

I descrittori sensoriali ed i componenti volatili ad elevato impatto olfattivo dell'aroma del vino Fiano

LUIGI MOIO - LAURA DI MARZIO - ALESSANDRO GENOVESE - PAOLA PIOMBINO - EMILIA SQUILLANTE - LUCIANA CASTELLANO - VINCENZO MERCURIO

Gli Autori sono del Dipartimento di Scienza degli Alimenti, Università degli Studi di Napoli Federico II, Facoltà di Agraria - 80055 Portici

Introduzione

Il Fiano, antico vitigno meridionale, coltivato sin dall'epoca romana nella provincia di Avellino, costituisce la base produttiva della denominazione di ori-

gine controllata Fiano di Avellino. L'originalità del vino prodotto dall'uva Fiano risiede in un aroma varietale molto tipico, facilmente riconoscibile dai degustatori ma di difficile descrizione. La nota odorosa dominante che spesso

viene associata al Fiano di Avellino, è la nocciola tostata, come dimostrato dalle frequenze di citazione di alcuni descrittori sensoriali, impiegati nella letteratura enologica divulgativa (Fig. 1). Tuttavia l'odore di nocciola tostata, presente an-

RIASSUNTO

È stato condotto uno studio sull'aroma del vino Fiano mediante analisi sensoriale descrittiva, gas-cromatografia/olfattometria (GC/O) e gas-cromatografia/spettrometria di massa (GC/MS). I principali descrittori d'aroma del vino Fiano sono i risultati i seguenti: mela, banana, tiglio, ginestra, menta, nocciola, mandorla e miele. Inoltre, nel corso della conservazione del vino in bottiglia è stata riscontrata una diminuzione della frequenza di citazione delle note odorose di mela e banana ed un aumento della frequenza di citazione dei descrittori finocchio, menta, tiglio, ginestra, pera, nocciola, mandorla, acacia e miele, indicando che la complessità aromatica di questo vino aumenta con il procedere dell'invecchiamento, almeno fino al diciottesimo mese di età.

L'aromagramma del Fiano è risultato caratterizzato da 39 picchi odorosi. Le molecole volatili con maggiore attività odorosa sono risultate le seguenti: 3- e 2-metil-1-butanolo (erbaceo e/o cimice schiacciata), 2-feniletanolo (rosa), 4-vinilgualacolo (fumè e/o legno bruciato), acido fenilacetico (miele), butanoato di etile (kiwi maturo), esanoato di etile (mela), acido 3-metil butanoico (formaggio), β -damascenone (tè), furanolo (confetture di fragola), diacetile (burro), 3-metilbutil acetato (banana), 1-butanolo (erba sfalcata), acido butanoico (formaggio), acetofenone (fiori d'acacia e/o miele), 4-erilfenolo (sudore di cavallo), 2-metil-etil butanoato (frutti rossi), 3-metil-etil butanoato (ananas e/o albicocca), ottanoato di etile (ananas), acido acetico (aceto), 1-octen-3-olo (funghi) e linalolo (fiori d'arancio), 3-metil-tio-1-propanolo (patate lesse), acido esanoico (formaggio), acido ottanoico (formaggio), cinnamato di etile (ciliegia) e fenilacetaleide (fiori d'arancio).

L'intensità olfattiva dei picchi che contribuiscono alle note odorose di frutta è risultata diminuire durante l'invecchiamento del vino. Al contrario, durante 18 mesi di conservazione del vino in bottiglia è stato osservato un incremento dell'indice olfattometrico relativo ai picchi: fiori d'acacia e/o miele d'acacia (acetofenone), burro (diacetile), zucchero caramellizzato, spezie e/o frutta secca e cuoio bagnato. Più stabili, invece, sono risultati gli indici olfattometrici dei picchi relativi agli odori di cimice schiacciata e/o erbaceo (2- e 3-metil-1-butanolo), aceto (acido acetico), formaggio (acido butanoico), tè (β -damascenone), rosa (2-feniletanolo).

Le modifiche d'aroma subite dal vino Fiano, durante l'invecchiamento, riflettono la naturale evoluzione dell'aroma del vino bianco, basata essenzialmente sull'attenuazione delle note odorose fruttate, a causa dell'idrolisi degli esteri di origine fermentativa responsabili di tali odori e sull'incremento degli odori floreali, di frutta secca e di miele, dovuto al rilascio di agliconi odorosi e/o all'accumulo di prodotti di degradazione dei carotenoidi.

SUMMARY

FIANO OF AVELLINO WINE AROMA WAS STUDIED BY MEANS OF SENSORY DESCRIPTIVE ANALYSIS, GAS-CHROMATOGRAPHY/OLFACTOMETRY (GC/O) AND GAS-CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY (GC/MS).

The odours with the greatest citation frequency in Fiano wine were those associated with descriptors such as apple, banana, lime flower, mint and dried fruit. During bottle ageing of the wine, a decrease in the citation frequency of apple and banana descriptors and an increase in the citation frequency of descriptors: wild fennel, mint, lime flower, broom, pear, hazelnut, almond, acacia and honey, were found, indicating that the aromatic complexity of this wine increases with ageing, at least until the eighteenth month.

By olfactometric analysis of the wine extracts, 39 odour-impact compounds were detected and identified by GC/MS. 3- and 2-methyl-1-butanol (herbaceous, squashed bug), 2-phenylethanol (rose), 4-vinyl guaiacol (smoky, burnt wood), phenylacetic acid (beeswax, honey), ethyl butanoate (ripe kiwi), ethyl hexanoate (apple), 3-methylbutanoic acid (cheese), β -damascenone (tea), furanole (strawberry jam), diacetyl (butter), 3-methylbutyl acetate (banana), 1-butanol (herbaceous), butanoic acid (cheese), acetophenone (acacia flower, acacia honey), 4-ethylphenol (horse sweat), 2-methylethyl butanoate (red fruit), 3-methylethyl butanoate (pineapple, apricot), ethyl octanoate (pineapple), acetic acid (vinegar), 1-octen-3-ol (mushroom), linalool (orange flowers) and 3-methyl thio-propanol (boiled potato) were the key odorants of the Fiano wine.

The odour intensity of peaks that contributed to the fruity notes decreased during wine ageing. On the contrary, during this period an increase in the olfactometric index of peaks corresponding to: acacia flower and/or acacia honey (acetophenone), butter (diacetyl), caramel, spicy and/or dried fruit and wet leather, were observed. The olfactometric indices of herbaceous, squashed bug (3- and 2-methyl-1-butanol), vinegar (acetic acid), cheese (butanoic acid), tea (β -damascenone) and rose (2-phenylethanol) odours peaks, were more stable.

Modification of Fiano wine aroma during bottle ageing reflects the natural evolution of white wines, essentially based on the decrease of fruity notes, due to the hydrolysis of esters formed during alcoholic fermentation, and on the increase of floral, dried fruits and honey notes, caused by the release of odorous aglycons and/or the increase of carotenoid degradation products.



che in molti vini bianchi con almeno più di un anno di invecchiamento, ad una degustazione meno empirica del vino Fiano non risulta evidente e dominante, più importante, invece appare il carattere floreale di questo vino probabilmente legato ad una significativa presenza di composti terpenici.

Gli unici dati analitici disponibili in letteratura, sui componenti volatili del vino Fiano, si riferiscono all'identificazione, mediante l'accoppiamento gas-cromatografia/spettrometria di massa, di circa 60 componenti quasi tutti di origine fermentativa (Vitagliano, 1989). Concentrazioni significative di composti terpenici liberi e legati in forme glucosio-



Figura 1 - Descrittori di aroma del vino Fiano di Avellino riportati nella letteratura enologica divulgativa.

diche sono, invece, state riscontrate per l'uva Fiano coltivata in alcune zone della Puglia evidenziando il carattere di "uva aromatica" di questa *cultivar* (Gallone, 1993).

