

PSR 2014-2022 MISURA 16.2 Annualità 2022
progetto

PRECISIAMO

La gestione **PRECISa** del vigneto per il miglioramento del profilo **Aromatico** del **MO**rellino di Scansano

Mercoledì, 30 aprile 2025 ore 9:30 Presso Consorzio Tutela Morellino di Scansano – Via XX Settembre, 36 Scansano (GR)

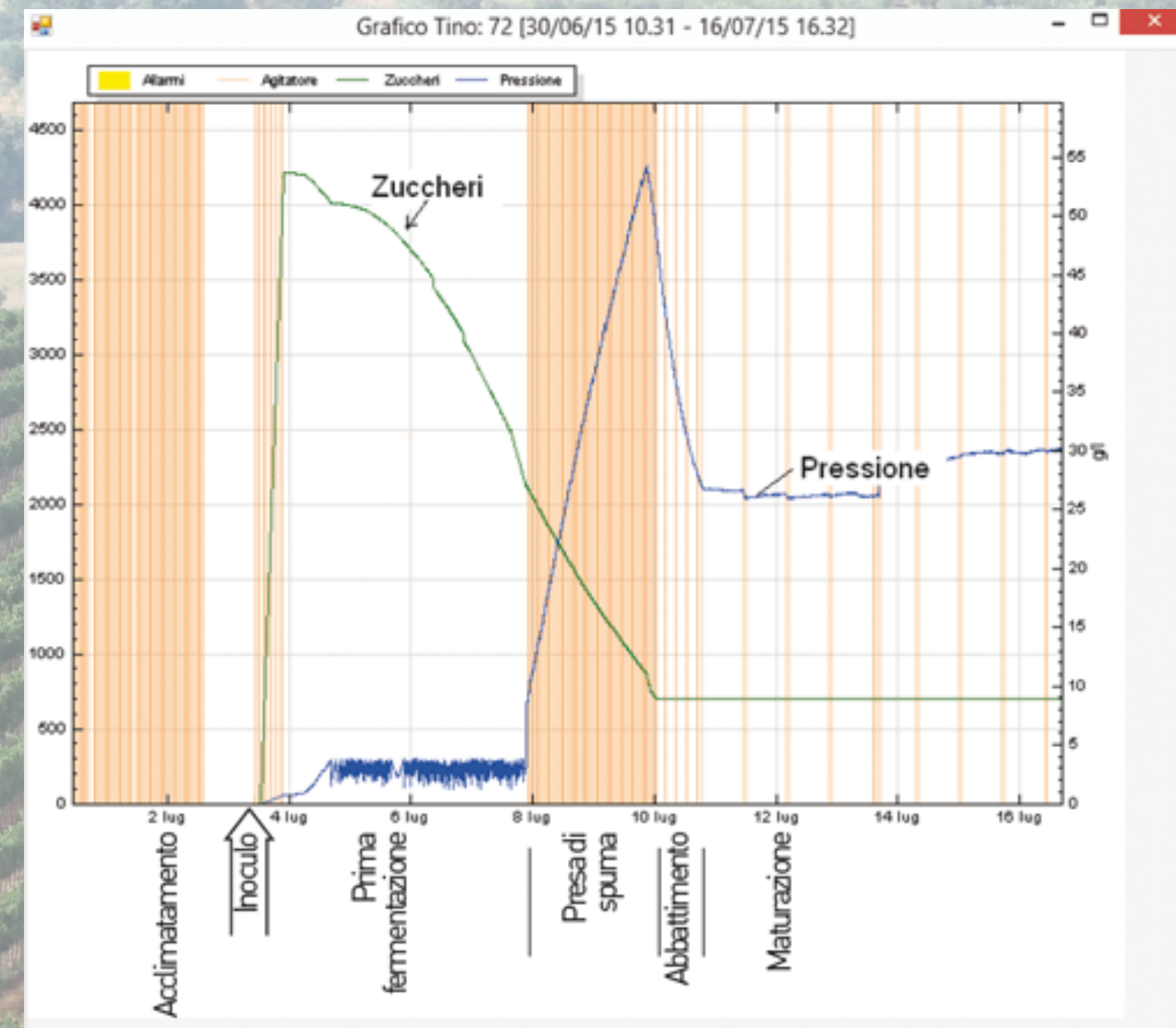
Industria 4.0 nella gestione della vinificazione per la valorizzazione di uve Sangiovese

Francesca Venturi, Alessandro Bianchi, Isabella Taglieri, Stefano Pettinelli and Chiara Sanmartin
DiSAAA-a UNIPI



Sistema Parsec - ADCF

L'innovativo sistema ADCF dell'azienda Parsec, che permette il controllo completo della cinetica fermentativa e la gestione del processo di micro-ossigenazione, mantenendo la vasca sotto pressione e garantendo rimontaggi al chiuso. Il sistema ADCF è interamente automatizzato, eliminando la necessità di interventi manuali o di macchinari esterni. Questo sistema consente il movimento continuo e preciso della massa, ottimizzando l'estrazione di composti fenolici e il controllo della fermentazione, senza l'esposizione all'ossigeno che può avvenire nei rimontaggi tradizionali.



MICROVINIFICAZIONE IN ROSSO ANNO 2023

La prova dell'anno 2023 si è concentrata sullo studio preliminare in condizioni di micro-vinificazione di applicabilità della tecnica nella produzione di vini rossi al fine di impostare i corretti parametri di vinificazione ed individuare i momenti e le analisi da effettuare sulle uve/mosti e vini da applicare nella prova dell'anno successivo su scala aziendale.

La vinificazione in rosso è stata condotta su due vasche da 1,5 hL ciascuna, mettendo a confronto il sistema tradizionale di vinificazione della cantina con il sistema Parsec ADCF di ossigenazione e movimentazione automatica del cappello



Vasca S019 (Sistema Parsec – ADCF):

Vasca S012 (Sistema tradizionale – Controllo):

Entrambe le vasche sono state riempite con mosto ottenuto da uve **Sangiovese**, raccolte manualmente nei vigneti nell'azienda Santa Lucia il 21/09/2023 (circa kg 270).

Protocollo di vinificazione

Le uve sono state immediatamente diraspa pigiate a linea pulita e suddivise in parti uguali. Durante la preparazione del mosto, sono stati aggiunti i seguenti prodotti enologici:

- 5g/hl di MBK: metabisolfito di potassio per proteggere il mosto da ossidazioni e contaminazioni microbiche.
- 20 g/hL di lievito Enartis EZ FERM 44: per favorire una fermentazione ottimale.

Al termine della fermentazione alcolica, la fase di macerazione è stata prolungata per 8 giorni. Al termine i campioni sono stati imbottigliati per le successive analisi.



Tabella 1: Parametri chimici delle uve prima della raccolta

Parametro	Uva Santa Lucia (21/09/2023)
Zuccheri (°Brix)	22,50±0,20
pH	3,55±0,02
Acidità titolabile (g/L tartarico)	5,25±0,13
Acido Malico (g/L)	3,00±0,15
Acido Tartarico (g/L)	2,92±0,19
APA (mg/L)	149±21
Fenoli totali (g/L catechine) potenziali (pH1)	1,84±0,01
Antociani totali (mg/L malvidina) potenziali (pH1)	704,79±2,70
Fenoli totali (g/L catechine) estraibili (pH 3.2)	1,59±0,01
Antociani totali (mg/L malvidina) estraibili (pH3.2)	343,79±6,09

ADCF

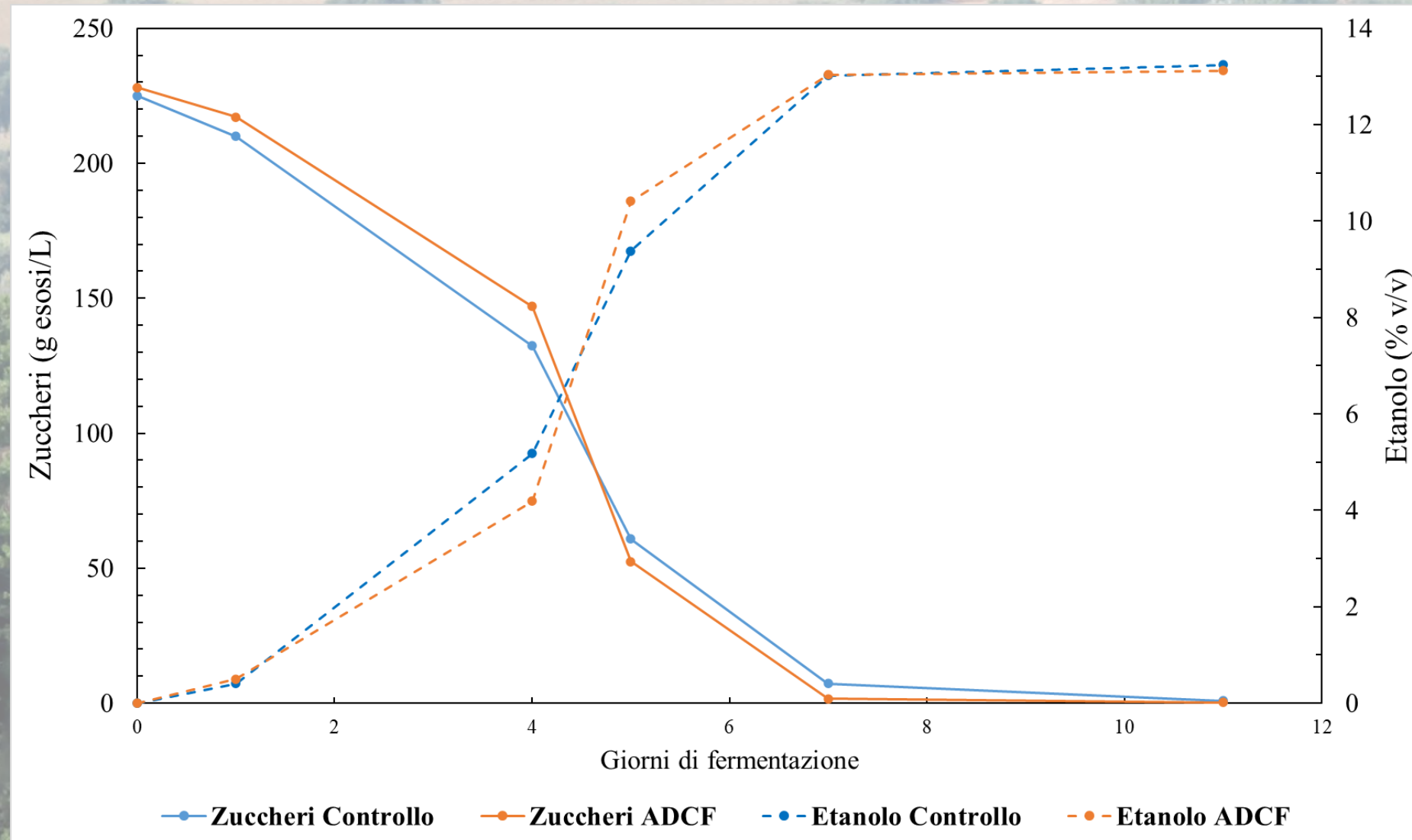
Il sistema ADCF è interamente automatizzato, eliminando la necessità di interventi manuali o di macchinari esterni.

