

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e
Ambiente

Corso di laurea magistrale in scienze e tecnologie agrarie

Studio preliminare sugli effetti dell'applicazione
fogliare di estratti secchi di lievito su aspetti
qualitativi di uve bianche

Relatore

Prof. Benedetto Ruperti

Correlatori

Dott.^{ssa} Silvia Quaggiotti

Dott.^{ssa} Marta Rodrigues

Laureando:

Alberto Romani

Matricola n. 1210620

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

INDICE

RIASSUNTO	4
ABSTRACT	4
1. INTRODUZIONE	5
1.1 IMPORTANZA DELLA VITICOLTURA IN ITALIA.....	5
1.2 LE TRE VARIETÀ TESTATE.....	6
1.3 GLI AROMI VARIETALI.....	8
1.3.1 I TERPENI	10
1.3.2 I NORISOPRENOIDI	11
1.3.3 LE METOSSIPIRAZINE	13
1.3.4 I COMPOSTI SOLFORATI.....	13
1.3.5 I BENZENOIDI.....	14
1.3.6 GLI AROMI ERBACEI E LA VIA DELLE LIPOSSIGENASI	15
1.3 GLI AROMI DEI VITIGNI OGGETTO DI STUDIO.....	16
1.3.1 SAUVIGNON BLANC	16
1.3.2 PINOT GRIGIO	17
1.3.3 GLERA.....	18
2. IMPORTANZA DEL MIGLIORAMENTO DEL PROFILO AROMATICO DELLE UVE	20
2.1 I BIOSTIMOLANTI	20
2.2 MIGLIORAMENTO DEL PROFILO AROMATICO DELLE UVE.....	21
3. SCOPO DEL LAVORO	24
4. MATERIALI E METODI	25
4.1 DESCRIZIONE DEL TERRITORIO E GESTIONE DEI VIGNETI.....	25
4.2 SCELTA DEI VITIGNI	27
4.3 TIPOLOGIA, MODALITÀ ED EPOCA DEI TRATTAMENTI	28
4.3.1 SAUVIGNON BLANC	28
4.3.2 PINOT GRIGIO	30
4.3.3 GLERA.....	31
4.4 MATERIALE VEGETALE RACCOLTO.....	32
4.5 ANALISI DI LABORATORIO	34
5. RISULTATI E DISCUSSIONE	35
5.1 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLA CONCIMAZIONE FOGLIARE SULLE CURVE DI MATURAZIONE.....	35
5.1.1 SAUVIGNON BLANC	35

5.1.2 PINOT GRIGIO	39
5.1.3 GLERA.....	41
5.2 ESTRAZIONE DELL’RNA.....	44
6. CONCLUSIONI	48
7. BIBLIOGRAFIA	49
8. SITOGRAFIA.....	51
9. RINGRAZIAMENTI	52

RIASSUNTO

Uno degli obiettivi principali per i viticoltori è quello di ottenere uve con un'adeguata maturazione tecnologica ed aromatica, in modo da produrre vini di qualità. Alla luce dei cambiamenti climatici degli ultimi anni, che concorrono a determinare un peggioramento qualitativo delle uve, un'adeguata concimazione può offrire un valido contributo all'ottenimento di bacche con una buona concentrazione di precursori aromatici. Numerose ricerche hanno evidenziato come le concimazioni fogliari a base di estratti secchi di lieviti inattivati possano avere effetti positivi sul profilo aromatico delle uve e dei vini da queste ottenuti, senza danneggiarne la maturazione tecnologica. Sulla base di queste evidenze, è stata intrapresa questa sperimentazione, con l'obiettivo di verificare l'effetto di una concimazione fogliare con estratti secchi di lievito inattivati sui parametri di maturazione e sulla componente aromatica di tre vitigni a bacca bianca, Sauvignon Blanc, Pinot Grigio e Glera. I risultati ottenuti nella presente sperimentazione hanno confermato che questa concimazione fogliare non influisce in modo sostanziale sulla maturazione tecnologica delle bacche, in linea con i precedenti studi sull'argomento. Sono in corso di verifica gli effetti del trattamento sul profilo aromatico delle uve tramite analisi gascromatografica.

ABSTRACT

One of the main objectives for winemakers is to obtain grapes with adequate technological and aromatic ripeness, in order to produce quality wines. In light of the climatic changes of recent years, which contributes to the deterioration of the quality of the grapes, an adequate fertilization can offer a valid contribution to obtain berries with a good concentration of aromatic precursors. Numerous researches have shown how foliar fertilizations based on dry extracts of inactivated yeasts can have positive effects on the aromatic profile of the grapes and the wines obtained from them, without impacting significantly their technological maturation. In light of these evidences, this experimentation was undertaken, with the aim of verifying the effect of foliar fertilization with inactivated dry yeast extracts on the ripening parameters and on the aromatic component of three white grape varieties, Sauvignon Blanc, Pinot Gray and Glera. The results obtained in this experiment confirmed that this foliar fertilization does not affect the technological ripening of the berries, in line with previous studies on the subject. The analysis of the effects of the treatment on the aromatic profile of the grapes through gas chromatography are underway.

1. INTRODUZIONE

1.1 IMPORTANZA DELLA VITICOLTURA IN ITALIA

La viticoltura rappresenta l'insieme delle tecniche agronomiche finalizzate alla coltivazione della vite (*Vitis vinifera L.*) per la produzione di vino. La storia della viticoltura in Italia ha origini molto antiche, tanto che i Greci la chiamavano Enotria (ovvero "terra del vino") per sottolinearne la grande vocazione vitivinicola. Questa parola deriva a sua volta da *Oinotron*, che in greco indica un palo di legno a sostegno della pianta di vite, e da *Oinos*, che significa vino.

La vocazione italiana per la viticoltura è più che mai attuale: secondo gli ultimi dati OIV (Organizzazione Internazionale della Vigna e del Vino) disponibili, l'Italia risulta il primo produttore mondiale davanti alla Francia e alla Spagna; questi tre Paesi insieme rappresentano il 53% dell'intera produzione mondiale di vino (i dati sono espressi in milioni di ettolitri).

	2016	2017	2018	2019 Provv.	2020 Prev.	2020/2019 % Var.
Italia	50,9	42,5	54,8	47,5	49,1	3%
Francia	45,4	36,4	49,2	42,2	46,6	11%
Spagna	39,7	32,5	44,9	33,7	40,7	21%
USA	24,9	24,5	26,1	25,6	22,8	-11%
Argentina	9,4	11,8	14,5	13,0	10,8	-17%
Australia	13,1	13,7	12,7	12,0	10,6	-11%
Sud Africa	10,5	10,8	9,5	9,7	10,4	7%
Cile	10,1	9,5	12,9	11,9	10,3	-13%
Germania	9,0	7,5	10,3	8,2	8,4	2%
Cina	13,2	11,6	9,3	7,8	6,6	-16%

Tabella 1: Produzione di vino (esclusi succhi e mosti) nei principali paesi. (Fonte: <https://www.oiv.int>).

La viticoltura rappresenta un settore di eccellenza in Italia per le sue produzioni, sia per la qualità che per la quantità. Oltre ad essere il primo produttore mondiale di vino, l'Italia è anche il primo esportatore per volume a livello mondiale e il secondo per valore delle esportazioni, superato in questo caso solo dalla Francia (il volume è espresso in milioni di ettolitri, il valore in milioni di Euro).

Anno	Volume		Valore	
	2019	2020	2019	2020
Italia	21,4	20,8	6.387	6.233
Spagna	21,4	20,2	2.718	2.626
Francia	14,3	13,6	9.794	8.736
Cile	8,7	8,5	1.716	1.595
Australia	7,4	7,5	1.829	1.787

Tabella 2: Principali esportatori di vino. (Fonte: <https://www.oiv.int>).

1.2 LE TRE VARIETÀ TESTATE

Le varietà testate in questo lavoro di tesi sono state tre: Sauvignon Blanc, Pinot Grigio, Glera. La decisione di utilizzare vitigni a bacca bianca è stata presa in quanto la quasi totalità dei lavori pubblicati sull'argomento trattato riguardavano vitigni a bacca rossa, mentre le informazioni ottenute da studi condotti su vitigni a bacca bianca sono molto scarse.

Il Sauvignon Blanc è un vitigno a bacca bianca tra i più diffusi al mondo. È originario della Francia, più precisamente dalle zone di Bordeaux e della Loira. L'origine del suo nome deriva dalle parole francesi *sauvage* e *vignon*, che significano rispettivamente “selvaggio” e “vigneto”; pare che sia stato coniato questo termine poiché la pianta, e in particolare la forma delle foglie, ricorda quella delle viti selvatiche.

Oltre alla Francia, questo vitigno viene coltivato con successo in California, in molti stati del Sud America, in Sudafrica, in Australia e in Nuova Zelanda. In Italia le regioni più vocate per la sua coltivazione sono il Friuli-Venezia Giulia e il Trentino-Alto Adige, tuttavia è comunque presente in altre zone con ottimi risultati come ad esempio Lombardia e Sicilia.

Per esprimere al meglio i propri aromi e qualità organolettiche, il Sauvignon Blanc predilige zone con un clima fresco, come ad esempio la zona originaria della valle della Loira o il Friuli, dove viene prevalentemente vinificato ed affinato in acciaio; nei paesi a clima più caldo, come la California, si tende invece spesso all'affinamento in botti di legno. L'affinamento in acciaio viene fatto allo scopo di conservarne le caratteristiche organolettiche, invece il legno attenua le note aromatiche dell'uva consentendo tuttavia affinamenti più lunghi in bottiglia. La scelta del momento per la vendemmia è un momento molto critico; infatti, se vendemmiato troppo presto risulta essere troppo acido e poco

aromatico, mentre se raccolto troppo tardi perde buona parte della sua tipica acidità. Il Sauvignon Blanc risulta molto sensibile alla formazione di muffe, in particolare *Botrytis Cinerea*, le quali sono desiderate per la produzione di vini muffati, come ad esempio il Sauternes, in cui il Sauvignon viene usato per aggiungere acidità.

Il Pinot Grigio è un vitigno originario della regione della Borgogna, in Francia, e deriva da una mutazione genetica del Pinot Nero. L'origine del nome francese "pinot" deriva dalla parola *pin*, che significa letteralmente "pigna", in quanto la forma del grappolo ricorda appunto una piccola pigna, caratteristica che accomuna tutti i vitigni dal nome "pinot". Nonostante venga vinificato molto spesso in bianco, come risulta evidente dal nome il colore della bacca risulta più scuro, tendente al blu-grigio; se vinificato a contatto con le bucce il vino assume un peculiare colore ramato.

La coltivazione richiede condizioni particolari e attenzione non solo in campo ma anche nella fase successiva di produzione. Il Pinot Grigio necessita infatti di un habitat particolare, caratterizzato da climi abbastanza freddi e terreni compatibili, freschi, non umidi e mediamente fertili. Per questo motivo, la coltivazione al di fuori dell'area di origine non risulta facile, e soprattutto inizialmente i risultati non sono stati buoni. A causa della necessità di un clima freddo, in Italia le regioni più adatte alla coltivazione di Pinot Grigio sono Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Trentino-Alto Adige e Lombardia.

Il Pinot Grigio ha avuto un grosso successo soprattutto nell'ultimo ventennio, imponendosi come vino maggiormente apprezzato e consumato nel territorio italiano, anche se attualmente si è verificata un'inversione di tendenza per cui si è avuto un forte calo nella sua richiesta nel mercato italiano. Per questa ragione ben l'80% del Pinot Grigio prodotto nelle regioni italiane viene esclusivamente esportato a livello mondiale.

La Glera è un vitigno a bacca bianca, ideale per la spumantizzazione e alla base della produzione del Prosecco DOC, dell'Asolo DOCG e del Conegliano-Valdobbiadene Prosecco DOCG; da disciplinare, nella produzione di Prosecco la Glera deve costituire almeno l'85% delle uve utilizzate.

La Glera è un vitigno dalle origini antiche, coltivato già in epoca romana; una prima ipotesi vede la Glera originaria di Prosecco, un piccolo comune del Carso triestino, mentre un'altra ipotesi lo vede partire dai Colli Euganei. La zona di elezione per eccellenza di questo vitigno è il Veneto, in particolare l'area collinare tra Conegliano e Valdobbiadene; tuttavia, recentemente la sua coltivazione si è estesa anche al Friuli-Venezia Giulia. Si tratta di un vitigno vigoroso e robusto, che produce grappoli grandi e lunghi con acini giallo-dorati, con una produttività buona e costante; predilige terreni ripidi, ben drenati e con una buona esposizione al sole.

1.3 GLI AROMI VARIETALI

Gli aromi del vino sono molto vari e numerosi, e si suddividono in base alla loro origine in 3 categorie:

- aromi varietali o primari: sono le sostanze derivate dal metabolismo già presenti nell'uva responsabili dell'impronta aromatica, sono quindi gli aromi dovuti alla varietà utilizzata ma anche al *terroir*, che riassume la combinazione di tutti i fattori che contribuiscono alla tipicità di un vino, quali ad esempio posizione geografica, suolo, clima, tecnica viticola, modalità di coltura;
- aromi fermentativi o secondari: si sviluppano durante la fase di fermentazione alcolica ad opera di lieviti e batteri; la maggior parte dei composti che si formano in questa fase sono alcoli superiori ed esteri, che conferiscono al vino note floreali e fruttate;
- aromi post-fermentativi o terziari: sono prodotti durante l'invecchiamento del vino in botti di legno e/o l'affinamento in bottiglia; sono dovuti a processi di ossidazione e al rilascio nel vino di alcuni composti chimici da parte del legno, e diventano la fonte di importanti componenti odorose del cosiddetto "bouquet" del vino.

Gli aromi primari si individuano principalmente nell'esocarpo delle bacche. Iniziano ad accumularsi solo dopo l'invasatura e aumentano durante la maturazione. Una frazione di questi aromi presenti nella buccia deriva solo in seguito ad idrolisi, in quanto le molecole che li compongono si trovano legate o glicosilate ad altre sostanze chimiche che le rendono non volatili, e quindi inodori.

In base al contenuto di aromi varietali le uve vengono classificate in due gruppi distinti:

- *uve aromatiche*, ovvero quelle in cui gli aromi liberi sono presenti in concentrazioni superiori alla loro soglia olfattiva e, quindi, immediatamente percettibili con la degustazione dell'uva; questi vitigni hanno, perciò, un carattere varietale molto riconoscibile, con concentrazioni di terpeni liberi nel mosto superiori a 6 mg/L (tra i vitigni aromatici rientrano, ad esempio, Malvasie, Moscati, Traminer aromatici)

- *uve neutre* o *non aromatiche*, ovvero quelle in cui gli aromi liberi sono presenti in concentrazioni inferiori alla loro soglia olfattiva e, perciò, non percettibili tramite la degustazione dell'uva; questi vitigni hanno un carattere varietale non evidentemente riconoscibile, e il *terroir* prende quindi il sopravvento sul carattere intrinseco del vitigno, le concentrazioni di terpeni liberi nel mosto in questo caso sono inferiori a 0,5 mg/L.