Nonostante il carattere aromatico potenziale dell'uva, la riuscita di un Fiano di elevata qualità non è, tuttavia, sistematica; suolo, maturità dell'uva, epoca di raccolta, condizioni di estrazione del mosto, operazioni prefermentative, modalità di conduzione della fermentazione alcolica e della degradazione malolattica, possono intervenire sull'espressione del potenziale aromatico dell'uva. Pertanto, la conoscenza della natura delle molecole responsabili della tipicità aromatica del Fiano e dei meccanismi che ne determinano l'espressione, sono aspetti fondamentali per ottimizzare il processo tecnologico di produzione di questo vino. In questo lavoro vengono riportati i risultati relativi all'individuazione dei descrittori dell'aroma del vino Fiano ed alla identificazione delle molecole volatili con elevato impatto olfattivo mediante gas-cromatografia/olfattometria (GC/O) e gas-cromatografia/spettrometria di massa (GC/MS).

Materiali e metodi

Preparazione dei vini

I vini sono stati ottenuti da uve Fiano di Avellino provenienti da 10 differenti vigneti compresi nella zona di produzione DOC.

L'uva integra, raccolta in corrispondenza della piena maturazione, è stata sottoposta a pressatura soffice mediante una pressa orizzontale pneumatica della capacità di 80 q. Il mosto di sgrondo, addizionato di 30 mg/l di SO_2 , è stato raffreddato alla temperatura di 10-12 °C e, dopo 24 ore, il 50% di mosto limpido

(NTU=120) è stato prelevato dalla parte superiore del serbatoio di decantazione e trasferito in serbatoi completamente termocondizionati alla temperatura di 10 °C. Il rimanente 50% di mosto è stato filtrato mediante un filtro sotto vuoto a farina fossile in modo da ottenere un mosto con un grado di torbidità nefelometrica pari a 10 NTU. Quest'ultimo è stato inoculato con LSA (lievito secco attivo) e, a fermentazione avviata, è stato colmato con il mosto di decantazione statica (NTU=120). La fermentazione alcolica, condotta alla temperatura costante di 16 °C, si è completata in 15-20 giorni.

Al termine della fermentazione alcolica i vini sono stati inoculati con batteri malolattici allo scopo di ottenere una precoce degradazione dell'acido malico. Al completamento della fermentazione malolattica, i vini sono stati solforati con 30 mg/l di SO_2 e sottoposti a filtrazione.

Analisi sensoriale

Per l'analisi sensoriale dei vini è stata utilizzata una giuria costituita da 8 soggetti, selezionati ed addestrati. I vini sono stati sottoposti all'analisi sensoriale dopo 6, 12 e 24 mesi di conservazione in bottiglia a 12 °C.

È stata eseguita un'analisi descrittiva dell'odore (via nasale diretta) e dell'aroma (via retronasale) con la tecnica del vocabolario libero. Durante l'analisi descrittiva dell'odore e dell'aroma del vino è stato chiesto ai giudici di utilizzare non più di 5 descrittori e di non impiegare termini edonistici del tipo piacevole, fine, gradevole, fragrante, elegante, complesso, fresco, piatto, magro; oppure termini riferiti a caratteristiche gustative come dolce, amaro, salato, metallico; nonché quelli legati ad inconvenienti di natura tecnologica quali ridotto, ossidato, feccioso, maderizzato.

I profili aromatici dei vini sono stati elaborati in base alla frequenza di citazione dei descrittori principali.

Analisi dei vini

Le comuni analisi (alcol, zuccheri riduttori, estratto secco, SO_2 libera, SO_2 totale, pH, acidità totale, acidità volatile) sono state eseguite secondo i metodi ufficiali (Regolamento CEE n. 2676/90). Gli acidi lattico, malico e citrico insieme alla glicerina sono stati determinati per via enzimatica (Boehringer, Mannheim, 1983). L'acido tartarico è stato dosato con il metodo Rebelein (Rebelein 1973). I polifenoli totali sono stati dosati per via colorimetrica (Singleton e Rossi, 1965), le catechine secondo i metodi riportati da Margheri e Falcesi (1972).

Estrazione e concentrazione dei componenti volatili

200 ml di vino sono stati estratti con 20 ml di diclorometano distillato in un apposito contenitore di vetro mantenuto alla temperatura di 2-3 °C. L'emulsione, recuperata dopo 1 ora di estrazione, è stata congelata a -20 °C. La fase organica, dopo scongelamento, è stata recuperata mediante un imbuto separatore, disidratata con Na_2SO_4 anidro, filtrata su lana di vetro e concentrata fino al volume di 1 ml mediante un flusso di azoto di 0,5 ml/min (Moio & Etievant, 1995).

Gas-Cromatografia (GC)

Le analisi gas-cromatografiche sono state realizzate mediante un gas-cromatografo HP 5890 series II (Hewlett-Packard, Avondale, PA 19311, USA) munito di un iniettore *split-splitless*, di un rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID) e di una colonna capillare in silice fusa DB-Wax (30m 0,32 mm; spessore del film 0,5 μm ; J&W Scientific Inc., Folsom, CA 95630, USA). La temperatura del forno è stata programmata da 40 a 220 °C, con un incremento di 4 °C al minuto. La temperatura del rivelatore a ionizzazione di fiamma è stata mantenuta costante a 250 °C e quella dell'iniettore a 250 °C. La velocità di flusso dell'elio, utilizzato come gas di trasporto, è stata fissata a 37 cm/s.

Gas-cromatografia/olfattometria (GC/O)

La metodica impiegata, denominata ED-

Tabella 1
Determinazione analitiche effettuate su 10 campioni di vino Fiano al momento dell'analisi sensoriale

Determinazione	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Alcol dist (% vol)	13,17	12,9	13,1	13,2	12,95	12,8	13	12,7	12,9	13
Zuccheri riduttori (g/l)	1,65	1,95	1,6	1,5	2,1	2,31	1,8	,35	2,4	1,9
Estratto secco (g/l)	20,1	20	21,15	21,95	19,1	18,6	20,11	1,1	19,8	21,12
SO2 libera	44,8	35,2	40,1	39	36	41,2	42,5	0,2	36,5	38,1
SO2 totale	104,96	98,1	101,2	95,15	90,3	103,8	108,1	95,31	96,2	7,3
pH	3,48	3,35	3,41	3,31	3,35	3,42	3,46	,31	3,34	3,36
Ac. totale (g/l)	5,21	5,85	5,55	6,15	6,1	5,81	5,91	,1	5,75	5,86
Ac. volatile (g/l di ac. Acetico)	0,32	0,35	0,37	0,29	0,32	0,34	0,4	0,31	0,28	0,37
Ac. malico (g/l)	0,3	0,12	0,18	0,21	0,15	0,09	0,25	0,31	0,09	0,07
Ac. lattico (g/l)	2,31	2,65	2,61	2,41	2,32	2,71	2,21	,31	2,41	2,32
Ac. tartarico (g/l)	2,32	2,31	2,42	2,79	2,85	2,66	2,41	2,57	2,38	2,51
Glicerina (g/l)	6,2	6,5	6,7	6,8	6,8	6	,2	6,3	,5	6,9
DO 420 nm	0,118	0,092	0,096	0,101	0,108	0,098	0,11	,091	0,098	0,111
Polifenoli totali (mg/l)	216,36	220,5	222,36	204,41	196,23	200,48	198,2	199,21	189,1	190,3
Catechine 280 nm	38,71	37,51	38,24	36,22	39,29	38,08	36,35	9,22	38,1	39,73
IFC	5,23	5,1	5,2	4,98	5,38	5,02	4,87	5,39	5,21	5,41
IF 280 nm	4,94	4,87	4,9	4,58	5,01	4,91	4,75	,83	4,91	4,99