Controllo

sono stati eseguiti rimontaggi tradizionali. 1-2 follature manuali al giorno fino a fine alcolica (4 ottobre). Al mattino, è stato effettuato un rimontaggio aperto, esponendo il mosto all'aria per favorire l'ossigenazione.

Cinetica di fermentazione

è stato monitorato tutto il processo fermentativo controllando la **cinetica di fermentazione**, valutando il metabolismo del lievito e la conversione degli zuccheri in relazione all'aumento del volume percentuale di etanolo.



Per quanto riguarda la fermentazione alcolica, questa si è svolta senza interruzioni ed è durata per entrambe le prove 11 giorni fino a completo esaurimento degli zuccheri (<3 g/L). Tra le due prove non sono state evidenziate differenze significative nel metabolismo dei lieviti.

Figura 1: Grafico della cinetica di fermentazione.

Andamento della concentrazione dei vari parametri analitici.

Tabella 2: Andamento della composizione acidica durante la fermentazione

Campione	Giorni dall'ammos- tamento	pH	Acidità titolabile (g acido tartarico/L)	Acido malico (g/L)	Acido tartarico (g/L)	Acido acetico (g/L)
Controllo 21-09	0	3,55±0,03	5,25±0,13	3,00±0,14	2,92±0,14	0,02±0,02
Controllo 22-09	1	3,58±0,01	5,20±0,07	3,10±0,19	2,85±0,11	0,16±0,02
Controllo 25-09	4	3,58±0,01	5,55±0,09	2,15±0,09	2,89±0,02	0,13±0,04
Controllo 26-09	5	3,62±0,01	5,40±0,08	2,00±0,12	2,75±0,13	0,14±0,03
Controllo 28-09	7	3,53±0,01	5,61±0,12	1,15±0,11	2,98±0,14	0,14±0,02
Controllo fine FA	11	3,63±0,02	5,53±0,11	0,91±0,12	2,74±0,11	0,21±0,03
ACDF 21-09	0	3,55±0,03	5,25±0,13	3,00±0,14	2,92±0,14	0,02±0,03
ACDF 22-09	1	3,59±0,01	5,00±0,05	3,10±0,21	2,83±0,13	0,12±0,04
ACDF 25-09	4	3,56±0,01	5,90±0,12	2,55±0,16	2,95±0,10	0,13±0,03
ACDF 26-09	5	3,61±0,01	5,80±0,08	2,35±0,10	2,78±0,11	0,14±0,02
ACDF 28-09	7	3,56±0,01	5,71±0,09	1,27±0,12	2,84±0,12	0,13±0,01
ACDF fine FA	11	3,68±0,01	5,52±0,11	1,01±0,09	2,80±0,10	0,21±0,04

A livello della composizione acidica durante la fermentazione alcolica non si è assistito a differenze significative nei due vini oggetto della prova.

Valutazione dei vini prodotti al termine del processo di vinificazione

Tabella 3: Analisi della componente fenolica e del colore dei vini dopo la fase di macerazione.

Parametro	Controllo	ADCF
Alcol (%V/V)	13,24±0,06	13,12±0,05
Zuccheri totali (g/L)	0,90±0,05	0,25±0,06
pH	3,65±0,03	3,60±0,03
Acidità titolabile (g a. tartarico/L)	5,50±0,13	5,45±0,12
Acidità volatile (g a. acetico/L)	0,23±0,03	0,20±0,01
Acido malico (g/L)	0,95±0,06	0,98±0,03
Acido lattico (g/L)	0,82±0,03	0,67±0,03
Acido tartarico (g/L)	2,72±0,04	2,80±0,02
Antociani totali (mg malvidina /L)	349,85±2,83	360,49±1,52
Polifenoli totali (mg a. gallico/L)	2423,85±8,09	2624,50±4,54
Indice polifenoli	44,98±0,20	48,71±0,15
Intensità colorante	6,99±0,05	7,04±0,02
Tonalità	0,59±0,02	0,61±0,01

A termine della macerazione sulle bucce i due vini hanno mostrato differenze significative soprattutto a carico della componente fenolica (antociani totali e polifenoli totali). I valori maggiori sono stati individuati nella prova con il sistema ADCF, mostrando come questa tecnica più influenzare in maniera positiva l'estrazione di questi composti rispetto alla tecnica tradizionale (Controllo). Inoltre il sistema automatizzato permette di effettuare tutte le operazioni di rimontaggio e sommersione del cappello senza l'ausilio di operatori riducendo i costi per l'azienda.

VINIFICAZIONE IN ROSSO ANNO 2024

Sulla base dell'esperienza dell'annata 2023, nell'anno 2024 la vinificazione in rosso è stata condotta nell'azienda Santa Lucia (Grosseto) su due vasche di dimensioni maggiori (150 hL ciascuna) al fine di verificare le differenze precedenti potevano essere replicate su scala maggiore. Sono stati utilizzati come precedentemente la tecnica tradizionale dell'azienda come controllo e il sistema automatico ADCF Parsec

Vasca 38 (Sistema tradizionale - Controllo)



Vasca 37 (Sistema Parsec - ADCF)



Il processo di rimontaggio ha seguito approcci diversi in base al sistema utilizzato:

- **Sistema Parsec (ADCF):** Grazie all'automazione fornita dal sistema ADCF, la massa è stata mossa più volte durante l'arco della giornata, garantendo un'estrazione fenolica costante e un controllo ottimale della fermentazione senza intervento manuale. La micro-ossigenazione controllata ha permesso di gestire in modo preciso il livello di ossigeno, favorendo una fermentazione omogenea.
- **Sistema Tradizionale (CONTROLLO):** Nella vasca gestita con il metodo tradizionale, è stato eseguito un rimontaggio aperto al mattino per ossigenare il mosto, e un rimontaggio al chiuso la sera per minimizzare l'esposizione all'aria durante la fase finale del processo. Questo metodo richiede un monitoraggio manuale costante e l'impiego di macchinari per i rimontaggi.

Sistema Parsec (ADCF)



(CONTROLLO)



Camino delle due vasche di vinificazione a Sx la vasca con sistema Parsec a dx la vasca di controllo

UVE E PRODOTTI ENOLOGICI UTILIZZATI

Entrambe le vasche sono state riempite con mosto ottenuto da uve **Sangiovese** raccolte nei vigneti della cantina Santa Lucia. Durante la preparazione del mosto, sono stati aggiunti i seguenti prodotti enologici:

- **20 g/hL di lievito NT50:** per favorire una fermentazione ottimale.
- **20 g/hL di Nutriferm Special:** come nutriente per i lieviti.
- **10 g/hL di tannino galla Blanc:** per migliorare la struttura e la stabilità del vino.
- **7 g/hL di metabisolfito di potassio:** per proteggere il mosto da ossidazioni e contaminazioni microbiche.

Tabella 1: Parametri chimici delle uve prima della raccolta

Parametro	Uva Santa Lucia (16/09/2024)
Peso medio Acini	2,021±0,12
Densità	1,065±0,003
Zuccheri (g/L esosi)	207,32±1,94
pH	3,31±0,02
Acidità titolabile (g/L tartarico)	5,95±0,03
Acido Malico (g/L)	0,504±0,05
Acido Tartarico (g/L)	3,12±0,09
Fenoli totali (g/L catechine) potenziali (pH 1)	1,74±0,01
Antociani totali (mg/L malvidina) potenziali (pH 1)	724,79±2,70
Fenoli totali (g/L catechine) estraibili (pH 3.2)	1,49±0,01
Antociani totali (mg/L malvidina) estraibili (pH 3.2)	383,79±6,09
Antociani decolorabili (mg/L malvidina)	136,13±2,79
EA (%) maturità cellulare	47,10±1,02
Mp (%) indice maturità vinaccioli	70,59±1,09

ANALISI EFFETTUATE

è stato monitorato tutto il processo fermentativo controllando la **cinetica di fermentazione**, valutando il metabolismo del lievito e la conversione degli zuccheri in relazione all'aumento del volume percentuale di etanolo. Le analisi effettuate hanno riguardato:

- **Frazione acidica:** controllo degli acidi malico, tartarico, acidità titolabile e pH.
- **Parte fenolica:** valutazione degli antociani totali (espressi in malvidina), fenoli totali mediante spettrofotometria a 280 nm contro acqua, fenoli non flavonoidi attraverso precipitazione con formaldeide, e antociani decolorabili.

