera tradizionale grazie all'effetto inibente delle basse temperature e della combinazione acido ascorbico- $SO_2$  sulle polifenolossidasi (Tab. 3). Il tenore in proantocianidine è risultato inferiore al limite di rivelabilità, indipendentemente dalla tipologia di vinificazione e dalla modalità di affinamento, è un risultato atteso in quanto già altri au-

tori ne avevano osservato una notevole suscettibilità all'ossidazione (17, 20). Come era prevedibile, nei vini affinati in vetro si osservano le concentrazioni più elevate di tutte le classi di composti fenolici mentre le concentrazioni più basse sono state misurate nei vini maturati nelle anfore grezze stesse quelle più permeabili all'ingresso dell'aria. Le anfore vetrificate ed ingobbiate hanno dato risultati intermedi.

I vini ottenuti per criomacerazione in ambiente riducente hanno fatto registrare valori di attività antiossidante significativamente più elevati di quelli prodotti con il metodo tradizionale e, in fase di maturazione/affinamento, solo le anfore grezze hanno determinato una significativa riduzione della capacità antiossidante. Per quanto riguarda i profili fenolici (Tab. 4), la criomacerazione e l'ambiente

riducente hanno consentito di ottenere una maggiore estrazione e protezione di tutti i composti identificati, ad eccezione della catechina e dell'epigallocatechina gallata, presenti in concentrazioni rilevabili solo nei vini ottenuti mediante vinificazione in bianco tradizionale. In questi ultimi, l'epigallocatechina e l'acido ferulico erano al di sotto del limite di rivelabilità.

## Ulteriori considerazioni

**Possibilità di discriminare i vini in funzione delle modalità di produzione e maturazione/affinamento.** L'analisi delle componenti principali è stata applicata ai dati sperimentali con l'obiettivo di evidenziare la possibilità di raggruppare i vini in funzione della tipologia di vinificazione e della modalità

**Tab. 4 - Effetto singolo e combinato delle tecnologie di vinificazione e delle modalità di affinamento sui profili fenolici di vini Bombino bianco a 12 mesi dalla svinatura**

Tecnologia di vinificazione	Ac gallico (mg/l)	Epigallocatechina (mg/l)	Catechina (mg/l)	Ac. Clorogenico (mg/l)	Ac. Caffeico (mg/l)	Epigallocatechina gallata (mg/l)	Ac. Ferulico (mg/l)	Epicatechina gallata (mg/l)
<b>Tecnologia di vinificazione</b>								
T	2,0±0,5 a	Non rilevata a	22,9±2,6 b	22,6±5,9 a	1,2±0,4 a	1,6±0,5 a	Non rilevato a	4,6±0,8 a
C	4,0±0,9 b	66,5±18,4 b	Non rilevata a	34,4±3,6 b	3,0±1,3 b	Non rilevato a	1,7±0,8 b	13,3±1,8 b
Significatività	ns	ns	*	*	ns	*	*	
<b>Modalità di affinamento</b>								
g	2,9±1,0 a	55,0±5,5 a, b	20,8±2,0 a	29,6±2,3 b	1,2±0,7 a	1,1 a	0,9±0,2 a	9,7±5,6 b
v	3,1±1,7 a,b	45,2±27,8 a	23,3±1,3 a	24,5±10,8 a	1,3±0,3 a	1,0±0,1 a	0,8±0,1 a	9,8±6,4 b
i	3,5±2,1 b	58,6±2,9 b	25,9±1,7 a	30,9±5,4 b	2,1±0,8 b	1,8±0,3 a, b	1,7±0,2 b	9,8±6,2 b
d	2,8±0,6 a	86,8±4,5 c	22,3±2,7 a	29,6±8,6 b	2,9±1,5 c	1,8±0,4 b	2,5±0,3 c	8,3±3,5 a
Significatività	*	*	ns	*	*	*	*	*
<b>Tecnologia di Vinificazione * Modalità di affinamento</b>								
Tg	2,0±0,2 a,b	Non rilevata a	20,8±2,0 b	32,2 c,d	0,6±0,1 a	1,1 b	Non rilevato a	3,3 a
Tv	1,7 a	Non rilevata a	23,3±1,3 b	15,1±0,7 a	1,1±0,1 b	1,0±0,1 b	Non rilevato a	4,3±0,4 a,b
Ti	1,7 a	Non rilevata a	25,9±1,7 b	26,7±3,8 c	1,4±0,1 b,c	1,8±0,3 b,c	Non rilevato a	4,5±0,6 a,b
Td	2,4±0,5 b	Non rilevata a	22,3±2,7 b	21,8±3,1 b	1,5±0,3 b,c	1,8±0,4 c	Non rilevato a	5,1±0,7 b
Cg	3,7±0,1 c	70,3±2,4 b,c	Non rilevato a	28,3±0,8 c	1,8±0,1 c	Non rilevata a	0,9±0,2 b	13,0±0,3 d
Cv	4,6±0,4 d	67,0±1,9 b	Non rilevato a	33,8±0,8 d,e	1,6±0,1 c	Non rilevata a	0,8±0,1 b	15,3±0,8 e
Ci	5,2±0,1 d	68,7±2,4 b,c	Non rilevato a	35,2±0,1 d,e	2,8±0,3 d	Non rilevata a	1,7±0,2 c	15,2±0,4 e
Cd	3,2±0,4 c	67,8±1,2 b	Non rilevato a	37,4±0,9 e	4,3 e	Non rilevata a	2,5±0,3 d	11,6±0,4 c
Significatività	*	*	*	*	*	*	*	*