Gli aromi varietali si distinguono in base alla loro origine e famiglia chimica di appartenenza (Tabella 3):

- composti terpenici;
- norisoprenoidi;
- metossipirazine;
- composti solforati con una componente tiolica (mercaptani);
- benzenoidi.

GLI AROMI VARIETALI DEL VINO			
GRUPPO	COMPOSTO	SOGLIA OLFATTIVA	NOTA OLFATTIVA
Monoterpeni	Linalolo	50-80 ppm	Floreale, rosa
	Geraniolo	50-80 ppm	Floreale, geranio
	Citronellolo	30-50 ppm	Agrume, citronella
	α -terpinolo	400 ppb	Canfora
	ho-trienolo	100 ppb	Balsamico, tiglio
Norisoprenoidi	β -damascenone	0,05-5 ppb	Frutta esotica
	β -ionone	1,5 ppb	Violetta
Pirazine	3-metossi-2-isobutilpirazina	2 ppt	Peperone verde
	3-metossi-2-isopropilpirazina	2 ppt	Legumi cotti
Mercaptani	4-mercapto-4-metilpentan-2-one	4 ppt	Foglia di pomodoro
	3-mercaptoesan-1-olo	40 ppt	Pompelmo, frutto della passione
Benzenoidi	4-idrossi-3-metossibenzaldeide	200 ppt	Vaniglia
	Alcol benzilico	2000 ppb	Frutta secca, mandorla

Tabella 3: Principali gruppi di aromi varietali del vino con le rispettive soglie e note olfattive. (Fonte: Fregoni, 1998).

1.3.1 I TERPENI

I composti terpenici fanno parte di una famiglia di sostanze costituite da multipli di unità isopreniche. I composti terpenici aromatici si trovano sotto forma di monoterpeni, composti da 10 atomi di carbonio e formati da due unità di isoprene, e di sesquiterpeni, composti da 15 atomi di carbonio e formati da tre unità di isoprene. I monoterpeni si possono trovare sotto varie forme (figura 1): idrocarburi semplici, aldeidi (linalale, geraniale), alcoli (linalolo, geraniolo, citronellolo), acidi (acido linalico e geranico), esteri (acetato di linalile) (Figura 1).

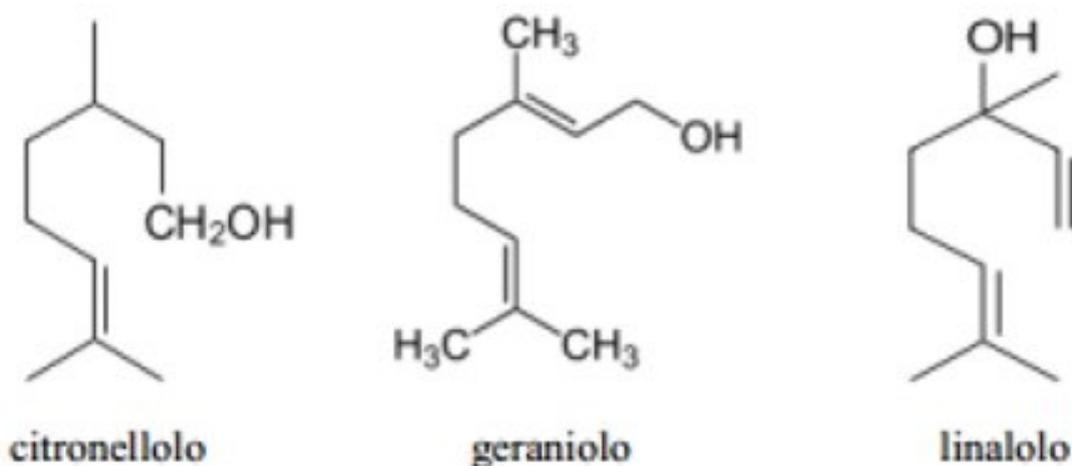


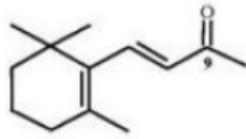
Figura 1: Struttura chimica di alcuni alcoli monoterpenici.

La sintesi di questi composti avviene attraverso la via dell'acido mevalonico, a partire da isopentil pirofosfato (IPP) e dimetilallil pirofosfato (DMAPP). Il contenuto terpenico nell'uva tende ad aumentare fino alla completa maturazione dell'acino per poi diminuire. I terpeni sono contenuti principalmente nella buccia dell'uva e conferiscono i tipici sentori di fiori o di frutta caratteristici dei vini aromatici, concorrendo nella determinazione dell'aroma "moscato" tipico di alcune varietà di uva come Gewürztraminer, Moscato Bianco, Riesling Renano, Müller-Thürgau; tuttavia, si possono anche ossidare conferendo, in questo caso, sentori negativi. I principali monoterpenoli all'interno dell'acino si trovano sotto forma di glicosidi, ovvero legati a molecole di glucosio, arabinosio, ramnosio e apiosio. I precursori aromatici volatili si presentano, quindi, sia liberi che legati con gli zuccheri: la buccia risulta più ricca in monoterpenoli liberi, ad esempio geraniolo e nerolo, mentre i monoterpenoli legati sono contenuti in quantità simile nella buccia e nella polpa. I monoterpeni in forma legata sono inodori, e il loro aroma terpenico risulta percettibile solo dopo l'azione di un enzima, la β -glucosidasi, che si trova nel lievito, nell'uva oppure può essere estratto a livello industriale.

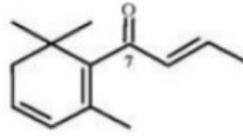
1.3.2 I NORISOPRENOIDI

I norisoprenoidi derivano dalla degradazione chimica, fotochimica e dall'ossidazione enzimatica dei carotenoidi. Ne esiste più di un tipo, in relazione al numero di atomi di carbonio da cui sono composti, infatti possono averne 9, 10, 11 o 13; questi ultimi sono gli unici ad avere un interesse per le caratteristiche odorose del vino, conferendo sentori tipici di frutta matura e frutta esotica. Questi composti, dal punto di vista chimico, si suddividono in due gruppi: le forme megastigmane e le forme non megastigmane (figura 2).

Forme megastigmane

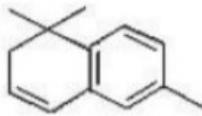


β -ionone
(serie ionone)

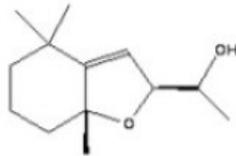


β -damascenone
(serie damascone)

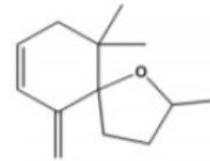
Forme non megastigmane



TDN
(1,1,6 trimetil-1,2-diidronaftalene)



actinidolo



vitispirano

Figura 2: Struttura chimica di alcuni C13 norisoprenoidi identificati nel vino; in alto le forme megastigmane, in basso quelle non-megastigmane.

Le forme megastigmane possiedono una struttura a sei atomi di carbonio, con gruppi metilici sul C1 e C5 e una catena alifatica a 4 atomi di carbonio sul C6, ossigenata sul C7 (serie damascone) o sul C9 (serie ionone). Il β -damascenone presenta un odore complesso caratterizzato da note di fiori, frutta esotica, the e composta di mele, il β -ionone invece conferisce un profumo di violetta; entrambi presentano comunque soglie di percezione piuttosto basse.

Le forme non megastigmane possiedono una struttura costituita da un doppio anello a 6 atomi di carbonio. Tra queste, il TDN (1,1,6 trimetil-1,2-diidronaftalene) ha un ruolo importante nella formazione della nota di cherosene nei vini Riesling invecchiati in bottiglia; infatti, si origina nel vino durante l'invecchiamento mentre è assente nelle bacche e nel vino giovane. Altre sostanze non megastigmane sono gli actinidoli e i vitispirani, che possiedono un caratteristico odore di canfora.

L'esposizione alla luce solare, la rimozione delle foglie e il microclima dei grappoli possono alterare significativamente le concentrazioni di norisoprenoidi nell'uva e nei vini. In particolare, rimuovendo tutte le foglie laterali e primarie, si sono osservate le più alte concentrazioni di TDN e vitispirani, mentre l'ombreggiamento senza defogliazione favorisce elevate concentrazioni di β -damascenone.

1.3.3 LE METOSSIPIRAZINE

Le metossipirazine sono molecole azotate derivanti da processi metabolici degli amminoacidi. La loro struttura è costituita da un anello eterociclico a sei atomi, caratterizzato da un gruppo metossilico e da una catena alchilica. I principali composti appartenenti al gruppo delle metossipirazine sono l'isopropil-metossipirazina (IPMP) e l'isobutil-metossipirazina (IBMP) (figura 3).

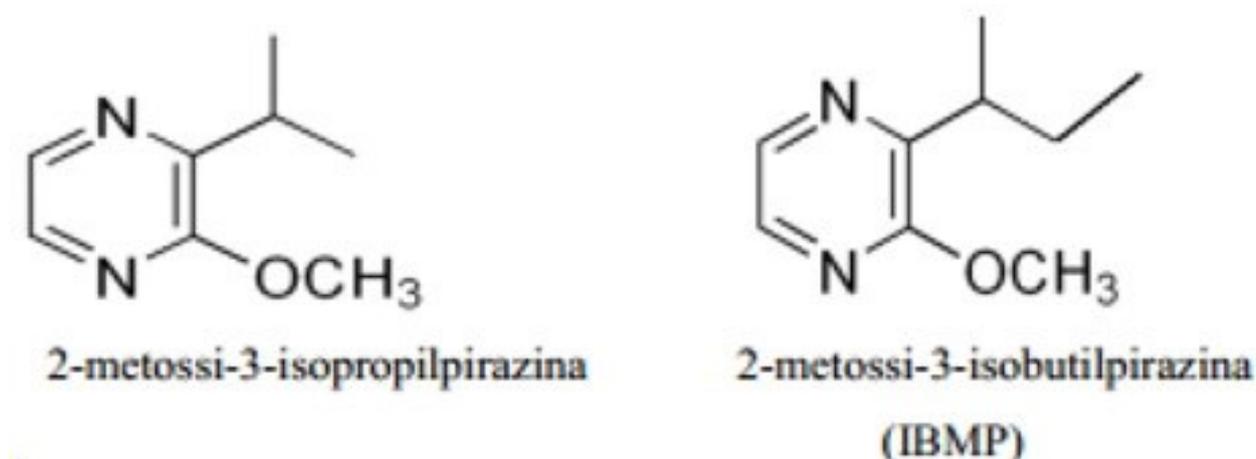


Figura 3: Struttura chimica dei composti appartenenti alla classe delle metossipirazine identificati nelle uve.

La concentrazione in metossipirazine risulta essere elevata nell'uva immatura, raggiungendo l'apice poco prima dell'invasatura per poi ridursi durante la maturazione (Lacey *et al.*, 1991; Katumi e Samuta, 1999). Sono localizzate essenzialmente nella buccia e il loro contenuto nelle uve durante la maturazione è fortemente influenzato dalle condizioni ambientali (suolo e clima) e dalle tecniche colturali (de Boubèe *et al.*, 2000), oltre che dall'esposizione alla luce del grappolo, che porta a una loro riduzione durante la maturazione. La soglia di percezione di queste sostanze è molto bassa, sono caratterizzate da note di vegetale, peperone verde, asparago e legumi cotti. Essendo altamente volatili, presentano un forte impatto olfattivo. Una quantità eccessiva di metossipirazine denota una mancanza di maturità e può deprimere l'aspetto qualitativo delle uve.

1.3.4 I COMPOSTI SOLFORATI

I composti solforati possono essere suddivisi chimicamente in quattro gruppi principali: mercaptani (tioli e tioesteri) (Figura 4), sulfidi, polisulfidi e composti eterociclici. La famiglia più rappresentativa è quella dei mercaptani, alla quale appartengono tioli e tioesteri come il 4-mercapto-4-metilpentan-2-one, il 3-mercaptoesan-1-olo, il 3-mercaptoesilacetato, il 3-mercapto-3-metilbutanolo, il 4-mercapto-4-metilpentanolo, il 2-mercaptoetilacetato ed il 3-mercaptopropilacetato (Darriet *et al.*, 1995; Tominaga *et al.*, 1998a; Lopez *et al.*, 2003).

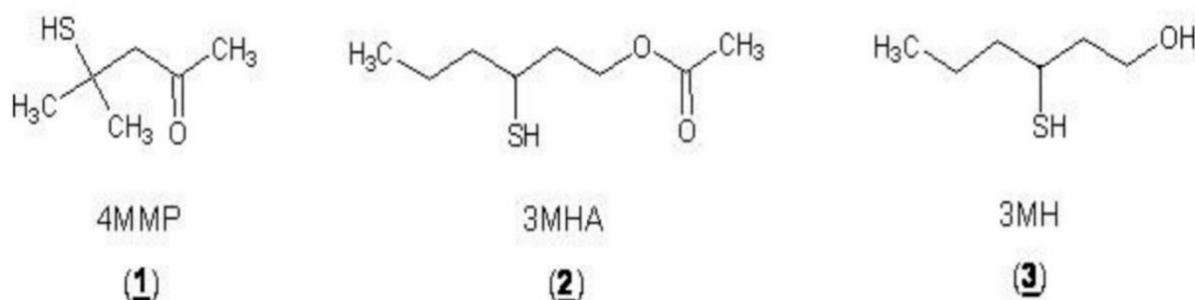


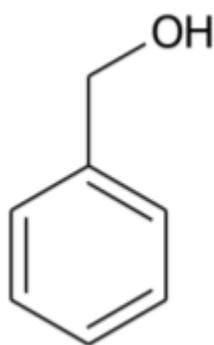
Figura 4: Struttura chimica dei composti appartenenti alla classe dei mercaptani rilevati nell'uva; (1): 4-mercapto-4-metilpentan-2-one; (2): 2-mercaptoesilacetato; (3): 3-mercaptoesan-1-olo.

Il 4-mercapto-4-metilpentan-2-one (4MMP) e il 3-mercapto-esan-1-olo (3MH) sono caratterizzati da note di limone, pompelmo e frutto della passione, il 3-mercapto-3-metilbutanolo conferisce l'odore del porro cotto e il 3-mercaptoesilacetato viene associato all'aroma di frutto della passione, bosso e ginestra. Le note di tostato e grigliato sono imputabili alla presenza del 2-mercaptoetilacetato e 3-mercaptopropilacetato (Mestres *et al.*, 2000). È stato osservato che basse concentrazioni del 4-mercapto-4-metilpentan-2-one richiamano l'aroma del ribes nero, al contrario alte concentrazioni possono risultare sgradevoli in quanto ricordano l'odore di urina di gatto (Pearce *et al.*, 1967; Darriet *et al.*, 1995; Guth, 1997a).