Per quanto riguarda il **colore**, è stato utilizzato il **sistema CIELAB** come indicatore dei valori cromatici. Sono stati valutati i tre parametri:

- **L:** luminosità, che va da 0 (nero) a 100 (bianco);
- **a*:** componente cromatica che va dal verde (valori negativi) al rosso (valori positivi);
- **b*:** componente cromatica che va dal blu (valori negativi) al giallo (valori positivi).

Dai loro valori, è stato possibile calcolare anche il **Croma** (intensità del colore) e la **Tonalità** (sfumatura del colore).

Sono stati inoltre analizzati i seguenti parametri:

- **Acidità volatile** metodo per distillazione in corrente di vapore, durante tutto il processo fermentativo.
- **Solforosa libera e totale** metodo per distillazione, durante tutto il processo fermentativo.

Cinetica di fermentazione

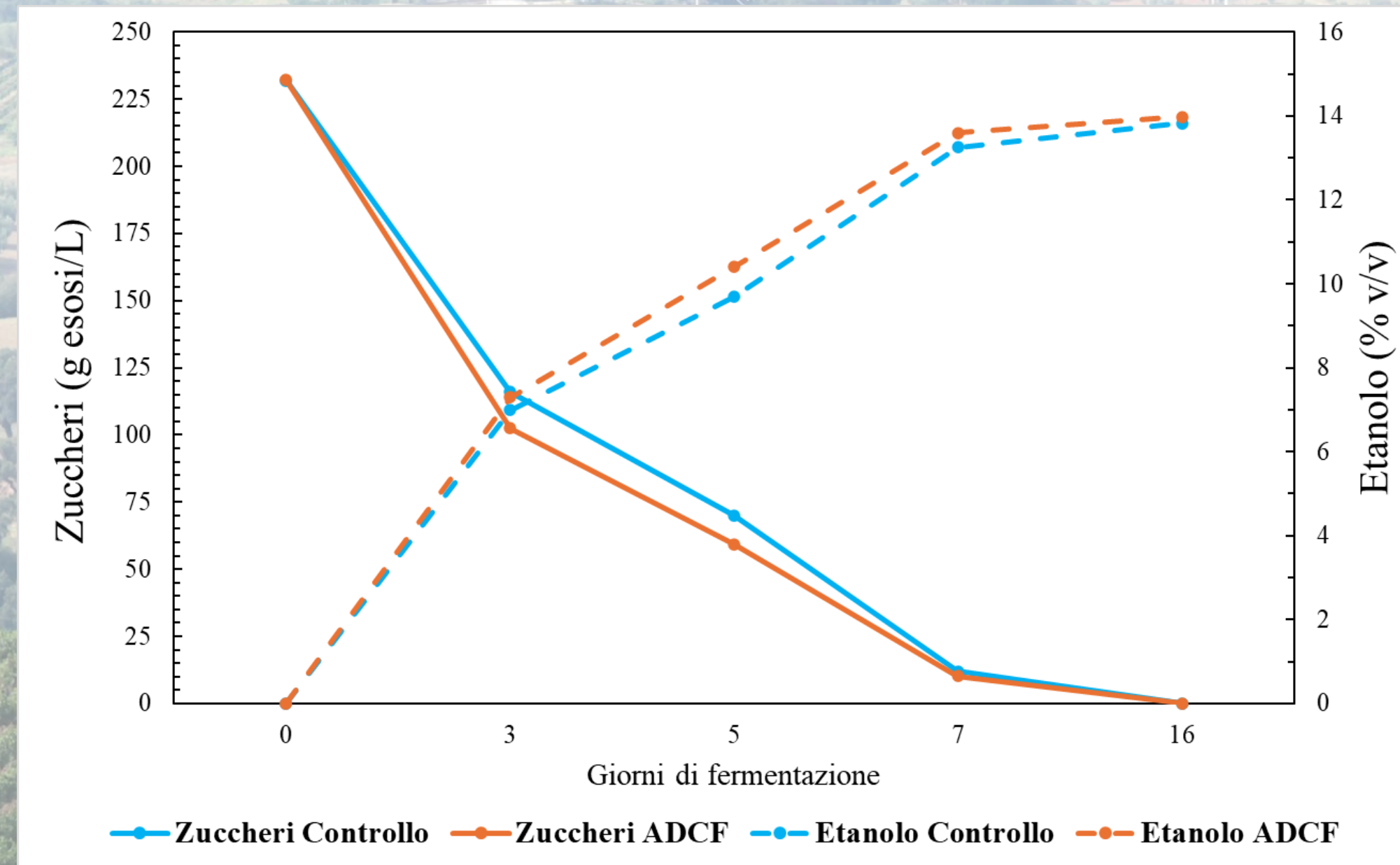


Figura 1. Grafico della cinetica di fermentazione

Per quanto riguarda la fermentazione alcolica, questa si è svolta senza interruzioni ed è durata per entrambe le prove 8 giorni (+8 giorni di macerazione sulle bucce), fino a completo esaurimento degli zuccheri (<3 g/L). Tra le due prove non sono state evidenziate differenze significative nel metabolismo dei lieviti.

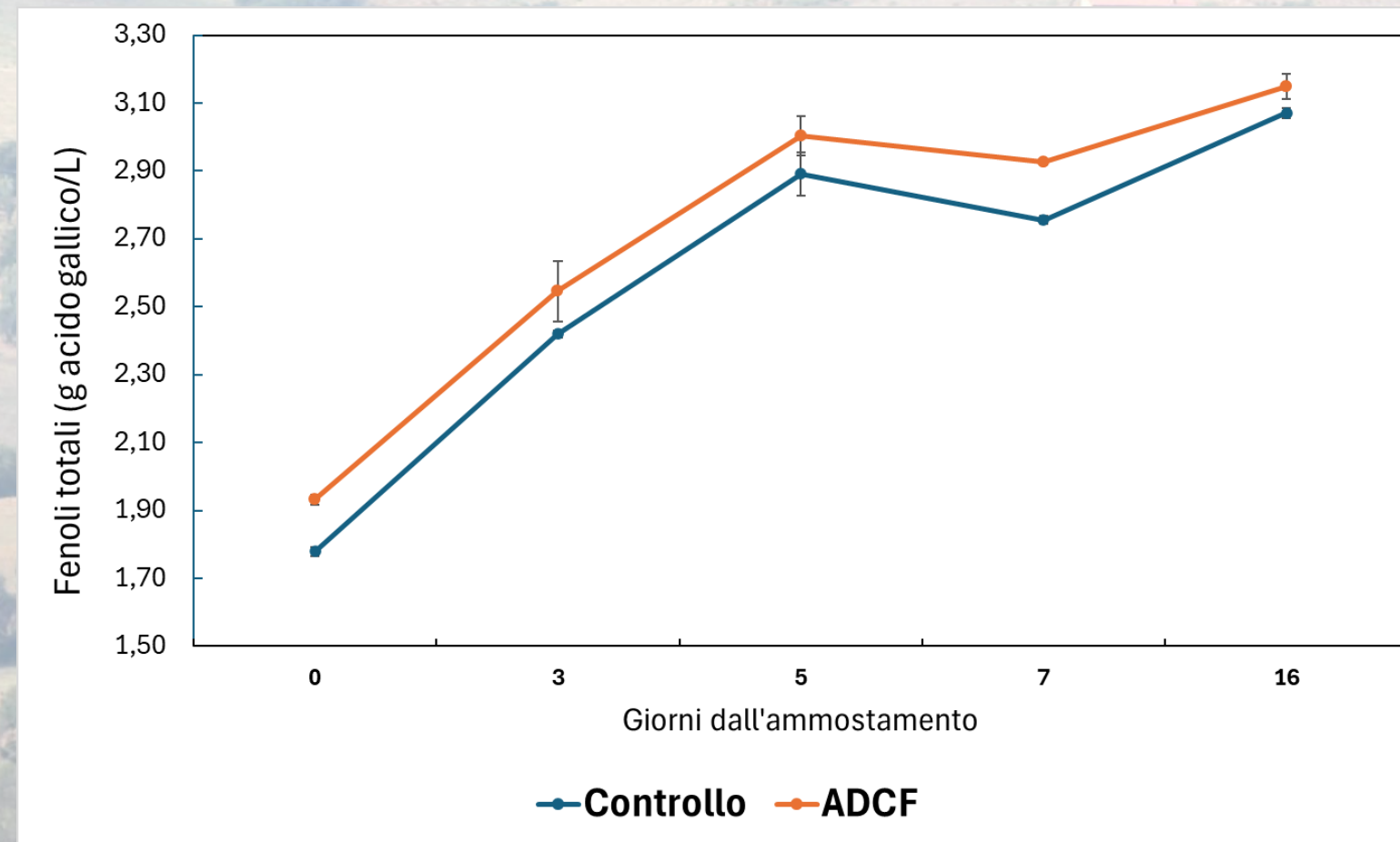


Figura 2. Andamento dei Polifenoli totali nel corso della fermentazione e macerazione

Durante la fermentazione e la macerazione sulle bucce i due vini hanno mostrato andamenti comparabili ma le maggiori differenze sono stati individuati nella prova con il sistema ADCF, mostrando come questa tecnica più influenzare in maniera positiva l'estrazione di questi composti rispetto alla tecnica tradizionale (Controllo).