SA (Extract Dilution Sniffing Analysis), consiste nell'iniettare in una colonna gas-cromatografica diluizioni crescenti di un estratto aromatico ed annusare di continuo l'effluente della colonna cromatografica inviato ad una uscita riscaldata e umidificata mediante una corrente di aria umida (Ullrich e Grosch, 1987). Riunendo in un unico istogramma le risposte odorose positive ottenute durante l'annusamento dell'effluente gas-cromatografico si ottiene un istogramma i cui picchi sono caratterizzati da un indice olfattometrico proporzionale al rapporto tra le concentrazioni di ciascuna molecola e la propria soglia di percezione (Moio, 1995). L'analisi GC/O è stata effettuata mediante un gas-cromatografo HP 5890 series II (Hewlett-Packard, Avondale, PA 19311, USA), adottando le stesse condizioni operative descritte per l'analisi gas-cromatografica.

Gas-cromatografia-spettrometria di massa (GC-MS)

L'identificazione dei componenti volatili è stata effettuata mediante uno spettrometro di massa HP 5972 (Hewlett-Packard, Avondale, PA 19311, USA), dotato di una sorgente ad impatto elettronico (70 eV, 280 °C) ed analizzatore a quadrupolo interfacciato con un gas-cromatografo HP 5890 (Hewlett-Packard, Avondale, PA 19311, USA). Il gas-cromatografo era equipaggiato con una colonna capillare in silice fusa DB-Wax (30

m, 0,25 mm i.d., 0,25 µm film thickness; J&W Scientific Inc., Folsom, CA 95630, USA) direttamente collegata alla sorgente ionica dello spettrometro. Sono state utilizzate le medesime condizioni gas-cromatografiche descritte per l'analisi GC. I composti volatili sono stati identificati mediante confronto degli spettri sperimentali con quelli riportati nella libreria NIST/EPA/NIH Mass Spectral/Win (1998) e con quelli ottenuti iniettando composti di riferimento puri.

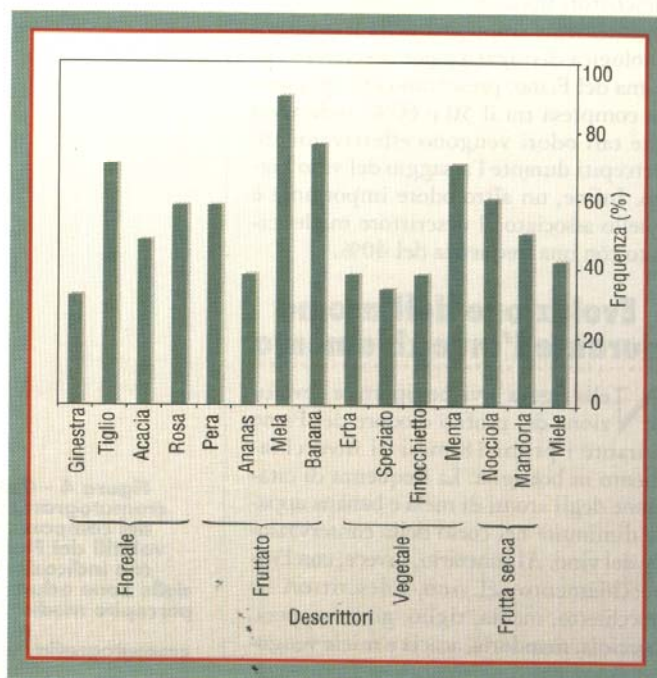
Risultati e discussione

Caratteristiche analitiche dei vini al momento delle analisi sensoriali e strumentali.

Nella tabella 1 vengono riportati i dati analitici dei vini al momento delle analisi sensoriali e strumentali.

Il grado alcolico oscilla tra 12,7 e 13,2 indicando l'ottima maturazione dell'uva Fiano nelle zone di produzione di origine.

Figura 2 -
Frequenza di citazione dei descrittori d'aroma del vino Fiano ottenuti mediante analisi sensoriale di 10 campioni condotta da 8 giudici addestrati.



Il valore degli zuccheri residui è risultato inferiore a 2,4 g/l, per tutti i vini analizzati. L'estratto secco netto è compreso tra 18 e 22 g/l, l'acidità totale tra 5,21 e 6,15 e l'acidità volatile tra 0,28 e 0,4 g/l. La quantità di acido malico, inferiore a 0,3 g/l, indica che tutti i vini hanno svolto la degradazione malolattica. I polifenoli totali mediamente sono risultati pari a 203,7 mg/l ed il livello di catechine pari a 38,14 mg/l. Infine gli indici IFC e IF 280 nm sono risultati, rispettivamente, pari a 5,18 e 4,87, mentre l'esrinzione a 420 nm è risultata pari a 0,1.

I descrittori d'aroma del Fiano di Avellino

La figura 2 mostra l'istogramma delle frequenze di citazione dei descrittori d'aroma, citati almeno 60 volte dai giudici durante 3 sedute di analisi descrittiva qualitativa dell'aroma di 10 campioni differenti di vino Fiano di Avellino di 6 mesi di età. Gli odori riscontrati con maggior frequenza sono risultati associati ai descrittori mela (85%) e banana (75%). Una elevata frequenza di citazione è stata riscontrata anche per gli odori floreali, vegetali e di frutta secca. Tra gli odori floreali la frequenza più elevata è stata riscontrata per gli odori di timo (70%) e di rosa (55%), mentre tra le note vegetali risulta significativa la frequenza del descrittore menta (70%). I descrittori nocciola e mandorla, già frequentemente impiegati nella letteratura enologica divulgativa per descrivere l'aroma del Fiano, presentano una frequenza compresa tra il 50 e 60%, indicando che tali odori vengono effettivamente percepiti durante l'assaggio del vino Fiano. Infine, un altro odore importante è quello associato al descrittore miele, citato con una frequenza del 40%.

Evoluzione dell'aroma durante l'invecchiamento

Nella figura 3 viene riportata l'evoluzione del profilo d'odore del Fiano durante i primi 18 mesi di invecchiamento in bottiglia. La frequenza di citazione degli aromi di mela e banana appare diminuire nel corso della conservazione del vino. Al contrario, invece, con l'invecchiamento del vino, i descrittori finocchio, menta, timo, ginestra, pera, nocciola, mandorla, acacia e miele vengono citati con una maggiore frequenza.

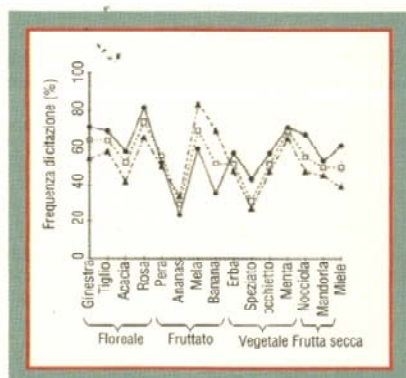


Figura 3 - Andamento delle frequenze di citazione dei principali descrittori di odore del Fiano durante l'invecchiamento del vino (- ▲ - 6; - ◻ - 12; - ● - 18 mesi).