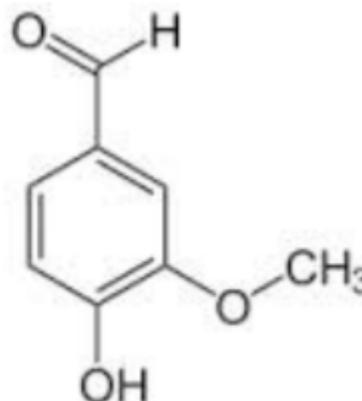
Nonostante i mercaptani vengano classificati come aromi varietali, nel mosto d'uva non vengono rilevati, in quanto vengono rilasciati dai rispettivi precursori aromatici (S-coniugati) a seguito dell'attività delle β -lasi dei lieviti durante la fermentazione alcolica. Oltre che dall'ambiente di coltivazione e dal clone, il livello dei precursori nell'uva è influenzato anche dalla concentrazione di azoto nella pianta: in particolare, un'alta concentrazione di questo elemento ha un'incidenza positiva sul livello dei precursori.

1.3.5 I BENZENOIDI

I benzenoidi donano al vino note balsamiche e speziate (Dunlevy *et al.*, 2009). La loro biosintesi (Figura 5) è legata a quella dei composti fenolici e delle lignine, e risulta essere controllata dalla varietà.



alcol benzilico



vanillina

Figura 5: Struttura chimica di due composti aromatici varietali dell'uva appartenenti alla classe dei benzenoidi.

Alla classe dei benzenoidi appartengono composti, aventi come caratteristica comune un anello benzenico e si possono suddividere in:

- composti ad anello benzenico non sostituito come l'alcol benzilico dal caratteristico odore di frutta secca e di mandorla, il β -fenilietanolo e la benzaldeide;
- composti con un ossidrile sostituente come il salicilato di metile e la 4- idrossibenzaldeide;
- composti con due ossidrili sostituenti, derivati dell'acido salicilico;
- composti con un gruppo funzionale guaiacolo tra i quali rientra, oltre all'alcol vanillico e all'aceto vanillone, la vanillina (4-idrossi-3-metossibenzaldeide) dal caratteristico odore di vaniglia;
- composti con un ossidrile e due metossili sostituenti come la siringaldeide e l'aceto Siringone (Di Stefano, 1996).

1.3.6 GLI AROMI ERBACEI E LA VIA DELLE LIPOSSIGENASI

Gli aromi erbacei si formano in seguito a una catena di reazioni enzimatiche detta "via della lipossigenasi" (LOX pathway), attivata durante gli stadi di pre-maturazione (mature green), ma specialmente innescata dalla lacerazione dei tessuti vegetali in presenza di ossigeno. Questa via biosintetica porta rapidamente alla formazione di aldeidi e alcoli a 6 atomi di carbonio responsabili del caratteristico odore erbaceo e di frutta acerba. I precursori della via metabolica sono gli acidi grassi polinsaturi, linoleico (C18:2) e linolenico (C18:3) presenti prevalentemente nei lipidi dell'esocarpo e dei vinaccioli, da cui derivano rispettivamente l'esenale e l'esenale. Nell'uva sono

stati identificati diversi aldeidi e alcoli C6 (esanale, Z 3-esenale, E 2-esenale, 1-esanolo, Z e E 3-esen-1-olo, E 2-esenolo, 2,4- esadien-1-olo) (Figura 6), dotati di una bassa soglia olfattiva.

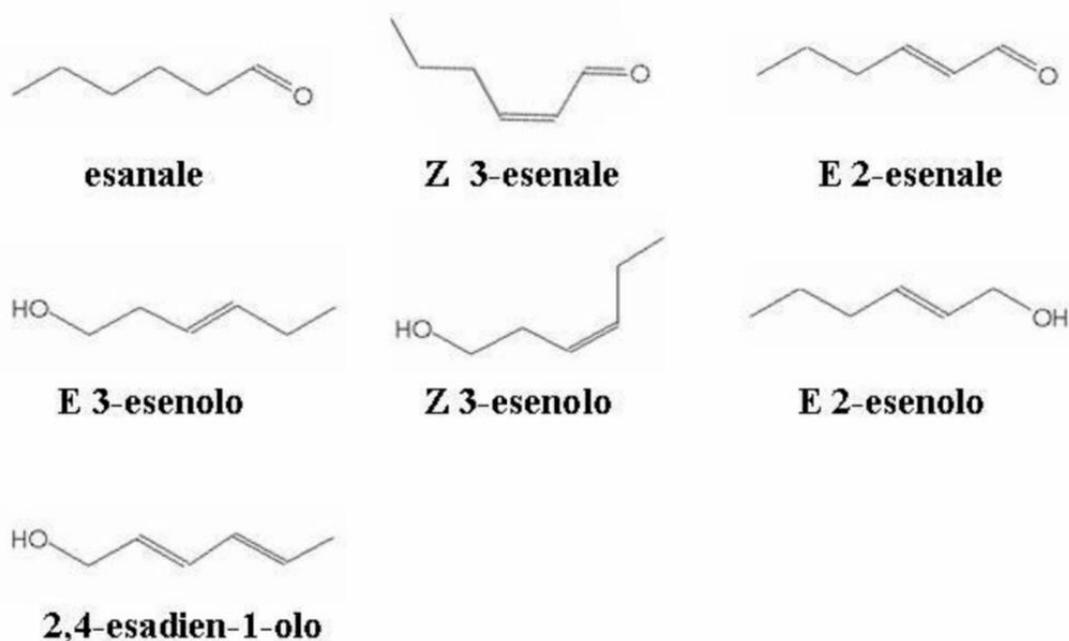


Figura 6: Struttura chimica dei principali composti C6 identificati nell’uva (aldeidi e alcoli C6).

1.3 GLI AROMI DEI VITIGNI OGGETTO DI STUDIO

È stato già affermato come siano molte le variabili che giocano un ruolo importante per la definizione del profilo aromatico del vino. Fondamentale risulta in primo luogo il fattore ambientale, ovvero le condizioni climatiche e pedologiche della zona in cui si trova il vigneto, che conferiscono al vino note gustative e olfattive inconfondibili e riconducibili al territorio d’origine. Altri fattori che possono influenzare in modo determinante l’espressione aromatica sono le tecniche agronomiche e colturali utilizzate, oltre alla capacità predittiva della migliore epoca vendemmiale. Tuttavia, la variabile più importante nel determinare il profilo aromatico è senza dubbio quella dei geni, infatti per ogni varietà i valori quantitativi delle diverse classi di molecole aromatiche, e in particolare i rapporti fra esse, risultano sempre mediamente costanti.

1.3.1 SAUVIGNON BLANC

Il Sauvignon Blanc è un vitigno che origina un’uva considerata aromatica, e la sua presenza nel vino è facilmente riconoscibile grazie alla sua ricchezza e varietà di aromi. Le molecole più importanti che conferiscono la tipica aromaticità di questo vitigno appartengono alle classi dei tioli e delle metossipirazine.

I composti tiolici si generano durante la fermentazione alcolica, da precursori non odorosi presenti nell'uva e nel mosto. Avendo una soglia di percezione molto bassa, hanno un impatto importante sull'aroma del Sauvignon Blanc; se presenti in percentuali elevate, danno al vino odori sgradevoli, mentre se presenti in piccole proporzioni, possono originare un ventaglio ben diversificato di profumi gradevoli e caratteristici, come si evince dalla tabella 3.

Composto	Soglia di percezione (µg/l)	Descrittori
4-MMP 4-mercapto-4-metil-pentan-2-one	0.8	bosso
3-MHA 3-mercapto-esan-1-olo acetato	4.2	bosso, frutto della passione
3-MH 3-mercaptoesan-1 olo	6.0	frutto della passione, pompelmo
4-MMPOH 4-mercapto-4-metil-pentan-2-olo	55	scorza di limone
3-MMB 3-mercapto-3-metil-butan-1-olo	1500	verdure cotte
benzenmetantiolo	0,3	pietra focaia

Tabella 3: Principali composti tiolici implicati nel patrimonio aromatico del Sauvignon Blanc (Fonte: <https://enologia.blog>).

Storicamente, il Sauvignon Blanc è sempre stato considerato un vino dai forti sentori erbacei e vegetali, dovuti principalmente alle metossipirazine; tuttavia, bisogna prestare particolare attenzione all'epoca di vendemmia, in quanto se l'uva viene raccolta troppo presto può conferire al vino un sentore esasperatamente erbaceo, segno di una maturazione non ottimale. Tra le metossipirazine più presenti nel Sauvignon Blanc, la 2-metossi-3-isobutilpirazina (IBPM) è quella che più contribuisce al tipico aroma erbaceo di questa varietà. Le pirazine si trovano prevalentemente nella buccia, infatti alla raccolta le bucce contengono oltre il 95% delle pirazine contenute nell'acino, mentre nella polpa ce ne sono molto poche (Roujou de Boubée *et al.*, 2002). I principali aromi dovuti a questi composti riscontrabili nei vini Sauvignon sono peperone verde, bosso, ginestra, pompelmo, uva spina, frutto della passione e, in alcuni casi, fume (Tominaga *et al.*, 1998).

1.3.2 PINOT GRIGIO

Le caratteristiche e gli aromi del Pinot Grigio si differenziano molto in base alla zona di produzione: le uve coltivate in zone con un clima particolarmente freddo e costante danno origine a un vino corposo e strutturato, mentre quelle coltivate in aree più soggette a escursioni termiche produrranno un vino molto più aromatico e dal sapore più fruttato. Le principali classi di composti aromatici presenti in questa varietà sono: i terpenoli (in particolare linalolo e geraniolo), che donano note floreali, fruttate e agrumate; i norisoprenoidi (il damascenone in particolare è caratteristico di questa varietà), che donano note speziate e di frutti tropicali; i benzenoidi, che donano note balsamiche e speziate (Battista *et al.*, 2016). Al naso, il tratto comune è rappresentato da sentori fruttati di mela e

pera, mentre in particolari siti ed annate sono preminenti le note di albicocca e pesca; inoltre, sono percepibili le note floreali del biancospino e di acacia (Gaiotti *et al.*, 2016).

Un recente studio ha dimostrato come le uve provenienti dalle zone dell'alta pianura del Piave si sono contraddistinte per un maggior tenore in norisoprenoidi (Figura 7); il contenuto in terpeni è stato invece simile nelle zone dell'alta e della bassa pianura (Gaiotti *et al.*, 2016).

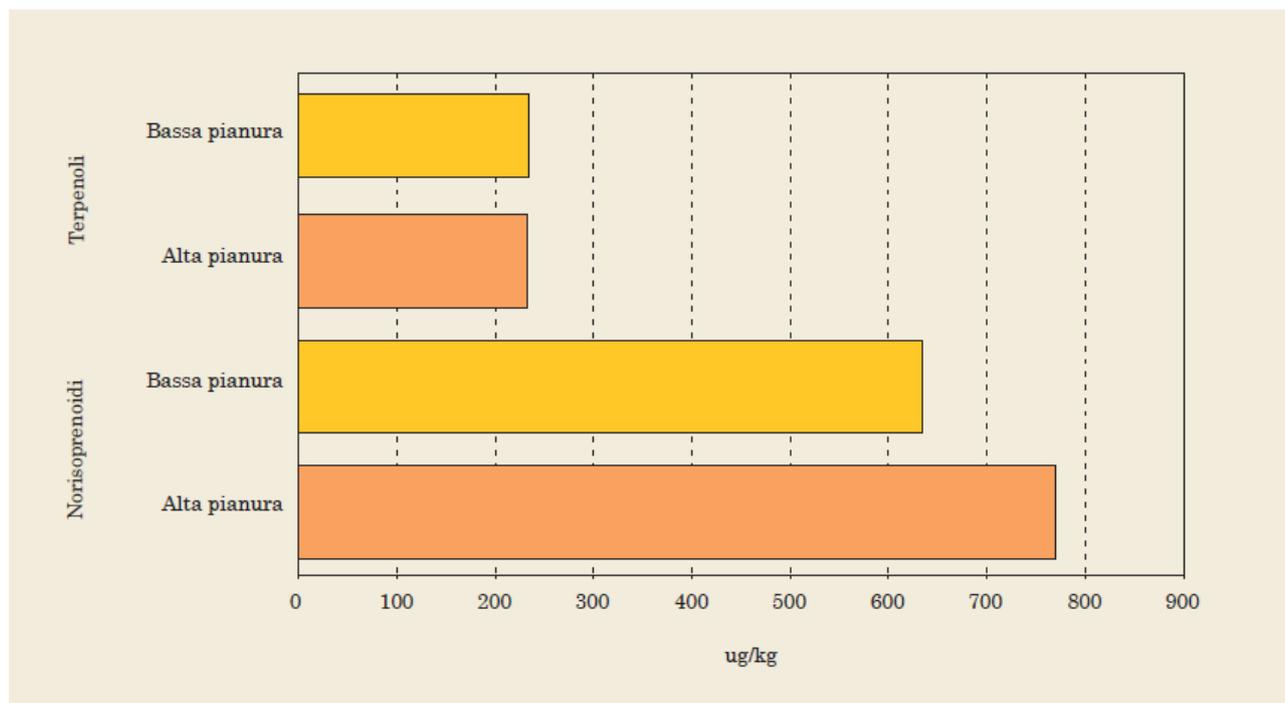


Figura 7: Valori medi dei composti aromatici delle uve Pinot grigio dell'alta e bassa pianura.

1.3.3 GLERA

L'intenso e inconfondibile bouquet aromatico del Prosecco è dovuto alle differenti vie metaboliche della varietà Glera, influenzate dai fattori pedoclimatici e dalle diverse tecniche colturali adottate. L'aroma più evidente di questa varietà è quello di mela verde, a cui si affiancano sentori agrumati, di frutta matura e di fiori bianchi; tra i sentori agrumati, quelli predominanti sono il limone e il cedro, mentre tra quelli di frutta matura la pera e la banana. La Glera presenta rilevanti contenuti di aromi varietali, costituiti principalmente da benzenoidi (responsabili delle note balsamiche e speziate), monoterpeni (sentori floreali e di agrumi) e norisoprenoidi (sentori di frutta esotica e frutta matura) (Gaiotti *et al.*, 2016) (Figura 8). Le caratteristiche organolettiche riflettono quelle del clima e del territorio in cui il vitigno cresce: nell'area collinare di Valdobbiadene prevalgono le note floreali e fruttate; nell'area a sud di Vittorio Veneto spiccano i sentori più agrumati; nelle zone più pianeggianti con suoli sassosi e sciolti prevalgono le note floreali e fruttate fresche.