Cinetica della frazione fenolica (Contenuto di antociani e polifenoli totali)

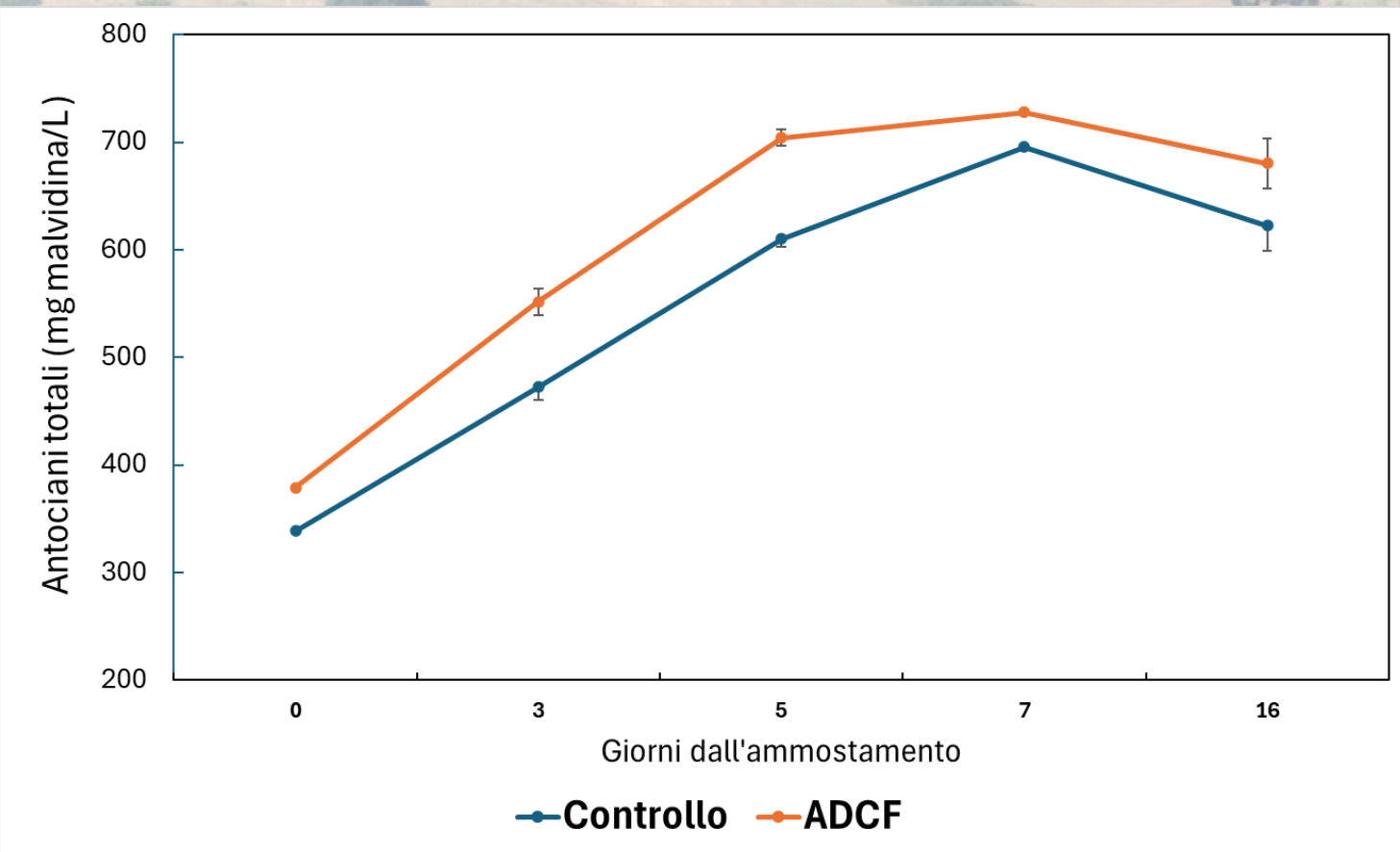


Figura 3. Andamento degli Antociani totali nel corso della fermentazione e macerazione

Cinetica della frazione fenolica

Tabella 2: Altri parametri chimici valutati per la frazione fenolica.

Campione	Giorni dall’ammontamento	Fenoli non flavonoidi (g catechine/L)	Antociani decolorabili (mg malvidina/L)
Controllo 20-09	0	0,87±0,05	107±12
Controllo 23-09	3	0,66±0,03	131±10
Controllo 25-09	5	0,66±0,01	203±13
Controllo 27-09	7	0,76±0,01	224±14
Controllo svinatura	16	0,62±0,04	162±18
ACDF 20-09	0	0,94±0,02	86±8
ACDF 23-09	3	0,66±0,01	175±11
ACDF 25-09	5	0,75±0,01	253±16
ACDF 27-09	7	0,83±0,01	255±16
ACDF svinatura	16	0,76±0,01	212±8

Per gli altri parametri della frazione fenolica, Fenoli non flavonoidi e Antociani decolorabili, al termine della macerazione risultano maggiori nella prova ADCF, mostrando come oltre ad aumentare l’estrazione di questi composti, la minore esposizione all’ossigeno durante le fasi di rimontaggio del mosto permette una minore perdita di queste componenti.

Cinetica della componente acidica

Tabella 3: Andamento della composizione acidica e della solforosa durante la fermentazione

Campione	Giorni dall’ammostam ento	pH	Acidità titolabile (g acido tartarico/L)	Acido malico (g/L)	Acido tartarico (g/L)	Acido acetico (g/L)	Solforosa totale (mg/L)
Controllo 20-09	0	3,22±0,01	5,72±0,02	0,87±0,04	2,65±0,04	0,14±0,02	11,52±0,91
Controllo 23-09	3	3,35±0,01	7,25±0,03	0,74±0,09	2,85±0,01	0,19±0,01	7,04±0,91
Controllo 25-09	5	3,38±0,01	7,64±0,02	0,78±0,07	2,89±0,02	0,18±0,01	5,12±0,91
Controllo 27-09	7	3,47±0,01	7,70±0,02	0,77±0,04	2,78±0,04	0,17±0,01	5,76±0,91
Controllo svinatura	16	3,59±0,02	7,14±0,04	0,79±0,02	2,72±0,01	0,20±0,01	4,48±0,91
ACDF 20-09	0	3,24±0,01	5,41±0,03	0,90±0,03	2,68±0,04	0,16±0,03	19,84±0,91
ACDF 23-09	3	3,35±0,01	7,13±0,02	0,78±0,01	2,93±0,03	0,15±0,02	12,80±0,91
ACDF 25-09	5	3,41±0,01	7,64±0,02	0,84±0,06	2,95±0,01	0,15±0,01	5,76±0,91
ACDF 27-09	7	3,49±0,01	7,77±0,04	0,84±0,02	2,74±0,01	0,18±0,01	5,76±0,91
ACDF svinatura	16	3,52±0,01	7,76±0,06	0,85±0,08	2,79±0,01	0,18±0,01	5,12±0,91

A livello della composizione acidica le maggiori differenze sono state individuate a carico dell’acidità titolabile e pH, con valori maggiori per la tesi ADCF che sembra essere in grado di preservare meglio la componente acidica.

Andamento della componete cromatica durante la fermentazione

Tabella 4: Andamento del colore durante la fermentazione valutato mediante metodo CIELAB

Campione	Giorni dall'ammontamento	L*	a*	b*	c*	h*
Controllo 20-09	0	41,88±0,26	19,34±0,16	12,13±0,23	22,83±0,26	57,92±0,29
Controllo 23-09	3	10,34±0,86	40,42±1,00	20,91±0,76	45,51±0,54	62,64±1,42
Controllo 25-09	5	13,64±0,65	40,71±0,66	25,75±0,53	48,17±0,85	57,69±0,11
Controllo 27-09	7	9,85±0,26	36,41±0,78	15,93±0,42	39,74±0,89	66,37±0,11
Controllo svinatura	16	8,79±0,18	29,77±0,35	9,33±0,05	31,20±0,35	72,61±0,11
ACDF 20-09	0	44,46±0,40	15,85±0,62	13,41±0,25	20,76±0,31	49,75±1,63
ACDF 23-09	3	9,64±0,08	38,21±0,16	18,73±0,33	42,55±0,29	63,89±0,31
ACDF 25-09	5	10,19±0,09	39,44±0,18	20,96±0,01	44,66±0,17	62,01±0,09
ACDF 27-09	7	9,22±0,29	34,99±0,54	15,20±0,47	38,14±0,69	66,52±0,32
ACDF svinatura	16	8,13±0,29	29,95±0,12	9,22±0,28	31,33±0,03	72,89±0,56

Per quanto riguarda il colore, a conferma di quanto riscontrato per la componete fenolica i vini ADCF rispetto al Controllo, hanno mostrato un colore più intenso e scuro.