In colonna, nell'ambito delle tecnologie di produzione, o delle modalità di affinamento o del loro effetto combinato, a diverse lettere corrispondono differenze significative ( $p < 0,05$  - LSD test). T - vinificazione in bianco tradizionale; C - vinificazione con criomacerazione; g - anfora grezza, v - anfora vetrificata; i - anfora ingobbiata; d - vetro

di maturazione/affinamento, ma anche allo scopo di valutare la capacità discriminante degli indici analitici misurati. La Fig. 1a mostra proprio la proiezione dei campioni sul piano dei primi due fattori che spiegano, rispettivamente, il 36,87 e il 25,35% della variabilità dei dati.

La distanza tra i punti nel piano fattoriale è direttamente proporzionale alla differenza tra i campioni rappresentati da quei punti. I vini risultano chiaramente separati in base alla tecnologia di vinificazione applicata. Infatti, quelli ottenuti per vinificazione tradizionale sono tutti collocati nel semipiano individuato dai valori negativi della Componente 1, mentre quelli prodotti per criomacerazione in condizioni riducenti si trovano nel semipiano individuato dai valori positivi della Componente 1. Nell'ambito di ciascuna tecnologia di vinificazione, i campioni sono stati chiara-

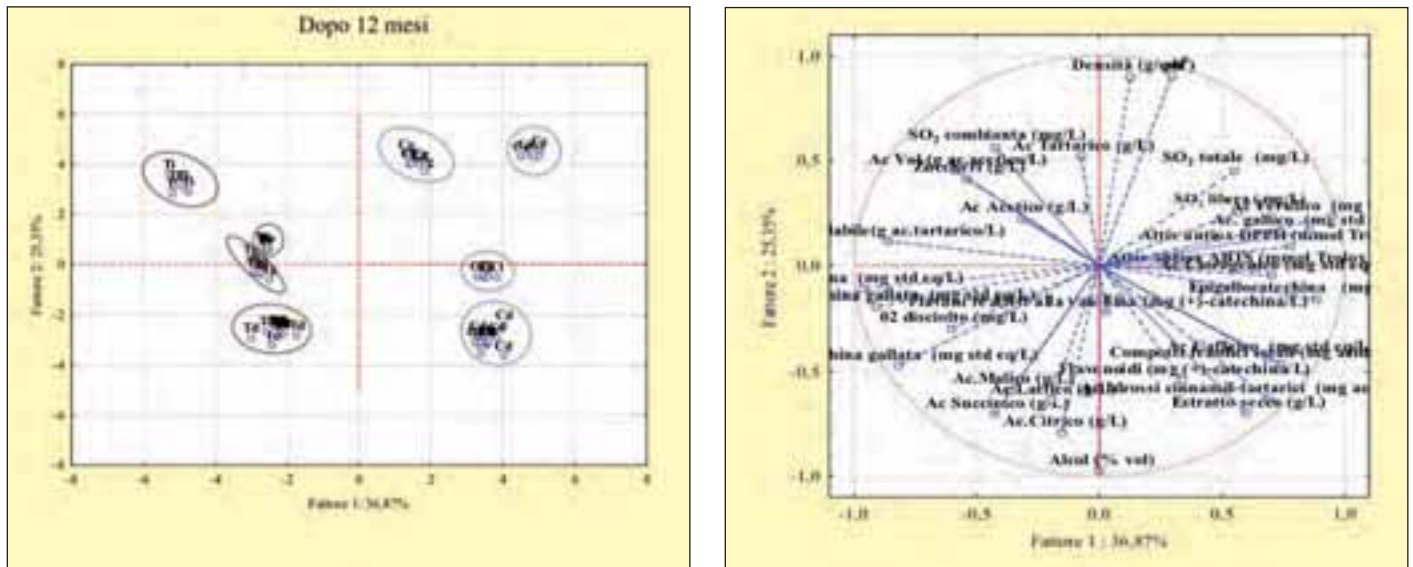
mente e omogeneamente raggruppati in funzione della modalità di maturazione/affinamento. I vini prodotti secondo la tecnologia tradizionale e maturati nelle anfore grezze ed ingobbiate o affinati in vetro hanno mostrato valori pressoché identici rispetto alla Componente 1. Tra questi, i vini maturati nelle anfore grezze ed ingobbiate hanno mostrato valori simili anche rispetto alla Componente 2, risultando quindi molto vicini tra loro