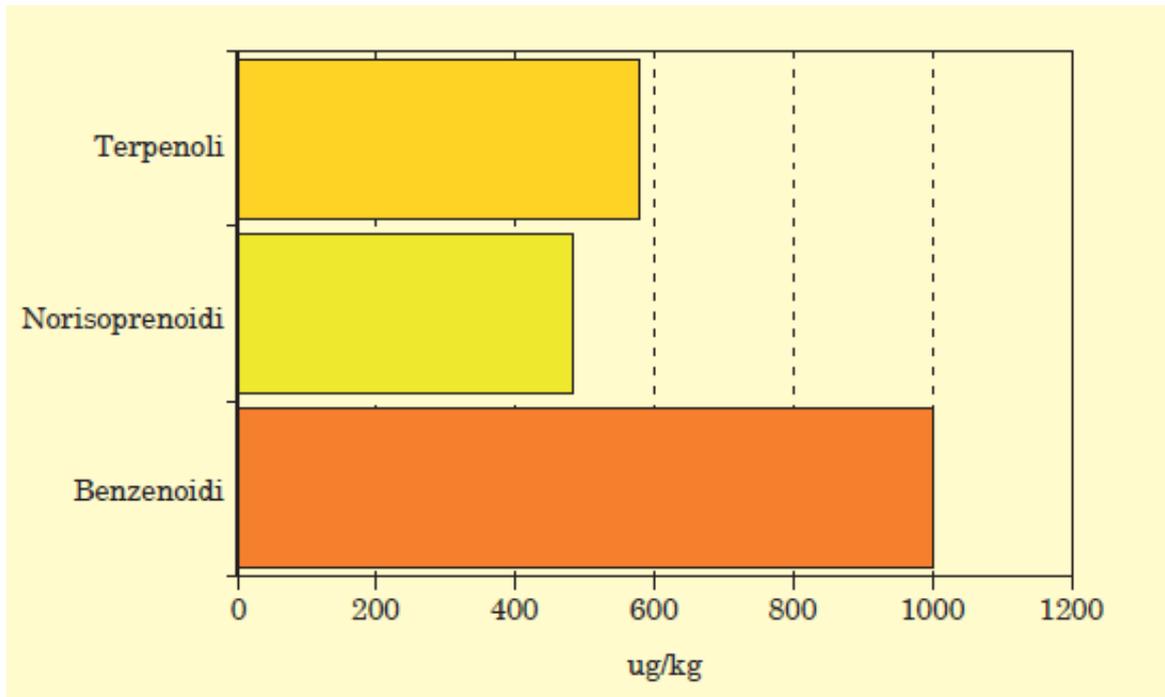


Figura 8: Contenuto medio delle principali classi di precursori aromatici varietali nella varietà Glera.

Risulta evidente come la classe dei benzenoidi sia quella quantitativamente più presente, e di questi oltre il 70% è costituito dall'alcol benzilico e dal β -fenil-etanolo, che al naso danno profumi di rosa, garofano e speziato. La seconda classe di composti aromatici maggiormente presente è quella dei monoterpeni e, tra questi, i più abbondanti sono il geraniolo, l'idrossigeraniolo e l'idrossilinalolo, che donano ai vini note di rosa, limone e cedro. Infine, la classe meno rappresentata è quella dei norisoprenoidi, costituita in buona parte dal vomifoliolo, dal 3-OH- β -damascone e dal 3-oxo- α -ionolo, che nell'insieme regalano ai vini note di frutta esotica e frutta matura (Dunlevy *et al.*, 2009; Francis e Newton, 2005; Lopez *et al.*, 2004).

2. IMPORTANZA DEL MIGLIORAMENTO DEL PROFILO AROMATICO DELLE UVE

2.1 I BIOSTIMOLANTI

I biostimolanti sono prodotti contenenti sostanze e/o microrganismi in grado di sostenere la crescita e lo sviluppo delle piante durante tutto il ciclo di vita della coltura, dalla germinazione dei semi e dal trapianto fino alla raccolta, e rappresentano un settore tecnico-scientifico in continua evoluzione. L'EBIC (European Biostimulant Industry Council), nato nel 2011 per promuovere l'utilizzo e la conoscenza di questi prodotti, li definisce come segue: *“I biostimolanti sono sostanze e/o microrganismi che applicati alla pianta o alla rizosfera stimolano i processi naturali che migliorano l'efficienza d'assorbimento e d'assimilazione dei nutrienti, la tolleranza a stress abiotici e la qualità del prodotto. I biostimolanti non hanno effetti diretti su parassiti e patogeni e quindi non rientrano nella categoria dei pesticidi”*. I principali aspetti che caratterizzano questa tipologia di prodotti sono l'assenza di tossicità per l'ambiente e per l'uomo e l'utilizzo in dosi basse. Esistono molte tipologie di biostimolanti, che si possono suddividere sostanzialmente in quattro grandi gruppi:

- estratti algali: è stato dimostrato che agiscono come biostimolanti migliorando la velocità di germinazione, la crescita, l'allegagione, la produzione, la qualità del prodotto e la resistenza a stress ambientali, inoltre incrementano l'assorbimento dei macro e micronutrienti in diverse colture;
- sostanze umiche: si tratta di macromolecole organiche complesse che provengono dalla decomposizione della sostanza organica e dall'attività metabolica dei microrganismi, sono sostanze molto eterogenee classificate sulla base del peso molecolare e della solubilità (gli acidi umici sono solubili in acqua a pH alcalino, gli acidi fulvici sono solubili in acqua a tutti i pH); esercitano un effetto diretto sulla pianta stimolando la rizogenesi ed è stato riscontrato un effetto positivo sull'assorbimento dell'azoto nitrico e sull'attività degli enzimi coinvolti nell'assimilazione dell'azoto nitrico, inoltre influenzano positivamente anche il metabolismo secondario, favorendo l'accumulo di antiossidanti e l'attività degli enzimi di difesa dallo stress ossidativo causato da radicali liberi che si generano a seguito di stress ambientali; inoltre, esercitano anche un'azione indiretta sulla pianta nel suolo attraverso un miglioramento della fertilità;
- idrolizzati proteici: sostanze contenenti una miscela di amminoacidi e peptidi solubili, si ottengono a partire da scarti di origine animale o vegetale per idrolisi tramite estrazione chimica o enzimatica, migliorano l'assorbimento e l'assimilazione dei nutrienti, la tolleranza a stress ambientali e la qualità del prodotto; possono anche stimolare le risposte di difesa

della pianta agli stress ed esercitare un'azione auxino-simile attivando i geni della biosintesi delle auxine nella pianta; la loro azione indiretta invece si esplica attraverso la stimolazione della microflora tellurica;

- batteri e funghi: possono formare simbiosi con la pianta, fra i più conosciuti vi sono i PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) per i batteri e le micorrize tra i funghi, la loro presenza permette di incrementare disponibilità e assorbimento dei nutrienti trasformando forme insolubili in altre disponibili per la pianta e aumentare lo sviluppo radicale; la modalità di applicazione può essere radicale, fogliare o nel seme (concia, prima della semina) in base alla funzione ed al target del biostimolante.

2.2 MIGLIORAMENTO DEL PROFILO AROMATICO DELLE UVE

Ottenere uve con una buona maturazione aromatica e polifenolica è un requisito indispensabile per avere vini di qualità (Tomasi *et al.*, 2017), in quanto gli aromi di un vino influiscono in maniera importante sulla sua tipicità. La maturazione della bacca può essere distinta in maturazione tecnologica, data dal rapporto zuccheri e acidità, e maturazione aromatica e fenolica, che riguarda l'accumulo di metaboliti secondari prodotti dall'acino. Per ottenere un vino di qualità, un requisito fondamentale è che le due maturazioni avvengano nello stesso momento, oltre ad un perfetto adattamento del vitigno all'ambiente pedoclimatico e ad un ottimo andamento stagionale. L'equilibrio compositivo delle uva alla vendemmia rappresenta quindi uno dei principali obiettivi agronomici ed enologici per la produzione di vini di qualità (Battista *et al.*, 2016). Tuttavia, negli ultimi anni si sta assistendo a cambiamenti climatici, con temperature minime e massime in aumento, temperature medie più elevate, precipitazioni caratterizzate da eventi estremi e sempre più concentrate e meno distribuite uniformemente durante l'anno. In questo contesto, ottenere uve mature e chimicamente ben equilibrate rappresenta per i viticoltori una sfida continua (Battista *et al.*, 2016). Gli effetti di questi cambiamenti climatici sulla gestione del vigneto sono infatti molteplici, tra i quali:

- fasi fenologiche anticipate ad esclusione del germogliamento;
- alterazione del ciclo delle malattie e degli insetti dannosi;
- maggiore frequenza di stati di sofferenza idrica;
- diminuzione dell'acidità totale delle uve;
- maturazioni fenoliche delle uve spesso incomplete;
- uve con quadro aromatico meno tipico;
- scottature e avvizzimento degli acini.

Numerosi studi hanno dimostrato come questi cambiamenti causano un accorciamento del tempo fra le varie fasi fenologiche e una maturazione troppo anticipata (Kogkou *et al.*, 2017). Questo può portare al rischio di vinificare una materia prima che presenta un'eccessiva gradazione zuccherina, con il risultato di ottenere vini più alcolici con un'acidità troppo bassa. Infine, un altro problema significativo è che lo sfasamento tra la maturazione tecnologica e quella aromatica e fenolica risulta sempre più ampio, portando ad un decadimento qualitativo delle uve e maturazioni troppo rapide (Battista *et al.*, 2016).

Per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici, i viticoltori hanno a disposizione alcune pratiche agronomiche, come ad esempio interventi di sfogliature tardive o diradamento, le quali tuttavia, pur facilitando l'accumulo di metaboliti secondari, provocano un innalzamento del contenuto in zuccheri eccessivo, peggiorando perciò la maturazione tecnologica (Battista *et al.*, 2016). Si può quindi affermare che queste pratiche non agiscono in modo selettivo, e non sono quindi in grado di ridurre lo scompensamento tra le due maturazioni (Tomasi *et al.*, 2017).

A fronte di questi problemi, alcuni studi condotti di recente hanno dimostrato come l'utilizzo di concimi fogliari a base di estratti di lieviti secchi inattivati possa migliorare la maturazione e il profilo aromatico dell'uva, sia a bacca bianca che a bacca rossa. Questi studi hanno testato, in particolare, l'efficacia di un prodotto messo in commercio dalla ditta Lallemand, LaVigne AROMA, un formulato naturale composto al 100% da frazioni di specifici lieviti enologici inattivati, in grado di esaltare il profilo aromatico dei vini stimolando il metabolismo secondario della pianta, promuovendo quindi l'accumulo dei precursori aromatici varietali nelle uve.

In uno studio condotto su Sauvignon Blanc è stato riscontrato un aumento della concentrazione di composti antiossidanti nel succo d'uva e nel vino prodotti con le uve trattate, in particolare del glutatione ridotto, che previene l'imbrunimento del vino, aiuta la produzione di alcuni tioli volatili durante la fermentazione e contrasta la perdita di determinati terpeni, esteri e tioli durante l'invecchiamento. Inoltre, i tioli, che come già detto in precedenza sono tra i composti più importanti per conferire la tipica aromaticità di questo vitigno, sono stati esaltati dalle concimazioni fogliari con il prodotto, in particolare le forme libere. In definitiva, si può quindi affermare che lo studio ha constatato l'effetto positivo della concimazione sulla produzione e la conservazione dell'aroma dei vini (Suklje *et al.*, 2016).

In un altro studio, condotto in questo caso su Glera e Pinot Grigio, nei vini prodotti con le uve trattate è stata evidenziata una maggiore intensità olfattiva, con note floreali più marcate, diminuzione delle note vegetali e delle sensazioni di amaro. L'analisi dei precursori aromatici glicosidati eseguita sulle uve Glera trattate con LaVigne AROMA ha registrato un incremento dei composti terpenici, tipici

di questa varietà, e di alcuni benzenoidi e norisoprenoidi. Per quanto riguarda il Pinot Grigio, nelle uve trattate è stato riscontrato un effetto consistente sul contenuto totale di norisoprenoidi responsabili dei tipici sentori fruttati maturi della varietà, oltre ad un effetto importante sull'acido geranico, che conferisce le note floreali. L'efficacia del prodotto testato è risultata essere consistente anche in annate con temperature e precipitazioni diverse tra loro. Infine, è stato evidenziato come il trattamento non abbia avuto alcun impatto su accumulo di zuccheri, degradazione degli acidi e pH delle uve (Battista *et al.*, 2016). Questo fatto è stato riscontrato anche in un altro studio su vitigni a bacca bianca, in cui il prodotto non ha avuto alcun impatto sulla produzione e sulla maturazione tecnologica (Tellez *et al.*, 2015).

In alcuni studi è stato inoltre riscontrato un aumento dello spessore della buccia degli acini in seguito all'utilizzo di concimi fogliari a base di estratti di lieviti (Giacosa *et al.*, 2016) (Villangó *et al.*, 2015); nel secondo lavoro citato, è stato utilizzato un altro formulato della ditta Lallemand, chiamato LalVigne MATURE, in grado di migliorare e anticipare la maturazione fenolica delle uve a bacca rossa. Questo aspetto risulta interessante poiché può conferire una maggiore resistenza e minore suscettibilità ai patogeni che possono portare malattie o infezioni e ai danni fisici.

3. SCOPO DEL LAVORO

L'obiettivo della presente tesi è quello di verificare gli effetti di una concimazione fogliare a base di estratto di lievito secco inattivato, in particolare utilizzando il formulato LalVigne AROMA della ditta Lallemand, su alcuni aspetti qualitativi dei vitigni Sauvignon Blanc, Pinot Grigio e Glera. Come già affermato in precedenza, la scelta è ricaduta su tre vitigni a bacca bianca in quanto in letteratura si ritrovano molte pubblicazioni di studi condotti su vitigni a bacca rossa, mentre i dati a disposizione su vitigni a bacca bianca sono molto meno numerosi. Inoltre, sono stati riscontrati molti studi che vertono sull'utilizzo dei lieviti durante o dopo la fermentazione, piuttosto che sul loro utilizzo con trattamenti fogliari in campo.

Riassumendo, le ricerche citate in precedenza hanno evidenziato una serie di effetti positivi a seguito della concimazione con LalVigne AROMA:

- Incremento dei principali precursori aromatici varietali senza alterarne la tipicità (Tomasi *et al.*, 2017);
- Incremento dello spessore della buccia (Giacosa *et al.*, 2016) (Villangó *et al.*, 2015);
- Nessun impatto sulla produzione e sull'epoca di maturazione tecnologica (Tèllez *et al.*, 2015);
- Incremento del contenuto di glutatione ridotto (Suklje *et al.*, 2016);
- Maggiore stabilità dei composti aromatici (Suklje *et al.*, 2016);
- Riduzione delle note erbacee e dei caratteri aggressivi (Tomasi *et al.*, 2017);
- Nelle varietà tioliche: incremento di 3-mercapto-esanolo e 3-mercapto-esilacetato (Suklje *et al.*, 2016).

In particolare, gli aspetti qualitativi indagati nella presente tesi sono il grado zuccherino e l'acidità dell'uva e l'espressione dei geni marker coinvolti nella produzione degli aromi.