Caratterizzazione dei vini dopo 6 mesi dall’imbottigliamento

Tabella 5: Analisi dei paramenti chimici mediante FOOS e del colore (CIELAB) dopo 6 mesi in bottiglia:

Parametro	Controllo	ADCF
Alcol (%V/V)	13,62±0,01	13,76±0,01
Zuccheri totali (g/L)	3,41±0,04	3,20±0,04
Esosi (g/L)	0,80±0,01	0,49±0,02
pH	3,40±0,01	3,39±0,01
Acidità titolabile (g a. tartarico/L)	6,83±0,03	7,13±0,02
Acidità volatile (g a. acetico/L)	0,16±0,01	0,16±0,01
Acido malico (g/L)	0,90±0,01	0,96±0,02
Acido lattico (g/L)	0,22±0,01	0,27±0,01
Acido tartarico (g/L)	2,72±0,01	2,72±0,02
Acido citrico (g/L)	0,42±0,01	0,41±0,00
Estratto secco (g/L)	36,30±0,02	36,97±0,06
Glicerolo (g/L)	12,99±0,04	13,62±0,04
Potassio (g/L)	0,74±0,01	0,75±0,01
Antociani totali (mg malvidina /L)	452,00±2,83	471,00±0,52
Indice polifenoli	55,00±0,10	57,50±0,21
Polifenoli totali (mg a. gallico/L)	2609,00±9,09	2747,50±3,54
Ceneri (g/L)	2,36±0,01	2,38±0,02
L*	3,32±0,04	1,72±0,02
a*	40,13±0,26	47,31±0,20
b*	14,34±0,04	17,40±0,12
C*	42,61±0,23	50,41±0,23
h*	70,34±0,16	69,81±0,05

Dopo 6 mesi in bottiglia le differenze riscontrate durante la fase di fermentazione e macerazione sono state mantenute nel tempo con valori maggiori della componente fenolica, acidica e del colore per la tesi ADCF rispetto al Controllo.

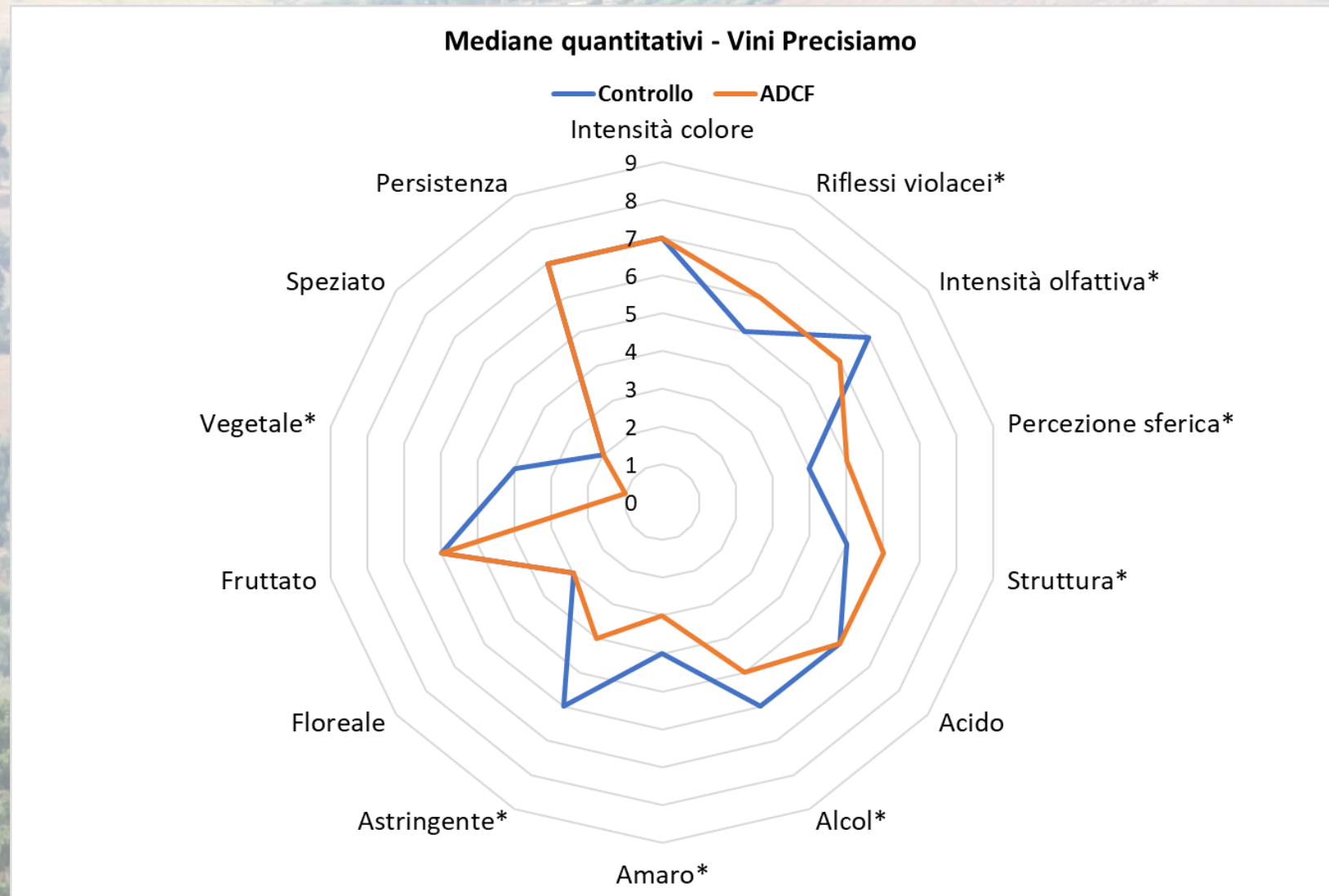


Figura 1: Mediane dei parametri quantitativi espressi dai giudici durante l'analisi sensoriale dei vini in bottiglia. Con l'asterisco sono indicati i parametri che sono significativamente diversi dal punto di vista statistico.

Analisi sensoriale

Oltre alle differenze chimico-composizionali riscontrati nei due vini, le maggiori differenze sono state rilevate dall'analisi sensoriale. Il vino ADCF è stato caratterizzato con valori maggiori di riflessi violacei, percezione sferica e struttura e minori valori di alcol, amaro, astringenza e vegetale rispetto i vini di Controllo. Questo suggerisce maggiore apprezzabilità del prodotto ADCF, come confermato dai valori delle mediane dei parametri edonici. Infatti i vini ADCF hanno riportato maggiore Attraenza, finezza, franchezza, armonia e ricchezza aromatica dei vini di Controllo.