Pertanto, dopo 18 mesi di invecchiamento in bottiglia, la complessità aromatica del vino appare maggiore e l'equilibrio tra i differenti descrittori d'aroma risulta spostato verso le note floreali.

Individuazione delle zone odorose del gas-cromatogramma

Nella figura 4 viene mostrato il gas-cro-

matogramma dei componenti volatili del Fiano con l'indicazione delle zone odorose percepite durante l'annusamento dell'effluente gas-cromatografico. Su 39 odori individuati, soltanto 8 (rosa, mela, banana, ananas, erba, speziato, nocciola e miele) corrispondono a descrittori forniti durante l'analisi sensoriale del vino (Fig. 2). Allo scopo di verificare l'effettiva percettibilità delle 39 zone odorose individuate durante l'analisi GC/sniffing, sei giudici addestrati hanno eseguito, in modo indipendente ed in tempi differenti, analisi GC/sniffing dell'estratto aromatico di Fiano. Le frequenze di citazione relative agli odori percepiti sono state riportate nella figura 5.

Una frequenza di citazione del 100% è stata riscontrata in corrispondenza dei seguenti tempi di ritenzione: 4,98 min. (burro); 9,35 (banana); 12,5 (cimice schiacciata, erbaceo); 15,79 (nocciola tostata); 34,97 (rosa); 42,27 (fumè, legno bruciato) e 50,79 (cera d'api, miele). Ciò significa che in corrispondenza di questi tempi di ritenzione tutti i giudici hanno percepito un odore. Una frequenza più bassa (80%) è stata riscontrata per le molecole eluite ai seguenti tempi: 4,03

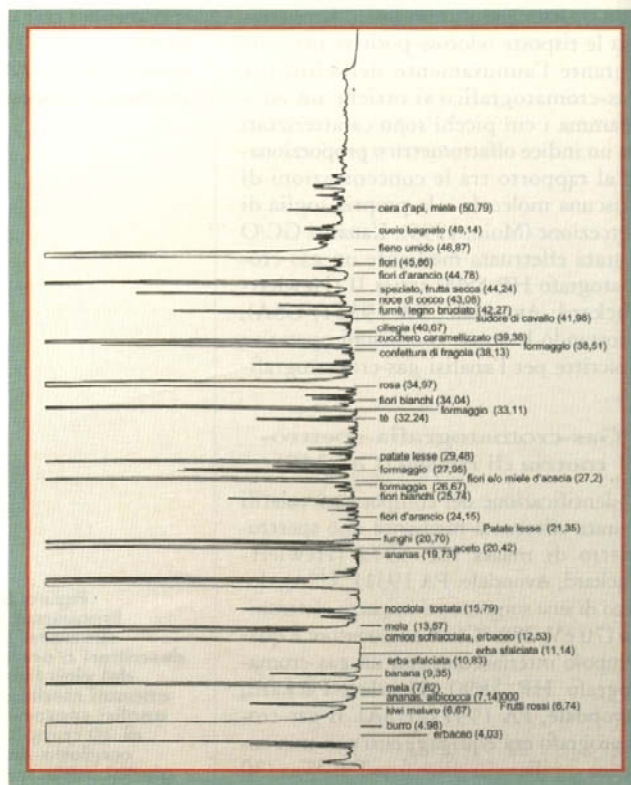


Figura 4 - Gas-cromatogramma dei componenti volatili del Fiano con indicazione delle zone odorose percepite mediante gas-cromatografia/sniffing.

Tabella 2

I principali componenti odorosi di impatto della frazione volatile del vino Fiano determinati mediante gas-cromatografia/olfattometria (EDSA).

N° picco*	t.r.	I.R.L.	Fattore Diluizione ¹	Frequenza di citazioni ²	Descrizione dell'odore ³	Componente ⁴
1	4,03		25	83,3	erbaceo	N.I.
2	4,98	990	25	100	burro	Diacetile
3	6,67		125	33,3	kiwi maturo	Butanoato d'etile
4	6,74		5	50	frutti rossi	2-Metiletil butanoato
5	7,14	1043	5	50	ananas, albicocca	3-Metiletil butanoato
6	7,62		5	50	mela	NI
7	9,35	1132	25	100	banana	3-Metilbutil acetato
8	10,83	1170	25	83,3	erba sfalciata	1-butanolo
9	11,14	1209	1	33,3	erba sfalciata	N.I.
10	12,53	1223	625	100	cimice schiacciata, erbaceo	2 + 3-Metil-1-butanolo
11	13,57	1243	125	83,3	mela	Esanoato di etile
12	15,79	1315	625	100	nocciola tostata	N.I.
13	19,73	1439	5	50	ananas	Ottanoato di etile
14	20,42	1465	5	50	aceto	Acido acetico
14a	20,7	1470	5	33,3	funghi	1-Octan-3-olo
14b	21,35		1	50	patate lesse	N.I.
15	24,15	1553	5	66,6	fiori d'arancio	Linalolo
16	25,74		1	33,3	fiori bianchi	N.I.
17	26,67	1630	25	83,3	formaggio	Acido butanoico
17a	27,21	1638	25	66,6	fiori d'acacia, miele d'acacia	Acetofenone
18	27,95	1710	125	83,3	formaggio	Acido 3-metilbutanoico
19	29,48	1730	5	33,3	patate lesse	3-Metil-1-propanolo
20	32,24	1820	125	66,6	tè	b-Damascenone
21	33,11	1860	5	83,3	formaggio	Acido esanoico
22	34,04	1889	5	33,3	fiori bianchi	NI
23	34,97	1913	625	100	rosa	2-Feniletanolo
24	38,13	2069	125	83,3	confettura di fragola	Furaneolo
25	38,51		5	50	formaggio	Acido ottanoico
25a	39,38		5	66,6	zucchero caramellizzato	N.I.
26	40,67		5	50	ciliegia	Cinnamato di etile
27	41,98	2163	25	66,6	sudore di cavallo	4-Etilfenolo
28	42,27	2193	625	100	fumè, legno bruciato	4-Vinilguaiacolo
29	43,08	2229	25	66,6	noce di cocco	N.I.
30	44,24		5	33,3	speziato, frutta secca	N.I.
31	44,78		1	50	fiori d'arancio	Fenilacetaleide
31a	45,86		5	50	fiori	N.I.
32	46,87		125	50	fieno umido	N.I.
33	49,14	2533	125	66,6	cuoio bagnato	N.I.
34	50,79	2604	625	100	cera d'api, miele	Acido fenilacetico

* La numerazione è la stessa utilizzata per i picchi dell'aromagramma di Fig. 6.

t.r. = Tempo di ritenzione.

I.R.L. = Indice di ritenzione lineare.

¹ Calcolato dividendo il massimo volume analizzato per il più basso volume nel quale l'odore è stato percepito mediante GC/olfattometria.

² Ottenuta sottoponendo 6 giudici addestrati, ad un'analisi GC/sniffing.

³ Odore percepito annusando l'effluente gassoso della colonna gas-cromatografica.

⁴ Ciascun componente è stato identificato mediante GC/MS e coeluzione con sostanze di riferimento pure.

min (erbaceo); 10,83 (erba sfalciata); 13,57 (mela); 26,67 (formaggio); 27,95 (formaggio); 33,11 (formaggio); 38,13 (confettura di fragola). Una frequenza del 50% è stata riscontrata per i seguenti odori: frutti rossi (6,74 min); ananas e/o albicocca (7,14); mela (7,62); ananas (19,73); aceto (20,42); patate lesse (21,35); formaggio (38,51); ciliegia (40,67); fiori d'arancio (44,78); fieno umido (46,86).