4. MATERIALI E METODI

4.1 DESCRIZIONE DEL TERRITORIO E GESTIONE DEI VIGNETI

I vigneti in cui sono stati prelevati i campioni analizzati sono di proprietà dell'azienda agricola *La Madunina*, sita nel comune di Sequals (PN). Il comune è situato ad un'altitudine di 206 metri sul livello del mare ai piedi delle Alpi Carniche, racchiuso tra i torrenti Meduna ad ovest e Cosa, un affluente del Tagliamento, ad est. La zona ha conosciuto negli ultimi anni un aumento della superficie vitata, a scapito dei meleti. Il terreno, risentendo della presenza dei due corsi d'acqua, presenta una notevole componente scheletrica composta da ciottoli di piccole dimensioni. Questa struttura comporta la pressoché assenza di ristagni idrici a causa dell'alta capacità drenante; tuttavia, nel periodo estivo si rendono necessari frequenti interventi irrigui al fine di evitare stress idrici indesiderati. Il clima (Figura 9) è caratterizzato da estati calde ed inverni freddi, con temperature che oscillano in media tra -2°C e 28°C; la stagione piovosa va da aprile a novembre, raggiungendo l'apice nel mese di giugno.

Mese	T min	T max	Precip.
Gennaio	-2 °C	7 °C	79 mm
Febbraio	-1 °C	9 °C	99 mm
Marzo	2 °C	13 °C	97 mm
Aprile	7 °C	17 °C	137 mm
Maggio	11 °C	22 °C	123 mm
Giugno	15 °C	26 °C	171 mm
Luglio	17 °C	28 °C	113 mm
Agosto	16 °C	28 °C	125 mm
Settembre	13 °C	24 °C	131 mm
Ottobre	8 °C	19 °C	140 mm
Novembre	4 °C	13 °C	164 mm
Dicembre	0 °C	8 °C	116 mm

Figura 9: Medie mensili riferite agli ultimi 30 anni del comune di Sequals. (Fonte: www.ilmeteo.it).

L'azienda agricola *La Madunina* conta complessivamente 65 ettari di terreno coltivato a vite, in un unico blocco. Ha un carattere prevalentemente viticolo, e conferisce l'uva ad una cantina privata. Le varietà maggiormente coltivate sono a bacca bianca e tipiche della zona: Chardonnay, Pinot Grigio, Glera e Sauvignon Blanc. I vigneti sono gestiti in regime di agricoltura convenzionale, inoltre l'azienda può vantare la certificazione SQNPI. Il sistema di irrigazione utilizzato nella totalità della superficie vitata è ad ala gocciolante, in modo da supplire alla scarsa capacità del terreno di trattenere l'acqua. Il metodo di allevamento utilizzato per le viti è il doppio capovolto, l'interfila è gestito con inerbimento spontaneo regolarmente sfalcato, anche nel sottochioma il manto erboso viene controllato con sfalci periodici. Infine, la vendemmia viene effettuata meccanicamente.

L'apezzamento di Sauvignon è stato piantato nel 2013 e si estende per 2 ettari, quello di Pinot Grigio è stato piantato nel 2009 e si estende per poco più di 2 ettari, mentre quello di Glera è stato piantato nel 2010 e ricopre una superficie di 1,75 ettari; l'orientamento dei filari è nord/ovest-sud/est (Figura 10).



Figura 10: Vigneti oggetto della sperimentazione visti dall'alto. Evidenziato in giallo il Sauvignon, in rosso la Glera, in blu il Pinot Grigio. Fonte: Google Maps.

Sono stati raccolti dei campioni anche nell'Azienda Agraria Sperimentale "Luca Toniolo" a Legnaro (PD), situata nelle immediate vicinanze del campus di Agripolis. Tuttavia, in questo caso le piante non sono state coltivate in pieno campo, ma in vaso sotto un tunnel, e l'unica varietà presa in esame in questo caso è stata il Sauvignon Blanc.

4.2 SCELTA DEI VITIGNI

I tre vitigni utilizzati per questa sperimentazione sono tra i più importanti e diffusi nel territorio friulano. Nel 1970 è stata creata la Denominazione DOC Friuli Grave, a cavallo del fiume Tagliamento, tra le province di Pordenone e Udine; tra i vitigni idonei alla produzione di vini DOC Friuli Grave, rientrano due delle varietà utilizzate, ovvero Sauvignon e Pinot Grigio, caratterizzate da profili aromatici ben definiti ed interessanti. La Glera invece ha visto negli ultimi anni una grande estensione della sua coltivazione in Friuli, soprattutto dopo l'istituzione della DOC Prosecco per la provincia di Pordenone. È importante sottolineare ancora una volta come la scelta di tre vitigni a bacca bianca sia dovuta alla scarsità di informazioni disponibili rispetto alle varietà a bacca rossa su studi riguardanti l'utilizzo di concimazioni fogliari a base di lievito secco inattivato.

4.3 TIPOLOGIA, MODALITÀ ED EPOCA DEI TRATTAMENTI

Sono stati sottoposti al trattamento sei filari per ogni varietà, vicino ai quali sono stati lasciati altri sei filari non trattati come controllo, separandoli con tre filari di rispetto per evitare eventuali effetti di deriva. I filari presi in esame hanno tutti una lunghezza di circa 200 metri, tutti i trattamenti sono stati eseguiti nelle prime ore della mattina mediante una irroratrice a tunnel doppio a recupero. I filari trattati erano contrassegnati con un nastro rosso, mentre quelli non trattati con uno bianco.

Per quanto riguarda le piante sotto tunnel a Legnaro, sono state disposte lungo due file alternando dieci piante trattate ad altre dieci non trattate; in tutto i blocchi sono otto, quattro di piante trattate (contrassegnate con un nastro rosso per renderle distinguibili) e quattro di piante non trattate, con orientamento delle file in direzione nord-sud ed esposizione est-ovest (Figura 11).

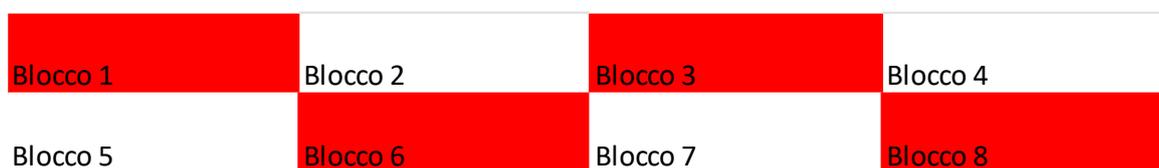


Figura 11: Blocchi randomizzati piante Agripolis con foto da satellite del tunnel (Fonte: Google Maps); in rosso i blocchi con le piante trattate, in bianco i blocchi con piante non trattate.

Il prodotto utilizzato per il trattamento è stato il LalVigne AROMA della ditta Lallemand, composto al 100% da frazioni di specifici lieviti enologici inattivati *Saccharomyces cerevisiae* (non GMO). Il formulato agisce a livello di superficie fogliare della vite, aumentando la quantità dei precursori aromatici tipici della varietà ed esaltando così il profilo aromatico dei vini. Sono stati effettuati due trattamenti fogliari da 3 kg/ha ciascuno per tutte le varietà prese in esame, in accordo con le indicazioni dell'azienda produttrice. Il prodotto è stato sciolto in un volume di acqua di 400 litri per le prove svolte in campo a Sequals, e in un volume di acqua di 1000 litri per le prove in azienda a Legnaro.

4.3.1 SAUVIGNON BLANC

Il primo trattamento su Sauvignon ad inizio invaiatura è stato eseguito l'11 agosto, con circa il 5% delle bacche invaiate, come da indicazioni della ditta produttrice, mentre il secondo è stato effettuato il 20 agosto, a distanza di 9 giorni (Figura 12); l'azienda consiglia di effettuare il secondo trattamento a distanza di 10-12 giorni dal primo. Sono stati effettuati due campionamenti preliminari al trattamento effettuati rispettivamente il 21 e il 28 luglio, ad una settimana di distanza l'uno dall'altro, mentre i campionamenti sono stati quattro:

- 1° campionamento: 13 agosto, dopo il primo trattamento;
- 2° campionamento: 24 agosto, dopo il secondo trattamento;

- 3° campionamento: 3 settembre, verifica andamento della maturazione;
- 4° campionamento: 13 settembre, alla raccolta.

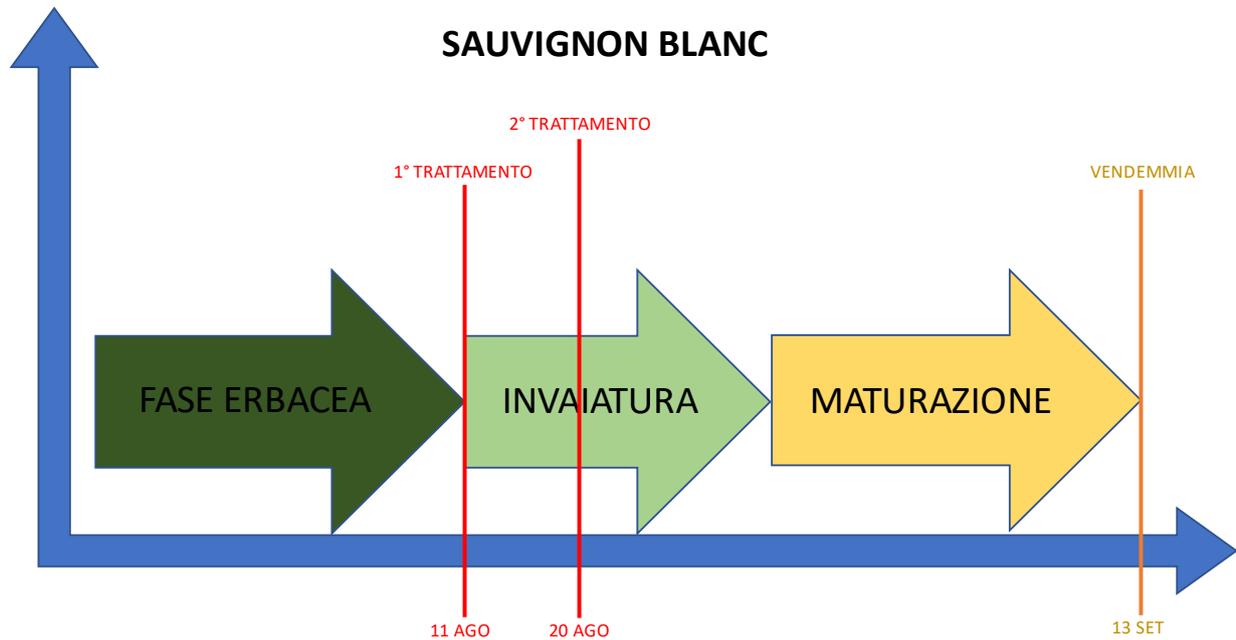


Figura 12: Schema dei trattamenti eseguiti su Sauvignon (evidenziati in rosso) a Sequals nelle fasi di sviluppo vegetativo, in arancione evidenziata la data della raccolta.

Per quanto riguarda i campioni raccolti ad Agripolis, i trattamenti eseguiti sono stati tre, uno in più rispetto a quelli in pieno campo a Sequals, in quanto il prodotto è stato diluito in un volume di acqua superiore (Figura 13). Inoltre, dato che le piante erano coltivate in tunnel, la maturazione è stata molto

più veloce, di conseguenza i trattamenti sono stati fatti in un intervallo di tempo più ristretto e la raccolta è stata eseguita più di un mese prima.

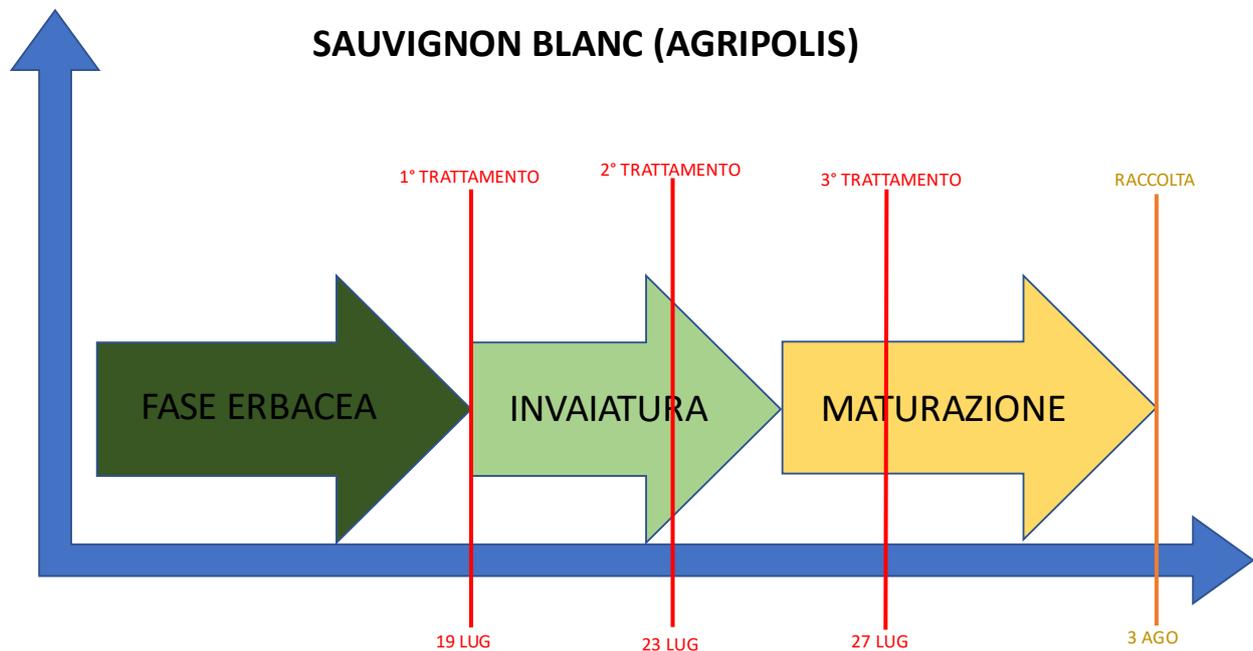


Figura 13: Schema dei trattamenti eseguiti su Sauvignon (evidenziati in rosso) in Agripolis nelle fasi di sviluppo vegetativo, in arancione evidenziata la data della raccolta.

I campionamenti eseguiti sono stati quattro:

- 1° campionamento: 22 luglio, dopo il primo trattamento;
- 2° campionamento: 26 luglio, dopo il secondo trattamento;
- 3° campionamento: 29 luglio, dopo il terzo trattamento;
- 4° campionamento: 3 agosto, alla raccolta.

4.3.2 PINOT GRIGIO

Per il Pinot Grigio i trattamenti sono stati eseguiti gli stessi giorni del Sauvignon, ovvero l'11 ed il 20 agosto, seguendo gli stessi criteri; tuttavia, la vendemmia è stata fatta dieci giorni prima, il 3 settembre, in quanto l'uva aveva già raggiunto un grado zuccherino ottimale (Figura 14).