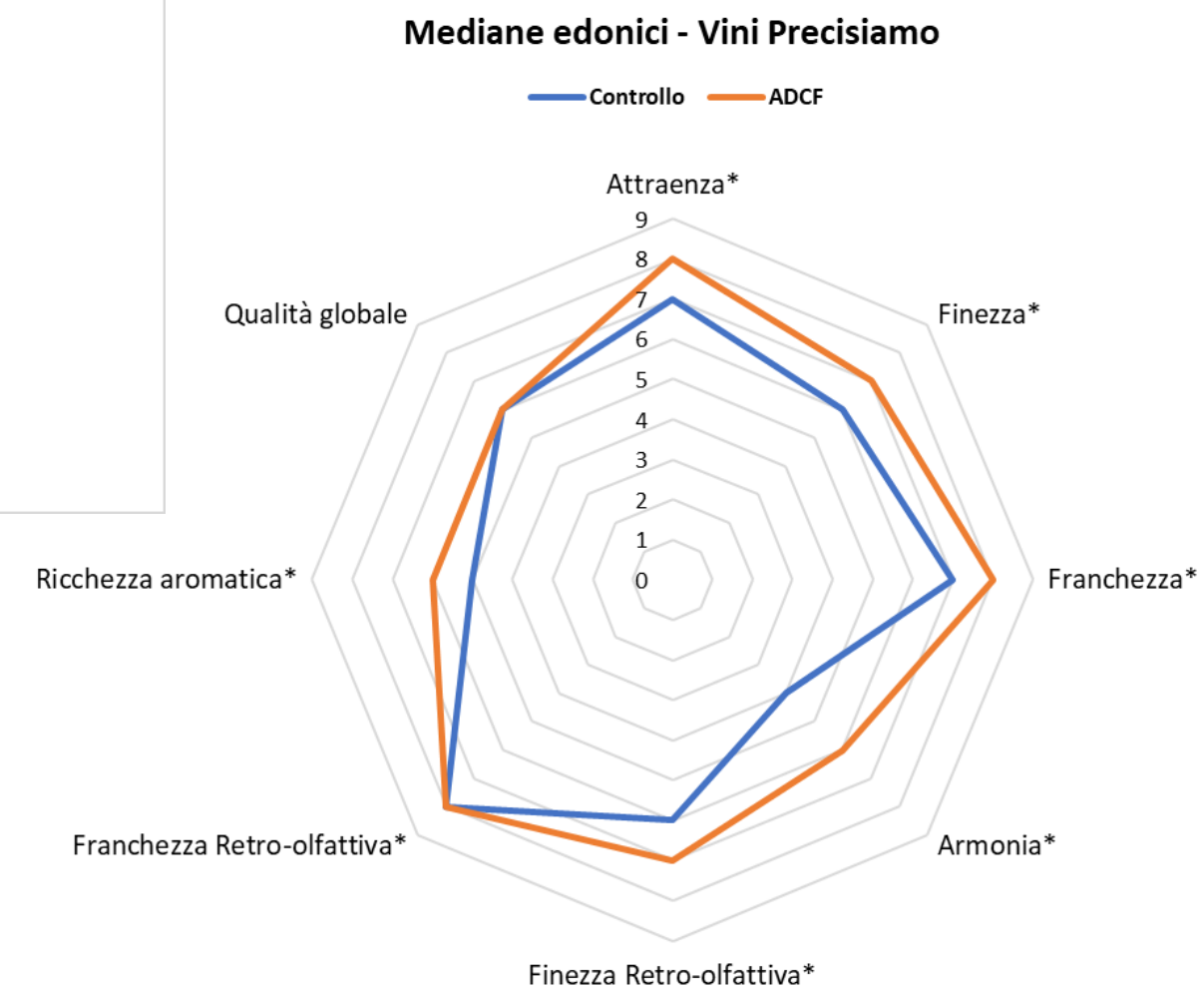
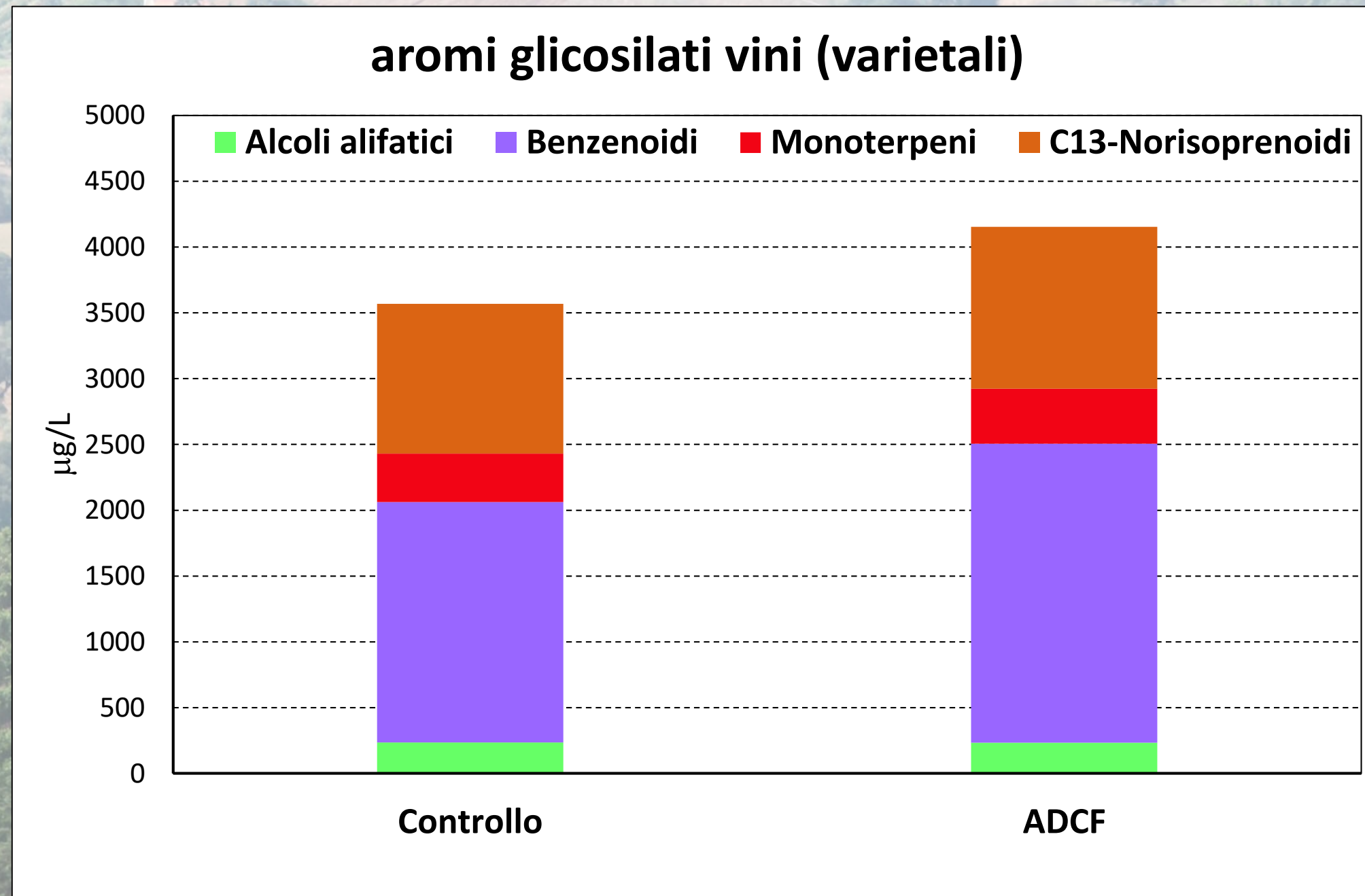
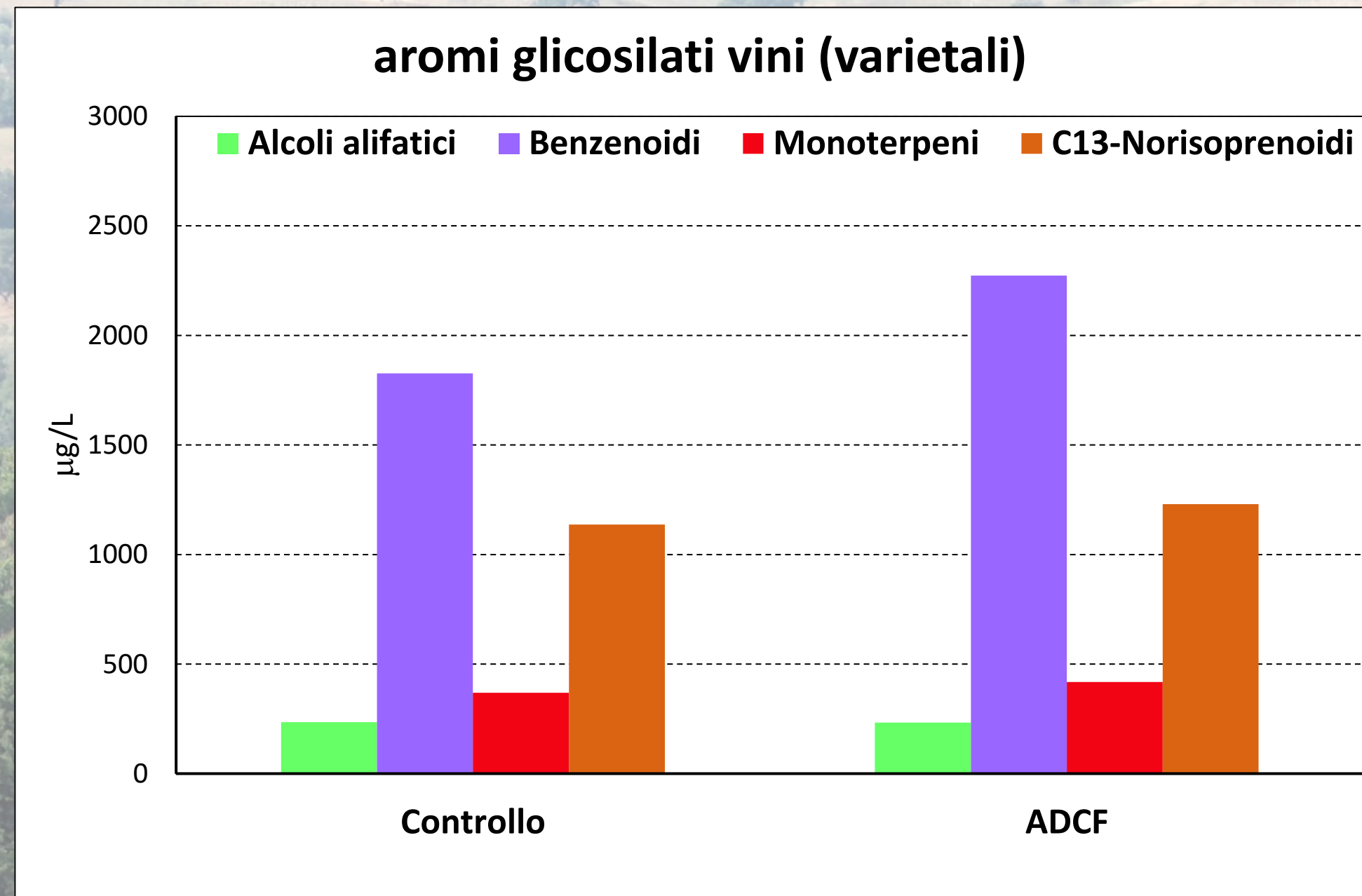