In conclusione, 32 zone odorose su 39 hanno presentato una percettibilità su-

periore al 50% per cui effettivamente le molecole eluite in corrispondenza di ciascuno dei tempi di ritenzione, individuati mediante GC/O, sono odorosamente attive.

Determinazione dell'indice olfattometrico (FD) delle molecole odorose mediante analisi EDSA dell'estratto organico di vino Fiano.

L'aromagramma del Fiano è risultato caratterizzato da 39 picchi odorosi (Fig. 6).

I picchi 10, 23, 28, 34 e 12 hanno presentato il più elevato indice olfattometrico (Tab. 2). A tali picchi, corrispondono, rispettivamente, gli odori di cimice schiacciata e/o erbaceo, rosa, fumè e/o legno bruciato, cera d'api e/o miele e nocciola tostata.

L'odore di cimice schiacciata e/o erbaceo è stato associato alle molecole 3- e 2-metil-1-butanolo che nelle condizioni gas-cromatografiche adottate non risultano ben risolte, bensì eluite in un unico picco con indice di ritenzione lineare pari a 1223. Il 3-metil-1-butanolo è caratterizzato da una soglia di percezione di circa 20 volte inferiore a quella del 2-metil-1-butanolo (Rankine, 1968; Simpson, 1979), pertanto, dei due alcoli isoamilici, potrebbe essere quello maggiormente responsabile dell'odore di cimice schiacciata e/o erbaceo.

Il 2-feniletanolo, invece, è il componente responsabile dell'odore di rosa percepito in corrispondenza del picco 23.

Sia gli alcoli isoamilici che il 2-feniletanolo sono componenti volatili di natura fermentativa, prodotti dai lieviti attraverso la via di Erlich che consiste in una deaminazione seguita da una decarbossilazione e successiva riduzione degli aminoacidi leucina, isoleucina e fenilalanina. La concentrazione di questi componenti odorosi nel vino è fortemente influenzata dal ceppo di lievito (Schreier, 1979), dall'equilibrio tra le varie fonti azotate del substrato (Nykanen, 1986; Webb e Ingraham, 1963), dalla temperatura di fermentazione (Shinoara e Watanabe, 1979), dalle condizioni di anaerobiosi durante la fermentazione (Shinoara e Watanabe, 1979) e dal pH del mosto (Rankine, 1968).

In generale, il livello di alcoli superiori è correlato negativamente alla qualità del vino (Amerine e Roessler, 1976; Ribèreau-Gayon, 1978; Bidan, 1975), tuttavia bisogna distinguere il ruolo sensoriale degli alcoli isoamilici da quello del 2-feniletanolo. Gli alcoli isoamilici presentano un odore molto simile tra di loro e di difficile descrizione, esso ricorda l'erba fresca sfalciata, la cimice schiacciata, la vinaccia appena pressata e i distillati di vinaccia di qualità scadente. Tale odore, meglio definito come "odore amilico" (Dubois, 1993), è correlato negativamente alla qualità organolettica del vino, infatti un aumento della percettibilità di questi componenti è indicativo di

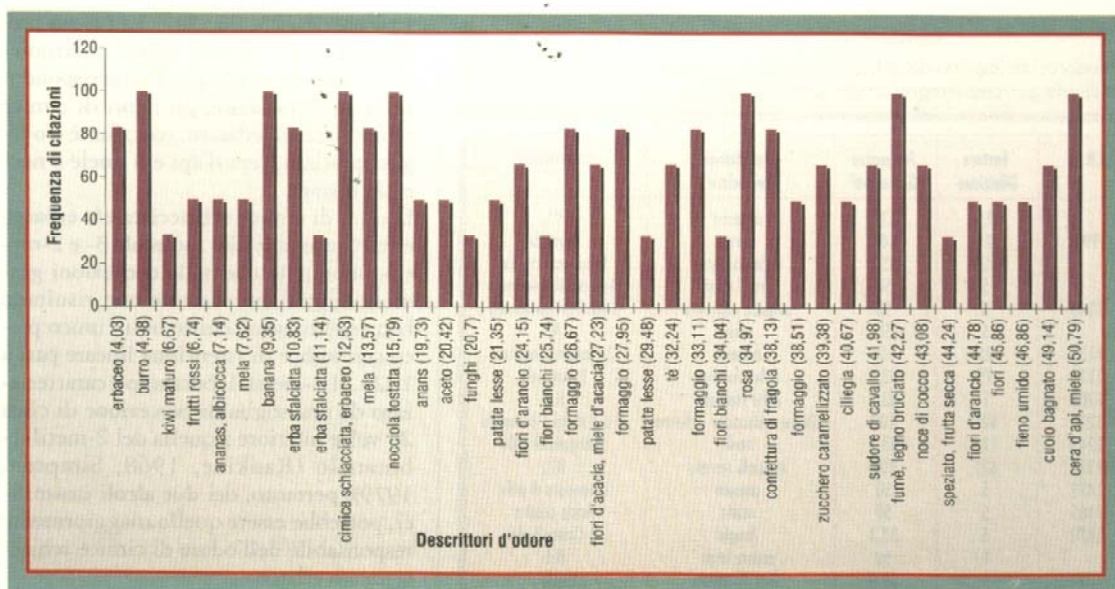


Figura 5 - Frequenze di citazione delle zone odorose del cromatogramma dell'estratto organico di Fiano percepite mediante analisi GC/sniffing da 6 giudici addestrati.

un decadimento qualitativo del suo aroma. Il 2-feniletanolo, invece, è caratterizzato da un gradevole odore di rosa, per cui il suo contributo all'aroma del vino è positivo ed insieme a componenti di natura terpenica contribuisce alle note floreali del vino. Tuttavia, come il 2- e 3-metil-1-butanolo, anche il 2-feniletanolo è di origine fermentativa ed essendo quindi presente in tutti i vini, non può

essere considerato un marcatore di tipicità aromatica varietale, anche se la *cultivar*, e quindi la composizione del mosto, può influenzarne il livello essendo presente anche come precursore glicosidico (Williams *et al.*, 1983). Gli alcoli isoamilici insieme al 2-feniletanolo possono, quindi, essere considerati i componenti volatili responsabili del fondo aromatico comune a tutti i vini e pertanto princi-

pali responsabili del cosiddetta "vinosità".

L'odore fumè e/o di legno bruciato del picco 28 è stato associato al 4-vinilguaiacolo (IRL=2193), già indicato come componente volatile importante dell'aroma del vino (Versini, 1985; Baumes, 1986; Moio *et al.*, 1993).