nel piano ad indicare che le due tipologie di contenitore conferiscono caratteristiche analoghe ai vini in essi contenuti. Nell'ambito dei vini prodotti per criomacerazione in ambiente riducente, i vini affinati in vetro e quelli maturati nelle anfore ingobbiate sono risultati molto vicini. La proiezione sul piano fattoriale delle variabili analitiche considerate è riportata nella Fig. 1b. All'aumentare della distanza delle variabili

dal centro del piano, aumenta la loro capacità discriminante. Dall'osservazione della collocazione delle variabili, si evince che la gran parte di esse è lontana dal centro del piano e può ragionevolmente essere impiegata nella classificazione e discriminazione dei campioni di vino.

## Conclusioni

Riassumendo, le tecnologie di vinificazione e le modalità di maturazione/affinamento si sono rivelati utili strumenti nella diversificazione dei vini prodotti a partire da uve Bombino bianco. La criomacerazione in ambiente riducente ha amplificato le caratteristiche varietali, le quali sono state meglio preservate nel corso dell'affinamento in vetro. La peggiore evoluzione degli indici analitici considerati è stata osservata nei vini maturati nelle anfore grezze a causa degli eccessivi scambi gassosi. ■

**Fig. 1 - Applicazione della PCA per evidenziare l'effetto combinato della tecnologia di vinificazione e della modalità di affinamento sulle caratteristiche di vini Bombino bianco a 12 mesi dalla svinatura: a) proiezione dei campioni e b) proiezione delle variabili analitiche considerate sul piano fattoriale**



T - vinificazione in bianco tradizionale; C - vinificazione con criomacerazione; g - anfora grezza, v - anfora vetrificata; i - anfora ingobbata; d - vetro