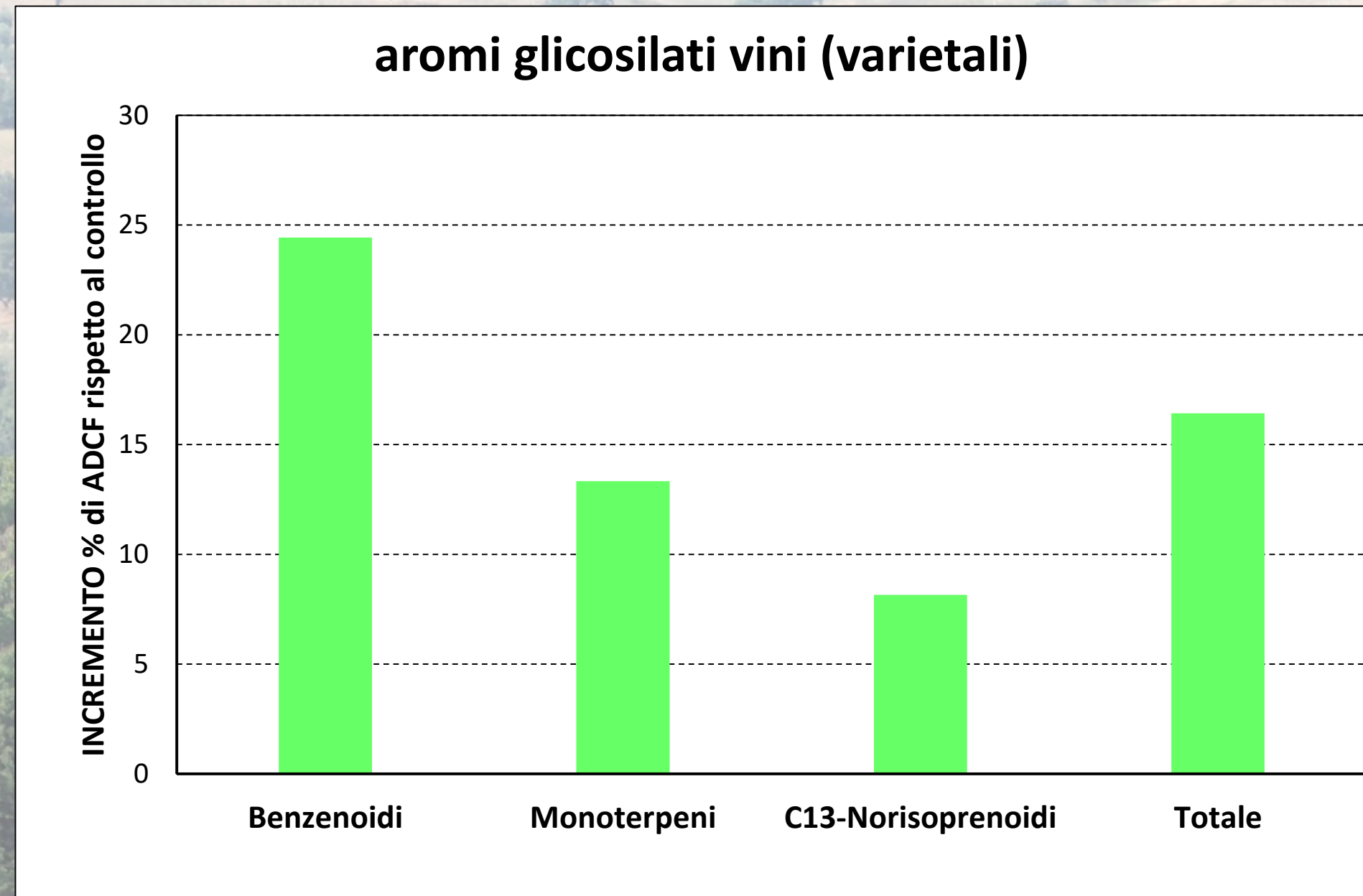
Figura 2: Mediane dei parametri edonici espressi dai giudici durante l'analisi sensoriale dei vini in bottiglia. Con l'asterisco sono indicati i parametri che sono significativamente diversi dal punto di vista statistico.



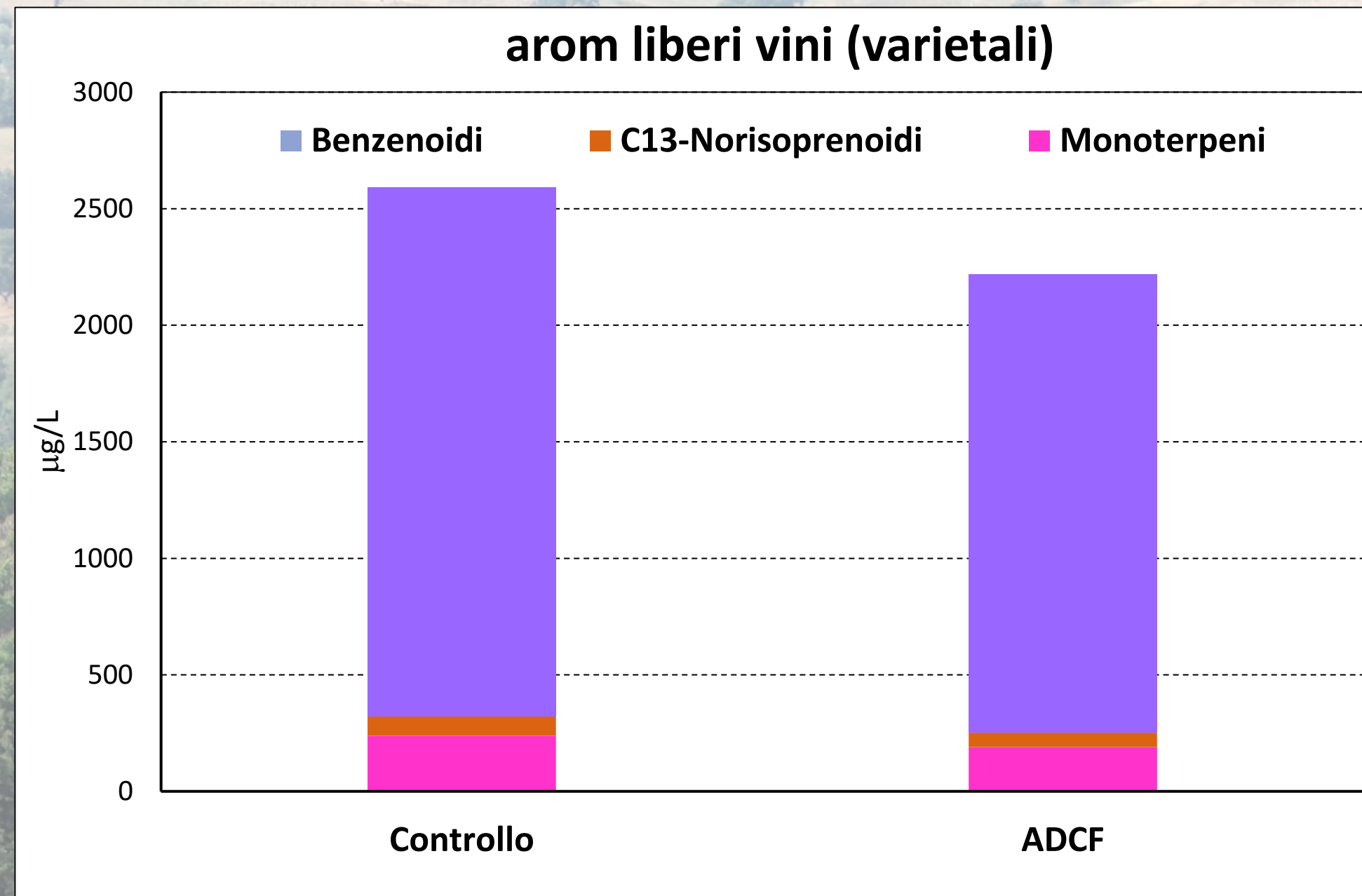
Aromi glicosilati varietali vini Morellino di Scansano



Aromi glicosilati varietali vini Morellino di Scansano

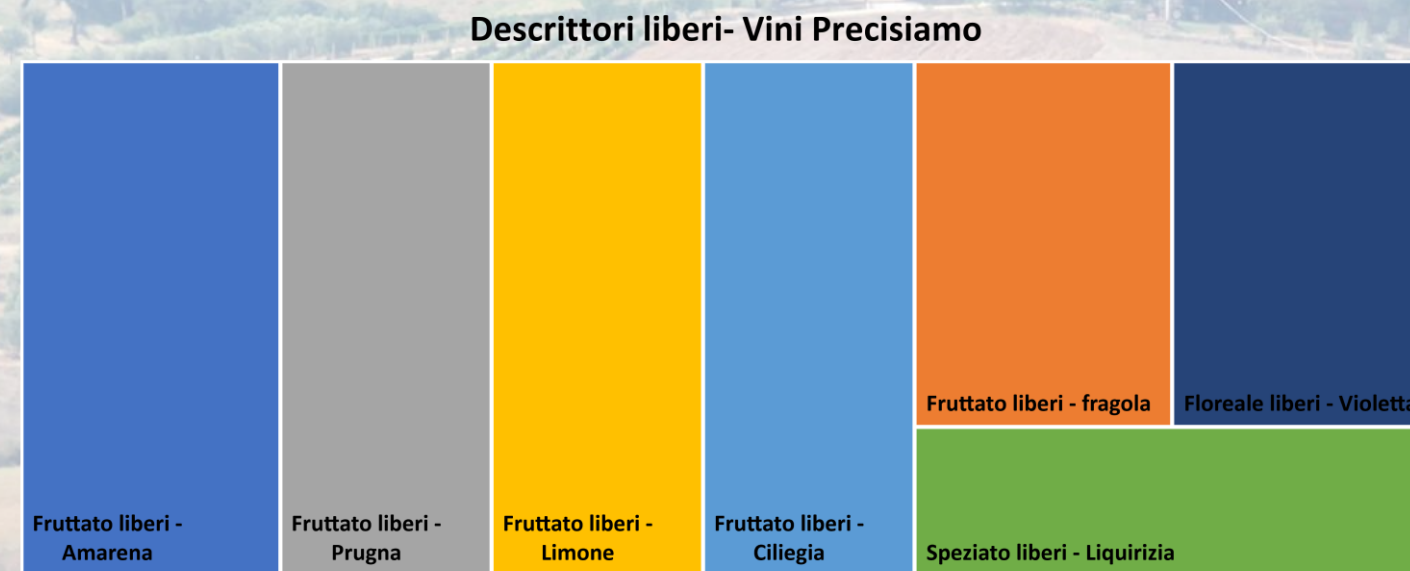


Variazione percentuale aromi glicosilati varietali vini Morellino di Scansano



Aromi liberi varietali vini Morellino di Scansano

Analisi sensoriale



La maggiore ricchezza è stata inoltre supportata dai descrittori liberi espressi dai giudici per il fruttato (mora e prugna), floreale (violetta) e speziato (chiodi di garofano).