Tra i cinque picchi odorosi principali rientra anche il picco 34 il cui odore ri-

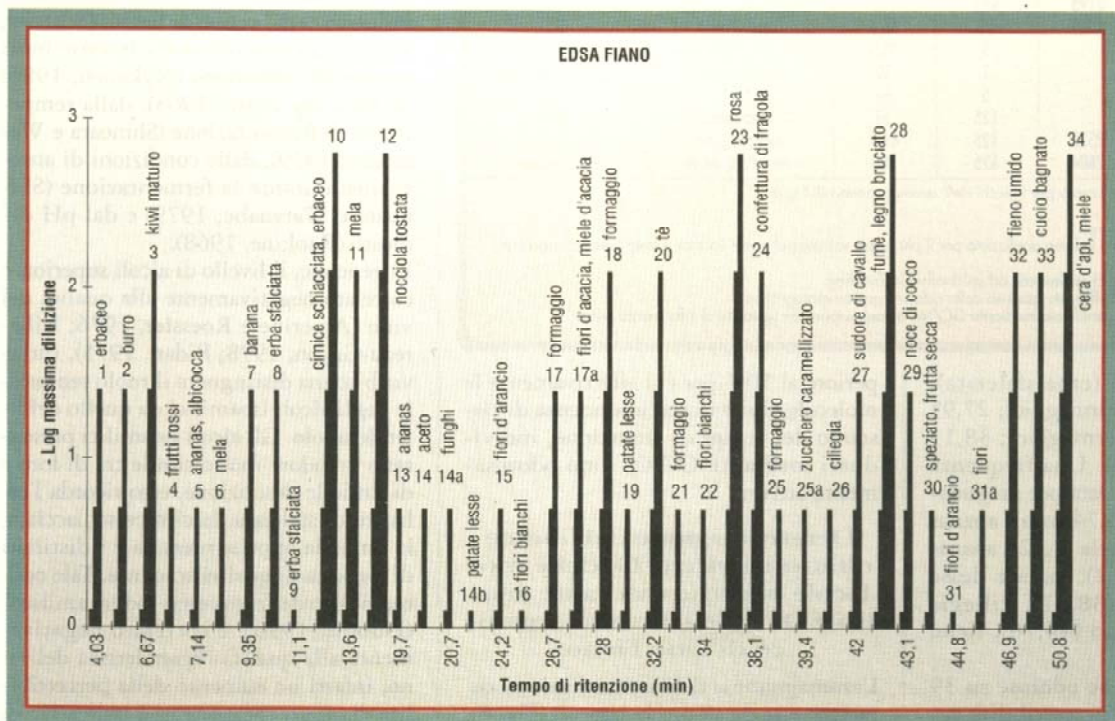


Figura 6 - Aromagramma de Fiano ottenuto mediante gas-cromatografia/olfattometrica con la metodologia EDSA

Tabella 3

Concentrazione ed indice olfattometrico (FD) dei componenti odorosi dell'estratto organico di vino Fiano di 6 e 18 mesi di età.

N° picco*	Componente	Descrizione dell'odore	FD		\bar{x} 6	CV6	\bar{x} 18	CV18
			6 mesi	18 mesi				
1	N.I.	erbaceo	25	0	nd		nd	
2	Diacetile	burro	25	125	nd		nd	
3	Butanoato d'etile	kiwi maturo	125	5	nd		nd	
4	2-Metiletil butanoato	frutti rossi	5	1	nd		nd	
5	3-Metiletil butanoato	ananas, albicocca	5	0	nd		nd	
6	NI	mela	5	0	nd		nd	
7	3-Metilbutil acetato	banana	25	5	1,576	1,87	0,39	4,3
8	1-butanoato	erba sfalciata	25	0	0,158	10,82	0,048	3,9
9	N.I.	erba sfalciata	1	0	nd		nd	
10	2 + 3-Metil-1-butanoato	cimice schiacciata, erbaceo	625	625	97,7	7,22	99,87	5,35
11	Esanoato di etile	mela	125	25	1,176	1,44	0,979	2,51
12	N.I.	nocciola tostata	625	625	nd		nd	
13	Ottanoato di etile	ananas	5	5	2,104	5,04	2,005	4,4
14	Acido acetico	aceto	5	5	3,468	21,45	3,25	19,5
14a	1-Octen-3-olo	funghi	5	1	nd		nd	
14b	N.I.	patate lesse	1	0	nd		nd	
15	Linalolo	fiori d'arancio	5	5	0,047	7,37	0,03	1,95
16	N.I.	fiori bianchi	1	0	nd		nd	
17	Acido butanoico	formaggio	25	25	nd		nd	
17a	Acetofenone	fiori d'acacia, miele d'acacia	25	125	nd		nd	
18	Acido 3-metilbutanoico	formaggio	125	125	0,261	18,95	0,07	2,5
19	3-Metil-1-propanolo	patate lesse	5	5	0,261	2,73	0,18	1,47
20	β -Damoscenone	tè	125	125	0,026	6,92	0,012	10
21	Acido esanoico	formaggio	5	25	4,762	7,44	11,34	3,11
22	NI	fiori bianchi	5	5	nd		nd	
23	2-Feniletanolo	rosa	625	625	48,105	9,16	50,85	2,03
24	Furaneolo	confettura di fragola	125	25	nd		nd	
25	Acido ottanoico	formaggio	5	5	10,328	11,12	38,19	5,21
25a	N.I.	zucchero caramellizzato	5	125	nd		nd	
26	Cinnamato di etile	ciliegia	5	0	0,058	29,3	tr	
27	4-Etilfenolo	sudore di cavallo	25	5	0,245	12,98	tr	
28	4-Vinilguaiacolo	fumè, legno bruciato	625	625	0,14	11,14	0,248	14,34
29	N.I.	noce di cocco	25	0	nd		nd	
30	N.I.	speziato, frutta secca	5	25	nd		nd	
31	Fenilacetaleide	fiori d'arancio	1	0	nd		nd	
31a	N.I.	fiori	5	0	nd		nd	
32	N.I.	fieno umido	125	125	nd		nd	
33	N.I.	cuoio bagnato	125	625	nd		nd	
34	Acido fenilacetico	cera d'api, miele	625	625	nd		nd	

* La numerazione è la stessa utilizzata per i picchi dell'aromagramma di Fig. 6.

 \bar{x} = Valore medio di tre determinazioni espresso in ppm.

CV = Coefficiente di variazione

tr = presente in tracce

nd = non dosabile

corda in modo netto la cera d'api e/o il miele. In corrispondenza del tempo di ritenzione di questo odore (50,79 min), mediante gas-cromatografia/spettrometria di massa e l'impiego di uno standard puro di riferimento, è stato identificato l'acido fenilacetico (Fig. 7). Questo componente caratterizzato da un odore di miele è già stato segnalato nel vino da diversi autori (Schreier, 1979; Dubois, 1993; Kotseridis e Baumes, 2000). Infine, il quinto picco principale dell'a-

romagramma del Fiano, eluito a 15,79 min, è caratterizzato da un forte odore di nocciola tostata. Purtroppo in corrispondenza di tale tempo di ritenzione, non è stato visualizzato alcun picco sul cromatogramma della corrente ionica totale (TIC) ottenuto mediante GC/MS, e non è stato neanche possibile ottenere uno spettro di massa interpretabile. Tuttavia la percettibilità del 100% di tale odore (Fig. 5) indica che al tempo di ritenzione di 15,79 min viene realmente eluito uno

“stimulus olfattivo” dall'odore di nocciola tostata. È probabile che la molecola responsabile di tale odore è presente ad una concentrazione estremamente bassa non compatibile con il livello di sensibilità della metodologia analitica adottata, tale molecola è probabilmente dotata di una soglia di percezione bassissima per cui risulta fortemente odorosa. I picchi 3, 11, 18, 20 e 24 dell'aromagramma del Fiano presentano un indice olfattometrico (FD) pari a 125 per cui

anch'essi contribuiscono in maniera significativa all'aroma del vino. Gli odori percepiti in corrispondenza di tali picchi sono, rispettivamente, kiwi maturo, mela, formaggio, tè e confettura di fragole. Le molecole identificate in corrispondenza dei tempi di eluizione di tali odori sono: butanoato di etile (kiwi maturo), esanoato di etile (mela), acido 3-metil butanoico (formaggio), β -damascenone (tè), furaneolo (confettura di fragole). Gli odori dei picchi 32 e 33, anch'essi caratterizzati da un FD di 125, ricordano, rispettivamente, il fieno umido ed il cuoio bagnato, ma le molecole responsabili di tali odori non sono state identificate.