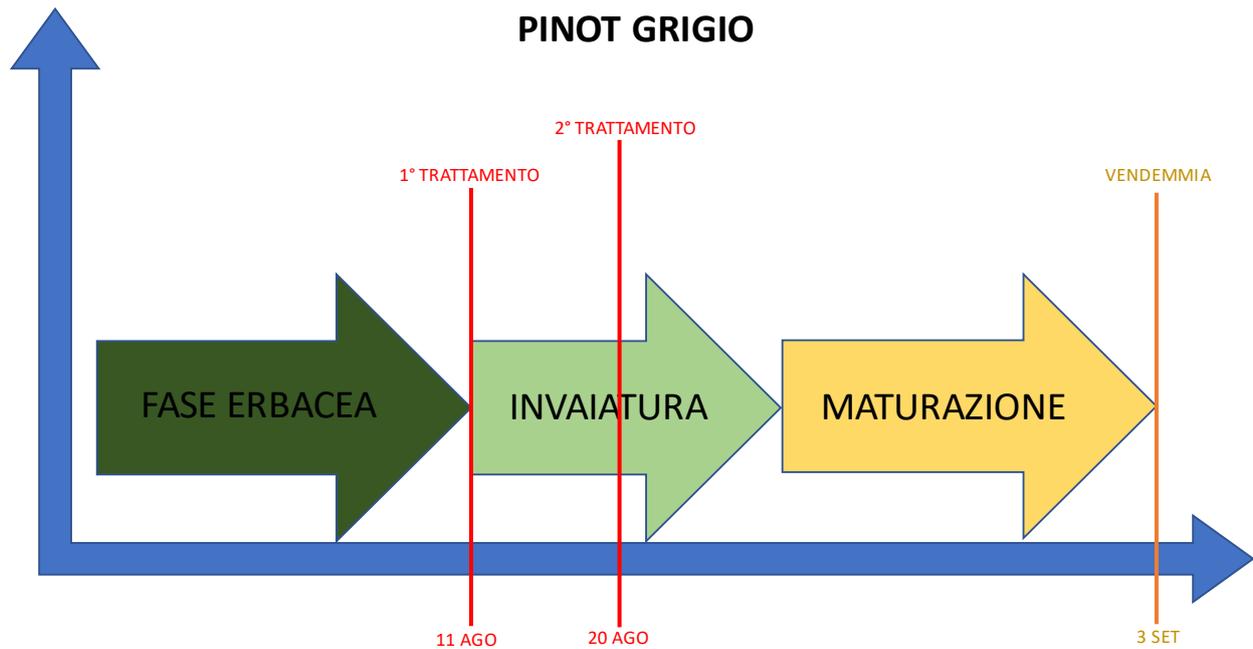


Figura 14: Schema dei trattamenti eseguiti su Pinot Grigio (evidenziati in rosso) a Sequals nelle fasi di sviluppo vegetativo, in arancione evidenziata la data della raccolta.

I campionamenti eseguiti sono stati tre, anche in questo caso con due pre-campionamenti il 21 ed il 28 luglio:

- 1° campionamento: 13 agosto, dopo il primo trattamento;
- 2° campionamento: 24 agosto, dopo il secondo trattamento;
- 3° campionamento: 3 settembre, alla raccolta.

4.3.3 GLERA

La varietà Glera ha avuto una maturazione più lenta, perciò i trattamenti sono stati eseguiti più tardi rispetto alle altre due varietà, il primo il 20 agosto in concomitanza con il secondo trattamento per Sauvignon e Pinot, ed il secondo dieci giorni più tardi, il 30 agosto; la vendemmia è stata fatta molto più tardi, il 24 settembre (Figura 15). Anche per la Glera, sono stati eseguiti due campionamenti preliminari, sempre il 21 ed il 28 luglio.

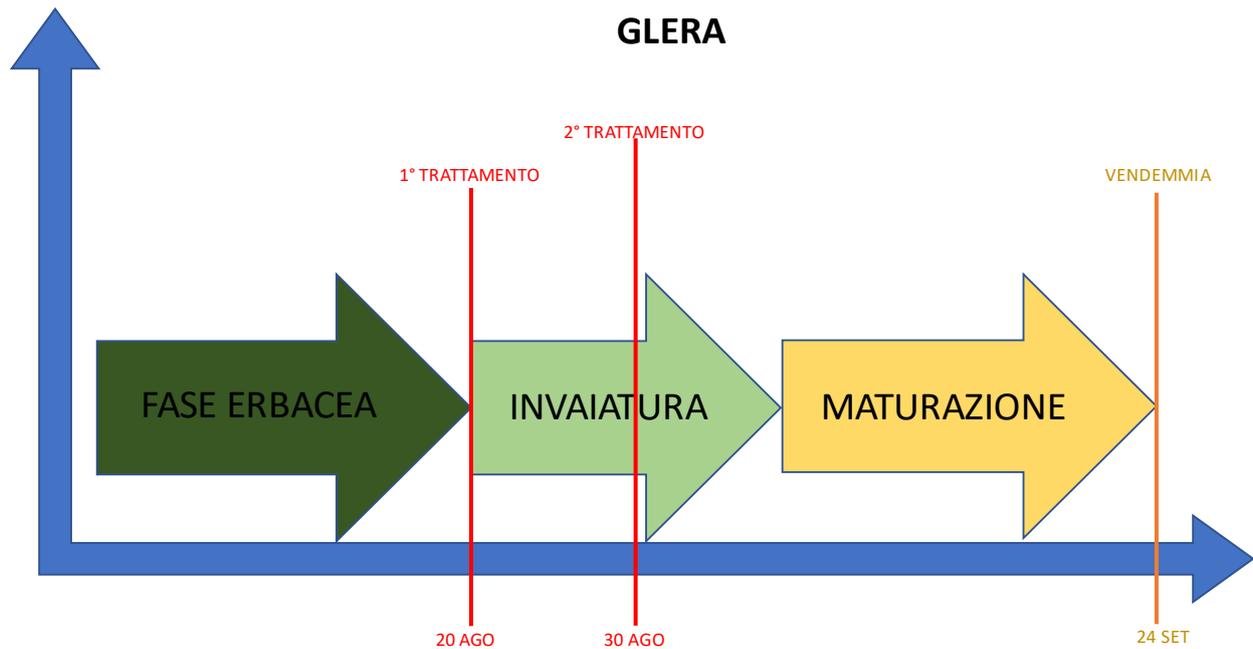


Figura 15: Schema dei trattamenti eseguiti su Glera (evidenziati in rosso) a Sequals nelle fasi di sviluppo vegetativo, in arancione evidenziata la data della raccolta.

I campionamenti eseguiti sono stati quattro:

- 1° campionamento: 24 agosto, dopo il primo trattamento;
- 2° campionamento: 3 settembre, dopo il secondo trattamento;
- 3° campionamento: 13 settembre, verifica andamento della maturazione;
- 4° campionamento: 24 settembre, alla raccolta.

4.4 MATERIALE VEGETALE RACCOLTO

Il materiale vegetale è stato campionato seguendo gli stessi criteri per tutte le varietà e per le tesi sperimentali trattate e di controllo. La raccolta dei grappoli a Sequals è avvenuta sempre dalla stessa parete dei filari, in modo da avere la stessa esposizione al sole. Ad ogni campionamento venivano prelevati 10 grappoli per filare, più o meno una pianta ogni 5 per 5 piante per filare. Il materiale raccolto era sano ed intatto, evitando perciò i grappoli danneggiati o con scottature. In tutto, per ogni varietà, i filari presi in considerazione sono stati 6, in quanto sono state eseguite tre repliche per quelli trattati e altrettante per quelli non trattati.

Per quanto riguarda le piante in azienda a Legnaro, sono stati prelevati i grappoli di dimensioni maggiori che si riscontravano in ogni blocco, circa 4-5 per blocco, in modo da poter avere un numero sufficiente di dati a disposizione per le successive analisi.

La misurazione del grado zuccherino degli acini è stata fatta quasi esclusivamente in campo appena dopo la raccolta, utilizzando un rifrattometro digitale ATAGO da campo. Attraverso una leggera pressione, veniva fatta fuoriuscire dall'acino qualche goccia di succo sopra il lettore dello strumento, che in qualche secondo forniva il dato in gradi Brix, poi si puliva il lettore con acqua distillata e si procedeva con la misurazione successiva. Gli acini di cui era stata fatta la lettura venivano poi immediatamente messi in un contenitore con all'interno azoto liquido, in modo da preservarli adeguatamente per le analisi di laboratorio. Ad ogni campionamento, gli acini venivano suddivisi in base al grado Brix registrato come segue:

- Campionamento del 13 agosto (Sauvignon Blanc e Pinot Grigio): nel primo contenitore campioni con grado Brix da 7 fino a 9.9, nel secondo contenitore campioni con grado Brix da 10 a 14;
- Campionamento del 24 agosto: per Sauvignon e Pinot, nel primo contenitore campioni con grado Brix compreso tra 10 e 14, nel secondo campioni con grado Brix tra 14.1 e 18; per Glera, nel primo contenitore campioni con valore compreso tra 7 e 9.5, nel secondo campioni con valore tra 10 e 14;
- Campionamento del 3 settembre: per Glera, suddivisione dei campioni tra intervalli 10-14 e 14.1-18;
- Campionamento del 13 settembre: per Glera, stessa suddivisione del campionamento precedente;

Anche per i campioni di Sauvignon prelevati in azienda è stata fatta una suddivisione in base ai gradi Brix riscontrati:

- Campionamento del 22 luglio: in un contenitore campioni con valori compresi tra 7 e 9.5, nell'altro tra 10 e 14.4;
- Campionamento del 26 luglio: in un contenitore campioni con valori compresi tra 10 e 14, nell'altro tra 14.1 e 18.

Le suddivisioni sono state fatte solamente per i campionamenti più precoci, in quanto a maturazione quasi completa i gradi Brix del succo d'uva si attestano più o meno sugli stessi valori; quindi, non risulta interessante apprezzarne le differenze.

L'acidità è stata invece misurata in laboratorio con il metodo della titolazione.

4.5 ANALISI DI LABORATORIO

I materiali necessari per la titolazione sono: becher, pipetta graduata, pipetta Pasteur, ancoretta magnetica, agitatore, buretta graduata. È inoltre necessario disporre di acqua distillata e di alcuni reagenti, ovvero idrossido di sodio (NaOH) 0.1 N e fenolftaleina 1%.

Dopo aver spremuto il succo di circa 20 acini, lo si preleva con la pipetta graduata e si mette nel becher, per poi aggiungere 100 ml di acqua distillata e alcune gocce di fenolftaleina con la pipetta Pasteur. Si posiziona poi il becher sopra l'ancoretta magnetica con all'interno l'agitatore. All'interno della buretta graduata viene messa la soluzione di NaOH e si apre il rubinetto in modo da farla cadere goccia a goccia all'interno del becher. Non appena il contenuto del becher inizia a colorarsi di rosa (a causa della presenza della fenolftaleina), si chiude il rubinetto e si osserva di quanto è scesa la colonna di NaOH nella buretta graduata. Per ogni campione, sia trattato sia non trattato, sono state eseguite tre repliche della misurazione.

L'RNA è stato estratto partendo da 50 mg di campione congelato come descritto in Nonis *et al.*, 2012 utilizzando lo SpectrumTM Plant Total RNA Kit (Sigma, St Luis; MO, USA). L'RNA è stato quantificato usando un Nanodrop1000 (Thermo Scientific, Nanodrop Products, Wilmington, DE, USA) e valutato qualitativamente attraverso sia una corsa elettroforetica su gel d'agarosio sia un Bioanalyzer (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA).

5. RISULTATI E DISCUSSIONE

5.1 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLA CONCIMAZIONE FOGLIARE SULLE CURVE DI MATURAZIONE

Per tutte le varietà testate, è stato valutato l'andamento nel tempo delle due curve di accumulo degli zuccheri e dell'acidità.

5.1.1 SAUVIGNON BLANC

Di seguito sono rappresentate le curve di accumulo degli zuccheri e di riduzione dell'acidità per il vitigno Sauvignon Blanc, ottenute con le medie dei campioni trattati e non trattati (Figure 16 e 17).

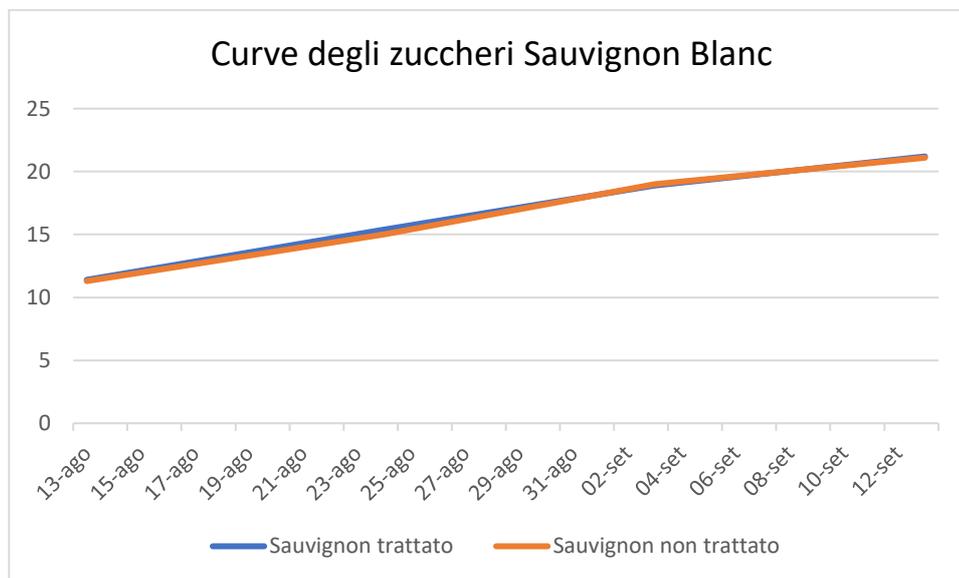


Figura 16: Curve di accumulo degli zuccheri in Sauvignon Blanc espressi in gradi Brix nella stagione 2021.