## Riferimenti bibliografici

- (1) Baiano, A., Varva, G., De Gianni, A., Terracone, C., Viggiani, I., Del Nobile, M. A. (2013) - Effects of different vinification technologies on physico-chemical properties and antioxidant activity of 'Falanghina' and 'Bombino bianco' wines - European Food Research and Technology, 237, 209-221.
- (2) Ortiz-Julien, A. (2012) - Method for preventing defective ageing of white wines - Patent US 8268372 B2.
- (3) Ardilouze, C - Reductive vinification of white and rosé wines: the question of must extraction - Int. J. Vitic. Enol. 13, 1-9, www.infowine.com
- (4) Corona O. (2010) Wine-making with protection of must against oxidation in a warm, semi-arid terroir - South African Journal of Enology and Viticulture, 31, 58-63.
- (5) Proestos, C., Bakogiannis, A., Psarianos, C., Koutinas, A. A., 462 Kanellaki, M., & Komaitis, M. (2005) - High performance liquid chromatography analysis of phenolic substances in Greek wines - Food Control, 16, 319-323.
- (6) Recamales, Á. F., Sayago, A., González-Miret, M. L., & Hernanz, D. (2006) - The effect of time and storage conditions on the phenolic composition and colour of white wine - Food Research International, 39, 220-229.
- (7) Kallithraka, S., Salacha, M. I., Tzourou, I. (2009) - Changes in phenolic composition and antioxidant activity of white wine during bottle storage: Accelerated browning test versus bottle storage - Food Chemistry, 113, 500-505.
- (8) Regolamento (CEE) n. 2676/90 della Commissione, del 17 settembre del 1990, che determina i metodi d'analisi comunitari da utilizzare nel settore del vino - Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee, L272, 1-192.
- (9) Baiano, A., Terracone, C. (2011) - Varietal differences among the phenolic profiles and antioxidant activities of seven table grape cultivars grown in the south of Italy based on chemometrics - Journal of Agriculture and Food Chemistry, 59, 9815-9826.
- (10) Singleton, V.L., Rossi, J.A. (1965) - Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents - American Journal of Enology and Viticulture, 16, 144-158.
- (11) Di Stefano, R., Cravero, M. C., Gentilizi, N. (1989) - Metodi per lo studio dei polifenoli dei vini - L'Enotecnico, 5, 83-89.
- (12) Di Stefano, R., Cravero, M.C. (1991) - Metodi per lo studio dei polifenoli delle uve - Rivista di Viticoltura ed Enologia, 2, 37-43.
- (13) Revilla, E., Ryan, J.M. (2000) - Analysis of several phenolic compounds with potential antioxidant properties in grape extracts and wines by high-performance liquid chromatography-photodiode array detection without sample preparation - Journal of Chromatography A, 881, 461-469.
- (14) Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. (1995) - Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity - Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie, 28, 25-30
- (15) Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999) - Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay - Free Radical Biology and Medicine, 26, 1231-1237.
- (16) Baiano, A., Terracone, C., Longobardi, F., Ventrella, A., Agostiano, A., Del Nobile, M.A. (2012) - Effects of different vinification technologies on physical and chemical characteristics of Sauvignon blanc wines - Food Chemistry, 135, 2694-2701.
- (17) Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., Lonvaud, A. (2000) - Handbook of Enology - The microbiology of wine and vinifications, Vol. 1. Chichester, UK: Wiley & Sons.
- (18) Wildenradt, H. L., Singleton, V. L. (1974) - The production of aldehydes as a result of oxidation of polyphenolic compounds and its relation to wine aging. American Journal of Enology and Viticulture, 25, 119-126.
- (19) Baiano, A., Varva, G., De Gianni, A., Viggiani, I., Terracone, C., Del Nobile, M.A. (in press) - Influence of type of amphorae on physico-chemical properties and antioxidant capacity of 'Falanghina' white wines - Food Chemistry.
- (20) Weinges, K., Piretti, M.V. (1972) - Sull'imbrunimento dei vini bianchi. Nota I. Influenza dei polifenoli - Annali Chimica, 62, 45-46.