Un altro gruppo di odori che probabilmente partecipa all'aroma globale percepito durante l'assaggio del vino Fiano è costituito dai picchi 1, 2, 7, 8, 17, 17a, 27 e 29 tutti con un FD pari a 25. Gli odori percepiti in corrispondenza dei loro tempi di eluizione sono i seguenti: erbaceo (1), burro (2), banana (7), erba sfalciata (8), formaggio (17), fiori d'acacia e/o miele d'acacia (17a), sudore di cavallo (27) e noce di cocco (29). Il diacetile è il responsabile della nota odorosa di burro (2); il 3-metilbutil acetato è stato identificato in corrispondenza dell'odore di banana (7); l'1-butanololo è responsabile dell'odore di erba sfalciata (8); l'acido butanoico è stato identificato come responsabile dell'odore di formaggio (17); l'acetofenone è la molecola responsabile dell'odore di fiori d'acacia e/o miele d'acacia percepito in corrispondenza del picco 17a ed infine il 4-etilfenolo è risultato responsabile dell'odore di sudore di cavallo del picco 27. Non sono state identificate le molecole responsabili degli odori erbaceo (1) e noce di cocco (29). L'aromagramma dell'estratto aromatico del Fiano è risultato completato da altri 19 picchi con indice olfattometrico compreso tra 1 e 5. Nella prima parte dell'aromagramma i picchi 4, 5 e 6, caratterizzati da un FD di 5, presentano, rispettivamente, odori di frutti rossi, di ananas e/o albicocca e di mela. Il 2-metil-etil butanoato è responsabile dell'odore di frutti rossi mentre il 3-metiletil butanoato dell'odore di ananas e/o albicocca, non è stata identificata, invece, la molecola responsabile dell'odore di mela. I picchi con FD pari a 5, presenti nella parte centrale dell'aromagramma, presentano odori di ananas (13), di aceto (14), di funghi (14a) e di fiori d'arancio

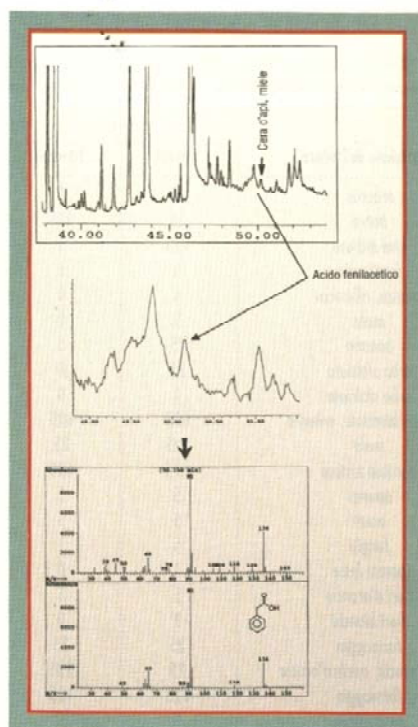


Figura 7 - Profilo della corrente ionica totale (TIC) dell'estratto aromatico totale di Fiano riportante la regione del gas-cromatogramma in cui viene percepito l'odore di miele e spettro di massa ad impatto elettronico dell'acido fenilacetico responsabile di tale odore.

(15). I componenti volatili identificati come responsabili di tali odori sono: ottanoato di etile, acido acetico, 1-octen-3-olo e linalolo. Infine, gli odori di patatesse (19), formaggio (21), formaggio (25), ciliegia (26) e fiori d'arancio (31), percepiti a partire dal tempo di ritenzione di 28 minuti sono stati associati alle seguenti molecole: 3-metiltio-propano-

lo, acido esanoico, acido ottanoico, cinnamato di etile e fenilacetaldeide. Non è stato possibile identificare le molecole responsabili degli odori di fiori bianchi (22), zucchero caramellizzato (25a), speziato e/o frutta secca (30) e fiori (31a).

Indici olfattometrici (FD) e concentrazione dei componenti odorosi principali dell'aromagramma del Fiano di 6 e 18 mesi di età.

Nella tabella 3 vengono riportati i valori di FD dei picchi odorosi determinati mediante GC/O degli estratti di vino Fiano di 6 mesi e 18 mesi di età, insieme alla concentrazione di 16 componenti odorosi principali riscontrati. Dal confronto dei valori di FD riscontrati nei due vini è risultato che i picchi che contribuiscono alle note odorose di frutta diminuiscono di importanza con l'invecchiamento del vino. L'indice olfattometrico del picco 3, con odore di kiwi maturo (butanoato di etile), è passato da 125 a 5, dopo 18 mesi di invecchiamento in bottiglia. La diminuzione del valore di FD, durante l'invecchiamento del vino, si è verificata anche per i picchi 4, 5, 7, 11 e 26, tutti caratterizzati da odori di frutta e tutti associati a molecole appartenenti alla classe degli esteri (2-metil e 3-metiletil butanoato, 3-metilbutil acetato, esanoato di etile, cinnamato di etile). Più stabile è invece, risultato l'odore associato all'estere ottanoato di etile.

I picchi odorosi che, invece, hanno presentato un incremento del valore di FD sono il 17a, con odore di fiori d'acacia e/o miele d'acacia (acetofenone), il 2, con odore di burro (diacetile), il 25a con odore di zucchero caramellizzato, il 30

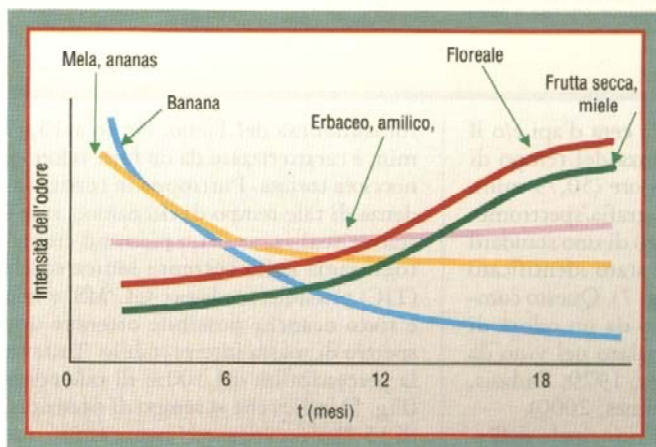


Figura 8 - Evoluzione teorica del quadro aromatico del Fiano, durante l'invecchiamento, basata sulle frequenze di citazione dei descrittori rilevati mediante analisi sensoriale e degli indici olfattometrici determinati mediante GC/O.

con odore di spezie e/o frutta secca ed il 33 con odore di cuoio bagnato. Infine, l'indice olfattometrico (FD) dei picchi relativi agli odori di cimice schiacciata e/o erbaceo (2- e 3-metilbutanolo), aceto (acido acetico), formaggio (acido butanoico), tè (β -damascenone), rosa (2-feniletanolo) è risultato stabile durante l'invecchiamento del vino.

Tali risultati confermano quelli ottenuti con le frequenze di citazione dei descrittori d'aroma del vino Fiano di 6, 12 e 18 mesi di età (Fig. 3), indicando che le modifiche d'aroma subite da tale vino, durante l'invecchiamento, riflettono la naturale evoluzione dell'aroma del vino bianco, basata essenzialmente sull'attenuazione delle note odorose fruttate, a causa dell'idrolisi degli esteri di origine fermentativa responsabili di tali odori, e sull'incremento degli odori floreali, di frutta secca e di miele, dovuto al rilascio di agliconi odorosi e/o all'accumulo di prodotti di degradazione dei carotenoidi (Fig. 8).