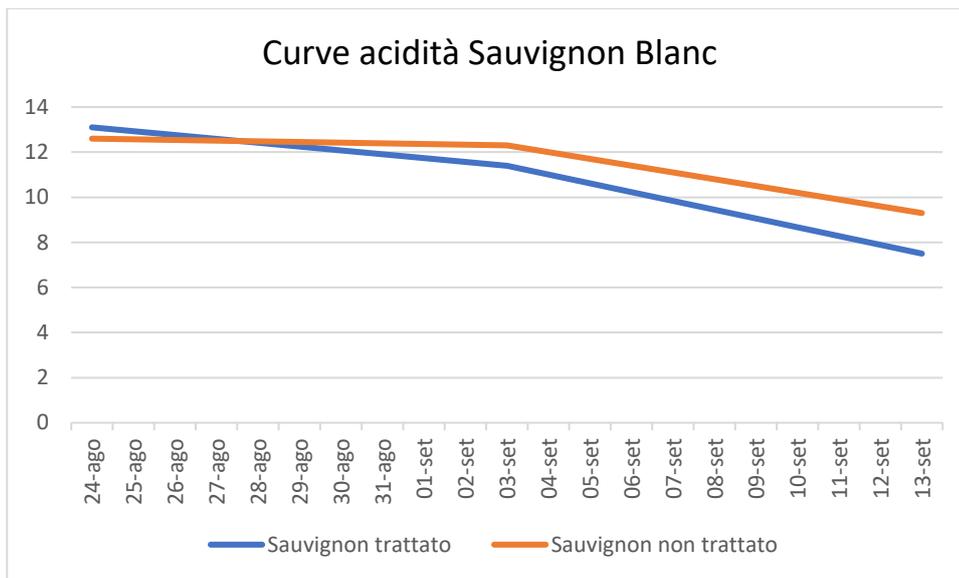


Figura 17: Curve dell'evoluzione dell'acidità in Sauvignon Blanc espressa in g/l di acido tartarico nella stagione 2021.

Si può notare come le due tesi, trattata e di controllo, abbiano avuto una maturazione molto simile. Le due curve di accumulo degli zuccheri, oltre ad avere lo stesso andamento, sono risultate praticamente sovrapposte. Anche la riduzione dell'acidità ha seguito lo stesso andamento fra le due tesi, anche se alla raccolta i campioni non trattati hanno mostrato un'acidità superiore rispetto a quelli trattati.

Ad ulteriore conferma del fatto che la concimazione fogliare eseguita non ha influito sulla maturazione dell'uva, vengono presentate anche le curve di accumulo degli zuccheri dei campioni di Sauvignon prelevati in azienda a Legnaro (Figura 18).

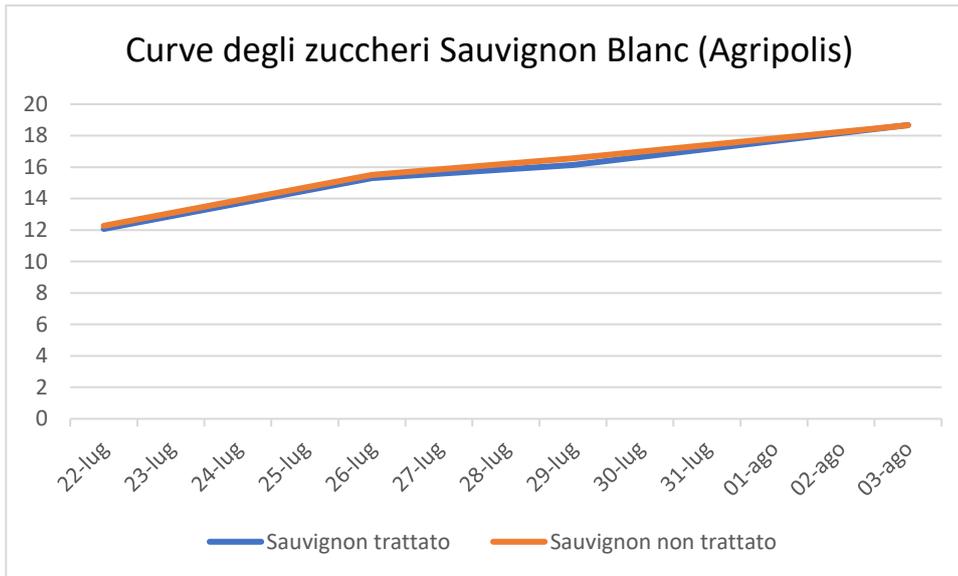


Figura 18: Curve di accumulo degli zuccheri in Sauvignon Blanc (Agripolis) espressi in gradi Brix nella stagione 2021.

Anche in questo caso, risulta evidente come la maturazione fra le tesi trattate e non trattate abbia seguito lo stesso andamento. Per questi campioni, i dati disponibili riguardo l'acidità erano insufficienti per poterne apprezzare la riduzione durante la maturazione.

Di seguito si riportano i grafici con l'analisi statistica dell'accumulo di zuccheri (Figure 19 e 20) e dell'evoluzione dell'acidità (Figure 21 e 22) per la varietà Sauvignon Blanc ai diversi momenti di raccolta dei campioni e alla raccolta, confrontati anche con i dati elaborati l'anno precedente.

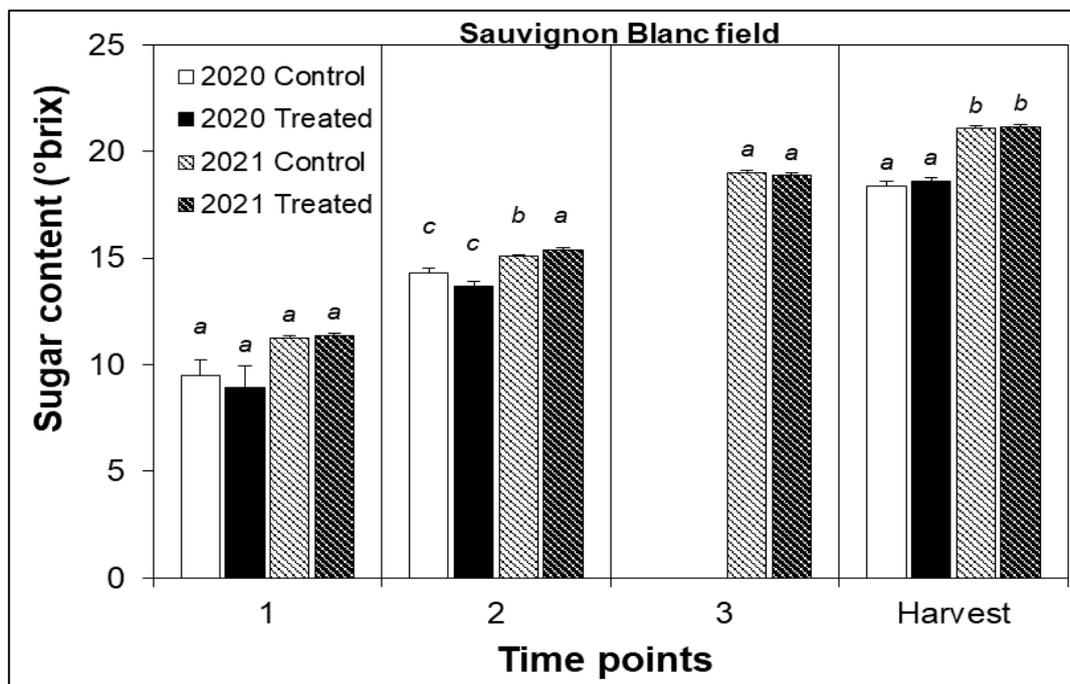


Figura 19: Analisi statistica dell'accumulo di zuccheri per la varietà Sauvignon Blanc in campo.

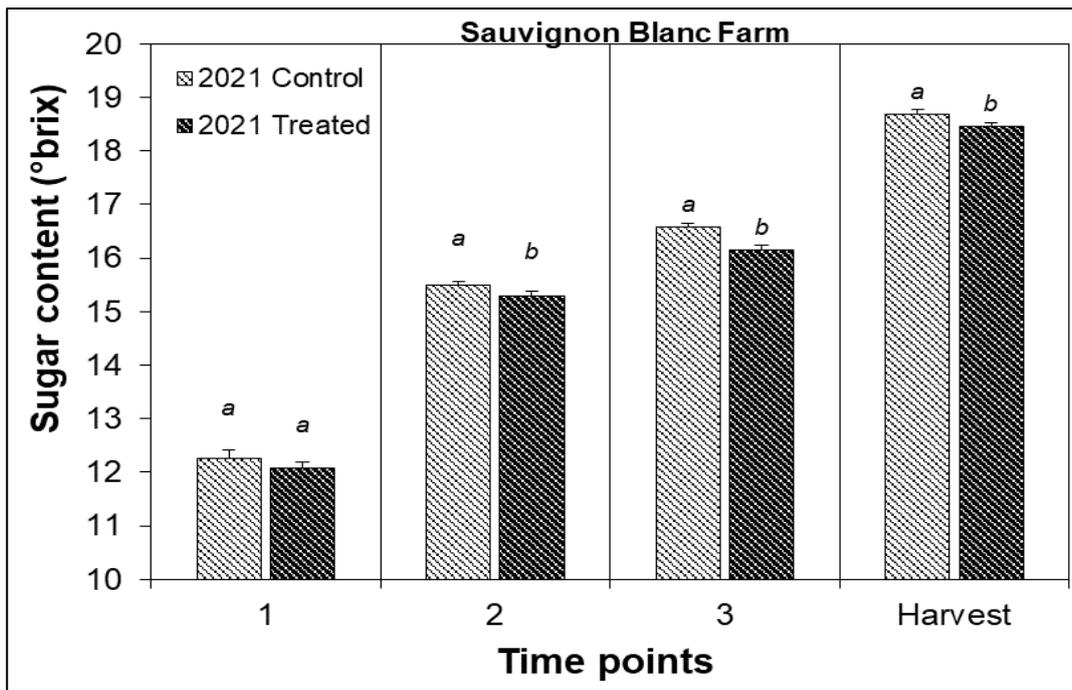


Figura 20: Analisi statistica dell'accumulo di zuccheri per la varietà Sauvignon Blanc in azienda.

A conferma di quanto evidenziato dalle curve di accumulo, non si notano differenze statisticamente significative tra le tesi trattate e non trattate, sia per i campioni prelevati in campo sia per quelli prelevati in azienda.

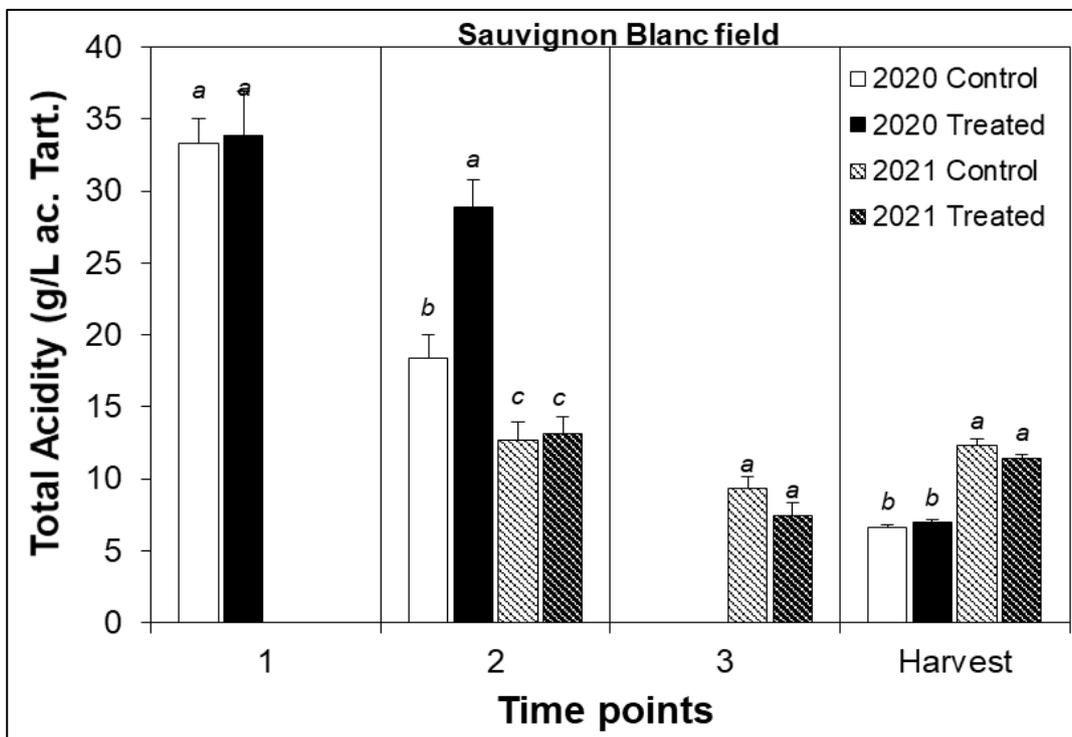


Figura 21: Analisi statistica dell'evoluzione dell'acidità per la varietà Sauvignon Blanc in campo.

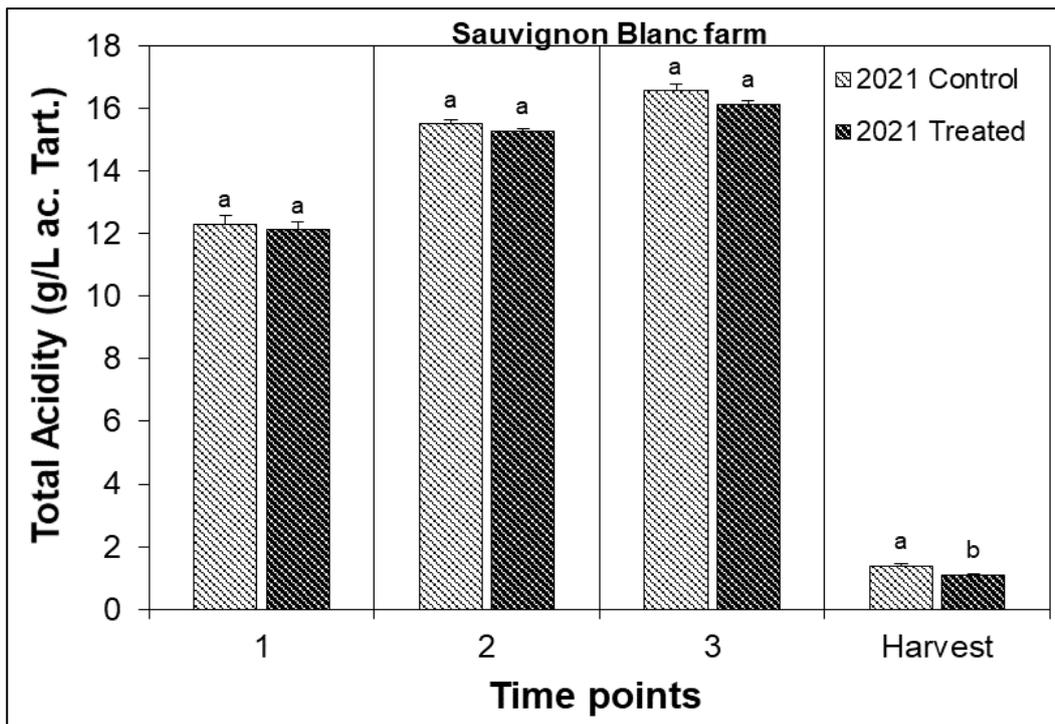


Figura 22: Analisi statistica dell'evoluzione dell'acidità per la varietà Sauvignon Blanc in azienda.

L'analisi statistica dell'evoluzione dell'acidità ha confermato l'assenza di differenze statisticamente rilevanti tra le tesi trattate e non trattate, sia per i campioni prelevati in azienda che per quelli prelevati in campo, allo stesso modo di quanto affermato per l'accumulo degli zuccheri.