Figura 4: Descrittori liberi individuati dai giudici durante l'analisi sensoriale dei vini in bottiglia.

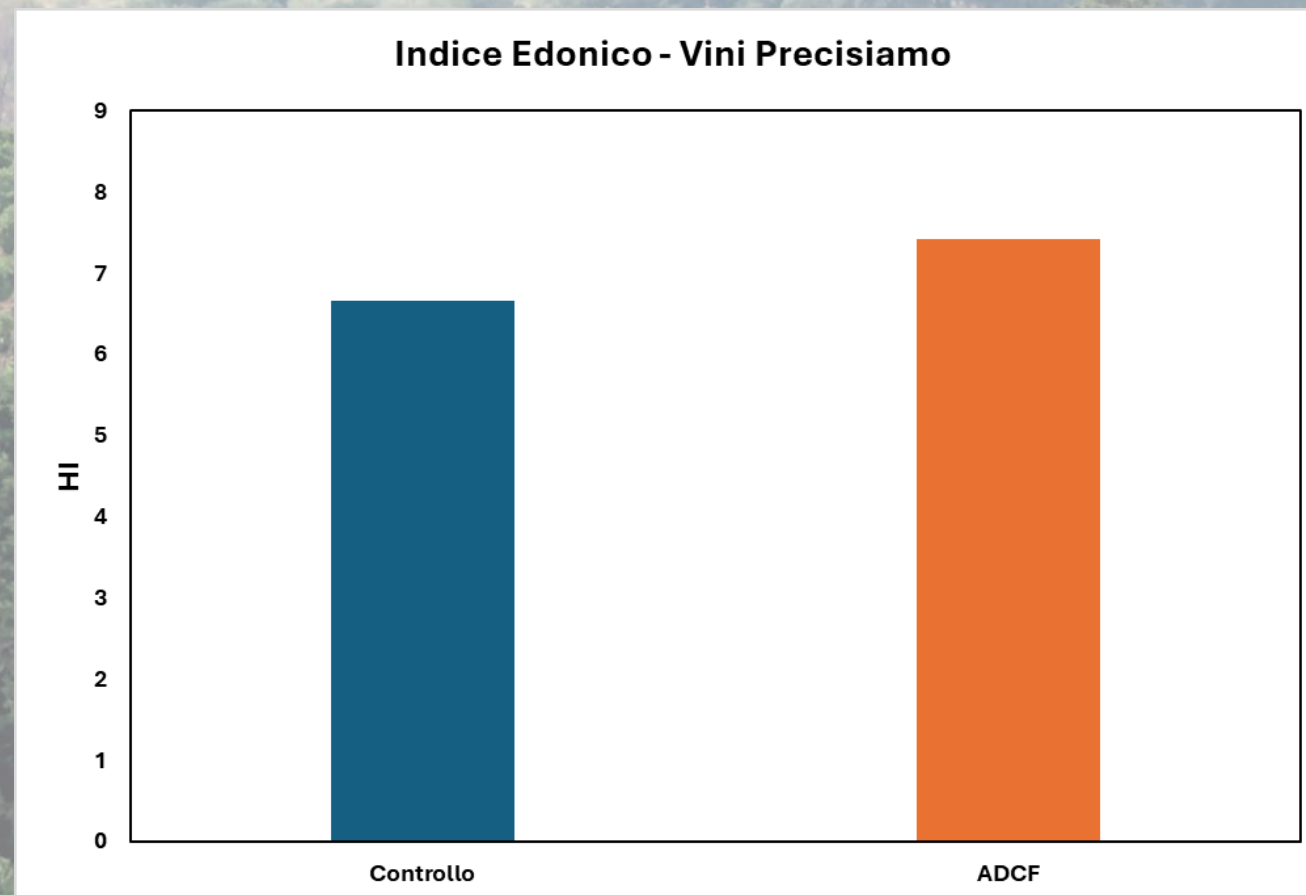
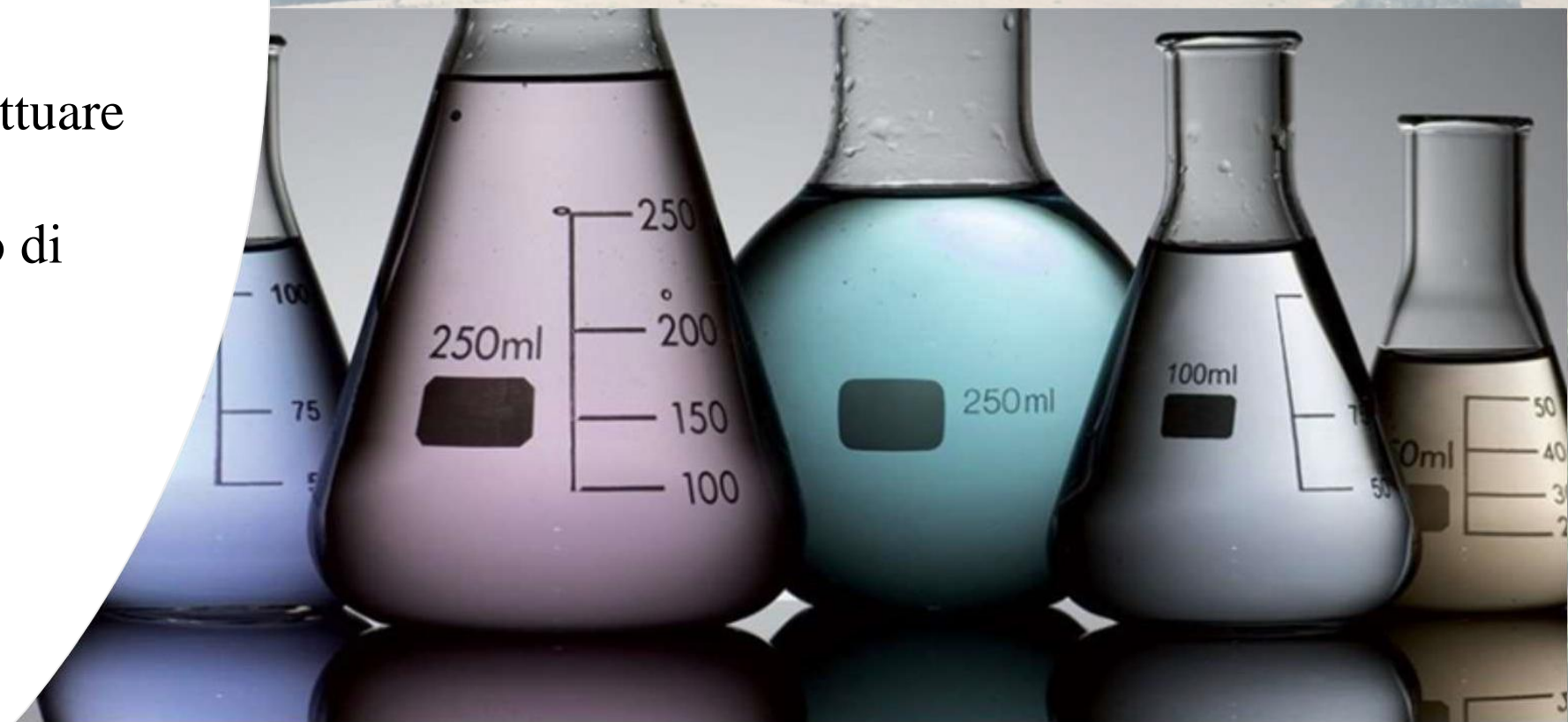


Figura 5: Valore complessivo di gradimento espresso come Indice edonico (HI) calcolato sulla base della valutazione sensoriale dei vini in bottiglia

Infine come indicatore del valore complessivo di gradimento (espresso come Indice edonico), che permette di riassumere la valutazione dei giudici rispetto ai due vini. Vediamo entrambi i vini hanno raggiunto la soglia di 6 (preso come riferimento per l'HI per considerare accettabile il prodotto), ma il vino prodotto con ADCF ha raggiunto un valore maggiore di 7 (maggiore di 1 punto rispetto il vino di Controllo), indicando che la tecnica permette di ottenere vini di maggiore qualità sensoriale ma anche chimico-composizionale come precedentemente individuato dalle analisi chimiche alla fine e durante il processo di fermentazione

Conclusioni

- Oltre alle differenze chimico-composizionali riscontrati nei due vini, le maggiori differenze sono state rilevate dall'analisi sensoriale.
- Il sistema automatizzato permette di effettuare tutte le operazioni di rimontaggio e sommersione del cappello senza l'ausilio di operatori riducendo i costi per l'azienda.



Grazie per l'attenzione



INNOVATIONS
IN WINE
INDUSTRY