Conclusioni

I risultati riportati in questo lavoro costituiscono un primo contributo alla conoscenza dell'aroma del vino ottenuto dalla vinificazione in purezza di uva Fiano, proveniente da vigneti ricadenti nella zona di produzione della denominazione di origine controllata Fiano di Avellino. I descrittori d'aroma maggiormente associati a questo vino sono risultati i seguenti: mela, banana, fiori di tiglio, rosa, menta, nocciola, mandorla e miele. Durante la conservazione del vino in bottiglia è stata riscontrata una diminuzione della frequenza di citazione delle note odorose di mela e banana ed un aumento della frequenza di citazione dei descrittori finocchietto, menta, tiglio, ginestra, pera, nocciola, mandorla, acacia e miele, indicando che la complessità aromatica del Fiano aumenta dopo 18-24 mesi di invecchiamento in bottiglia.

Le molecole volatili con maggiore attività odorosa identificate nell'estratto aromatico del vino Fiano di Avellino sono risultate le seguenti: 3- e 2-metilbutanolo (erbaceo e/o cimice schiacciata), 2-feniletanolo (rosa), 4-vinilguaiacolo (fumè e/o legno bruciato), acido fenilacetico (miele), butanoato di etile (kiwi maturo), esanoato di etile (mela), acido 3-metil butanoico (formaggio), β -damascenone (tè), furaneolo (confettura di fra-

gola), diacetile (burro), 3-metil-butil acetato (banana), 1-butanolo (erba sfalciata), acido butanoico (formaggio), acetofenone (fiori d'acacia e/o miele), 4-etilfenolo (sudore di cavallo), 2-metil etil butanoato (frutti rossi), 3-metiletil butanoato (ananas e/o albicocca), ottanoato di etile (ananas), acido acetico (aceto), 1-octen-3-olo (funghi) e linalolo (fiori d'arancio), 3-metiltio-propanolo (patate lesse), acido esanoico (formaggio), acido ottanico (formaggio), cinnamato di etile (ciliegia) e fenilacetaldide (fiori d'arancio). Dal confronto degli aromagrammi relativi a vini di 6 e 18 mesi di età, vengono confermati i risultati ottenuti mediante l'analisi sensoriale descrittiva dell'aroma del vino, per cui è possibile concludere che le modifiche d'aroma subite dal vino Fiano di Avellino durante l'invecchiamento, riflettono la naturale evoluzione dell'aroma del vino bianco, basata essenzialmente sull'attenuazione delle note odorose fruttate e sull'incremento degli odori floreali, di frutta secca e di miele.

Ulteriori studi sono in corso per valutare l'influenza di differenti variabili tecnologiche sull'intensità odorosa dei componenti volatili ad elevato impatto olfattivo caratteristici dell'aromagramma del Fiano di Avellino.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia la Regione Campania - Assessorato Agricoltura - Se.S.I.R.C.A.

Ricerca condotta nell'ambito del P.O.M. - Misura 2 - progetto B 35 "Miglioramento e valorizzazione dei vini ottenuti da uve autoctone dell'Italia Meridionale attraverso lo studio ed il controllo delle variabili critiche che ne determinano la tipicità sensoriale" - UE-FEOGA-MIPAF

BIBLIOGRAFIA

- Amerine M.A., Roessler E.B. (1976) - Composition of wines. In: M. A. Amerine and E.B. Roessler (Eds.), *Wines-Their Sensory Evaluation*, W.H. Freeman, New York 72-77.
- Baumes R., Cordonnier R., Nitz S., Drawert F. (1986) - Identification and determination of volatile constituents in wines from different vine cultivars. *J. Sci. Food Agric.* (37), 927-943.
- Bidan P. (1975) - Relation entre la teneur des vins en alcools supérieurs et la teneur des mouts en substances azotées, en particulier en acides aminés. *Bull. O.I.V.* (48), 842-867.
- Boehringer, Mannheim (1983) - Food analysis. Boehringer Biochemia Robin. Milano.
- Dubois P. (1993) - Les arômes des vins et leur défauts. *Rev. Franc. Oenol.* (145), 27-39.
- Gallone F. (1993) - Profilo aromatico del Fiano di Puglia. *Enotecnica* (1-2), 75-78.
- Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea (1990) - Regolamento CEE N. 2676/90 della Commissione del 17/9/90 che determina i metodi di analisi comunitari da utilizzare nel settore vino.
- Grosch W. (1990) - *Chem. in Unserer Zeit.* (24), 82-89.
- Kotseridis Y., Baumes R. (2000) - Identification of impact odorants in Bourdeaux red grape juice, in the commercial yeast used for its fermentation, and in the produced wine. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 400-406.
- Margheri L., Falcesi E. (1972) - Importanza dell'evoluzione delle sostanze fenoliche nei vini rossi di qualità durante l'invecchiamento. Nota 2. *Vini d'Italia*, 14 (6), 501-511.
- Moio L. (1995) - Recenti sviluppi delle metodologie combinate di analisi strumentale e sensoriale nello studio dell'aroma degli alimenti. In "Atti del Convegno Nazionale di Chimica degli Alimenti". Volume II, 765-772. Società Chimica Italiana - Gruppo di Chimica degli Alimenti.
- Moio L., Schlisch P., Etievant P. (1993) - Acquisition et analyse d'aromagrammes de vins de Bourgogne issus du cépage Chardonnay. *Sci. Aliments* (14), 607-614.
- Moio L., Etievant P. (1995) - Ethyl anthranilate, ethyl cinnamate, ethyl 2,3-dihydrocinnamate and methyl anthranilate: four important contributors to the aroma of Pinot noir wines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 46, (3), 392-398.
- Nykanen L. (1986) - Formation and occurrence of flavonoid compounds in wine and distilled alcoholic beverages. *Am. J. Enol. Vitic.* (37), 84-96.
- Rankine B.C. (1968) - The importance of yeasts in determining the composition and quality of wines. *Vitis*, (7), 22-49.
- Rebelein H. (1973) - \bar{n} Verfaben zur genauen Massingen Bestimmung der Wein und Milchsäure in Wein und ähnlichen Getranken. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensmittel.*, 2, 33.
- Ribèreau-Gayon P. (1978) - Wine aroma. In: G. Charalambous and G. E. Inglett (Eds.), *Flavour of Foods and Beverages*, Academic, New York 362-371.
- Shinohara T., Watanabe, M. (1979) - 2-Phenylethyl alcohol and *g*-butyrolactone in wines: their amounts and factors affecting the formations. *Nippon Nogi Kagaku Kaishi* (53), 219-225.
- Simpson R.F. (1979) - Some important aroma components of white wine. *Food Technol. Aust.*, (31), 516-522.
- Singleton V.L., Rossi J.A. (1965) - Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic - phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 16 (3), 144-158.
- Schreier P. (1979) - Flavour composition of wines: a review. *CRC. Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, (11), 59-111.
- Ullrich F., Grosch W. (1987) - Identification of the most intense volatile flavour compounds formed during autoxidation of linolenic acid. *Lebens-Unter. und Forsch.*, (184), 277-282.
- Versini G. (1985) - Sull'aroma del vino "Traminer aromatico" o "Gewurztraminer". *Vignevini*(1/2), 57-65.
- Vitagliano M. (1989) - I vini Doc Irpini. pp. 185-195. Edizione Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura Avellino.
- Webb A.D., Ingraham J.L. (1963) - Fusel oil. In: W. U. Wayne (Ed.), *Advances in Applied Microbiology*, Academic, New York 317-353.
- Williams P.J., Strauss C.R., Wilson B., Messy-Weustrop R. A. (1983) - Glycosides of 2-phenylethanol and benzyl alcohols in Vitis vinifera grapes. *Phytochemistry*, 9, 2039-2041.