5.1.2 PINOT GRIGIO

Anche nel caso del Pinot Grigio si può notare come l'evoluzione della maturazione tecnologica delle due tesi sia stata pressoché identica (Figura 23 e 24), per quanto riguarda l'accumulo degli zuccheri.

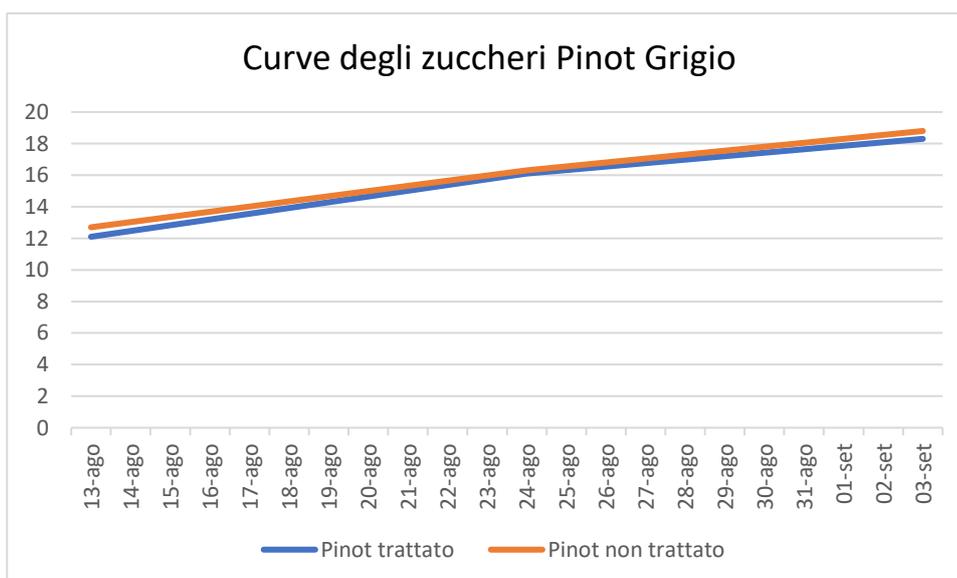


Figura 23: Curve di accumulo degli zuccheri in Pinot Grigio espressi in gradi Brix nella stagione 2021.

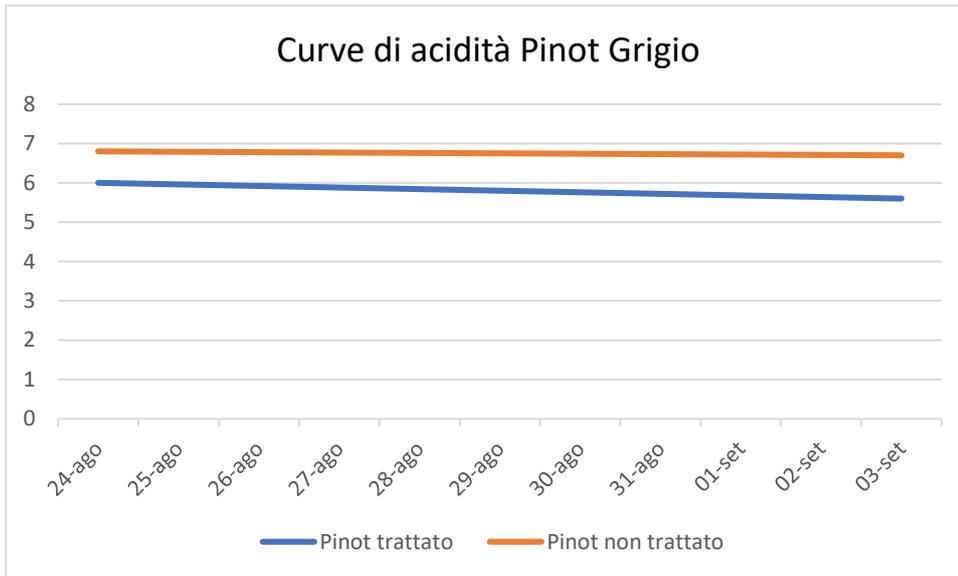


Figura 24: Curve dell'evoluzione dell'acidità in Pinot Grigio espressa in g/l di acido tartarico nella stagione 2021.

Di seguito si riportano i grafici con l'analisi statistica dell'accumulo di zuccheri (Figura 25) e dell'evoluzione dell'acidità (Figura 26) per la varietà Pinot Grigio ai diversi momenti di raccolta dei campioni e alla raccolta, confrontati anche con i dati elaborati l'anno precedente.

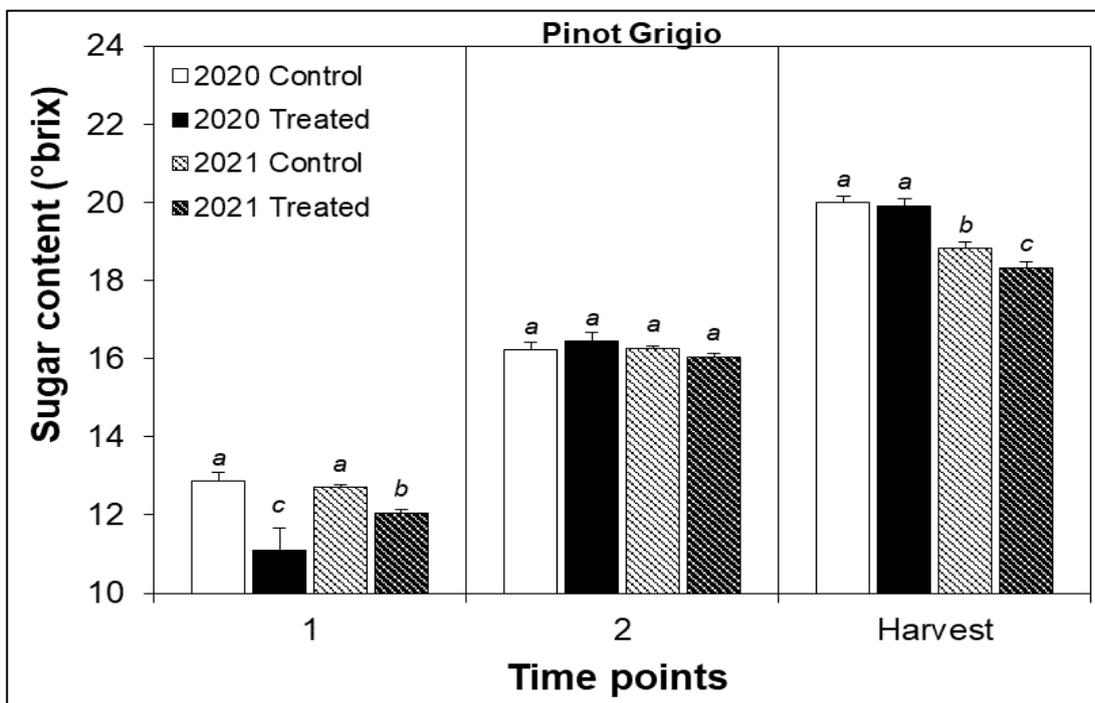


Figura 25: Analisi statistica dell'accumulo di zuccheri per la varietà Pinot Grigio.

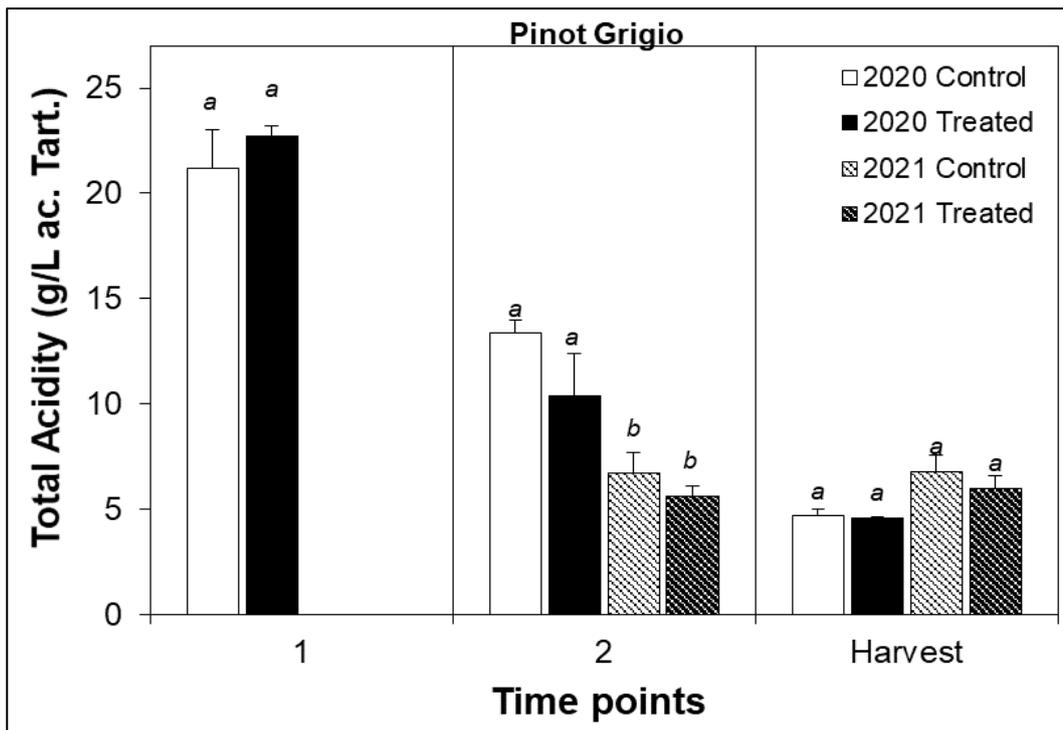


Figura 26: Analisi statistica dell'evoluzione dell'acidità per la varietà Pinot Grigio.

Anche per la varietà Pinot Grigio, a conferma di quanto evidenziato dalle curve di accumulo degli zuccheri e dell'evoluzione dell'acidità, risulta evidente come non vi siano variazioni statisticamente rilevanti tra le tesi trattate e quelle non trattate.

5.1.3 GLERA

Si riportano infine le curve di maturazione per la terza varietà presa in esame, la Glera (Figure 27 e 28).

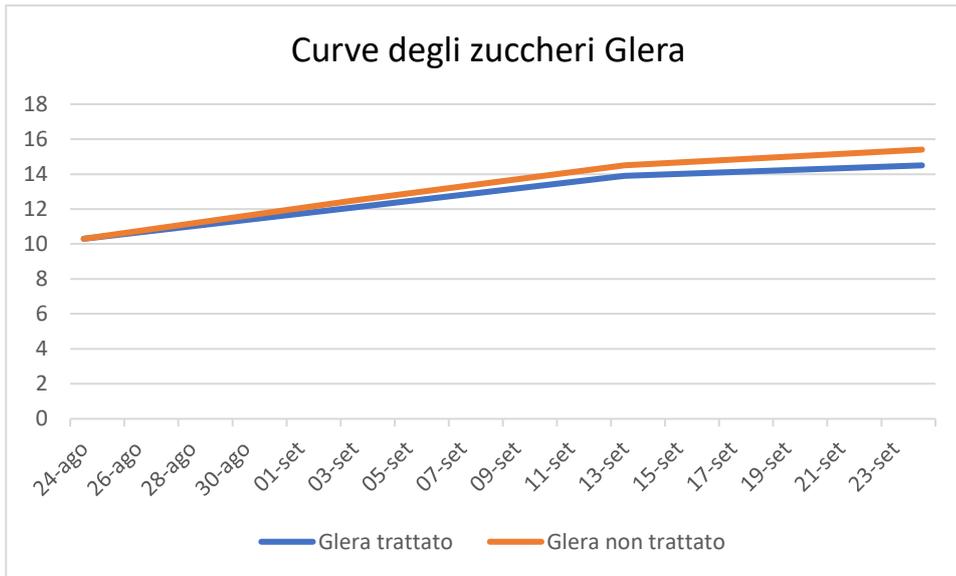


Figura 27: Curve di accumulo degli zuccheri in Glera espressi in gradi Brix nella stagione 2021.

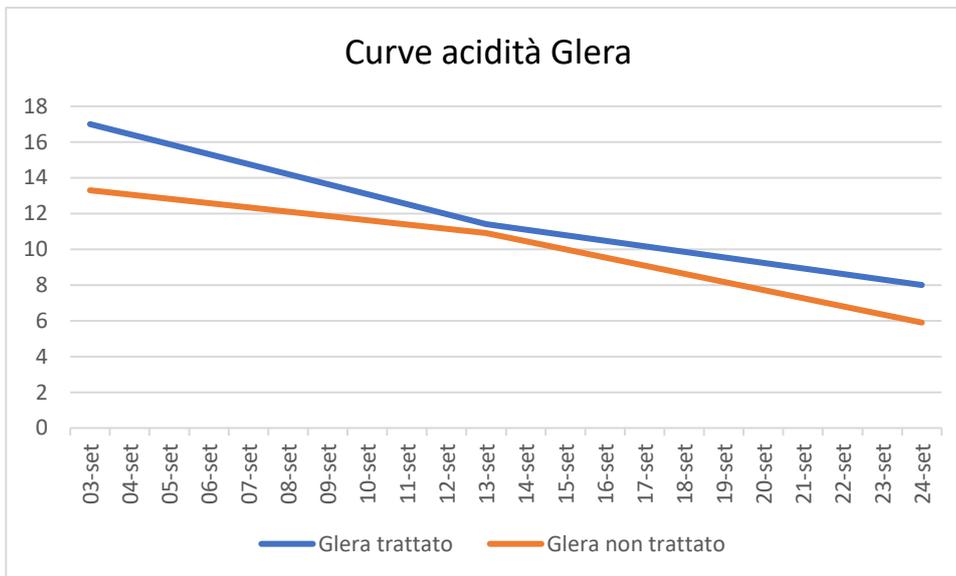


Figura 28: Curve dell'evoluzione dell'acidità in Glera espressa in g/l di acido tartarico nella stagione 2021.

Nel caso della Glera, le curve di accumulo degli zuccheri tra le due tesi risultano con lo stesso andamento, confermando quanto appurato con le altre due varietà. Lo stesso non si può dire, invece, per le curve di diminuzione dell'acidità, fra le quali si nota una discrepanza. Alla prima misurazione, infatti, le medie dei campioni trattati sono risultate superiori, e nonostante una riduzione della differenza alla seconda misurazione, alla raccolta questa si è ripresentata, in quanto la tesi non trattata ha avuto una riduzione dell'acidità più sensibile; tuttavia, la differenza risulta inferiore rispetto alla prima misurazione.

Di seguito si riportano i grafici con l'analisi statistica dell'accumulo di zuccheri (Figura 29) e dell'evoluzione dell'acidità (Figura 30) per la varietà Glera ai diversi momenti di raccolta dei campioni e alla raccolta, confrontati anche con i dati elaborati l'anno precedente.

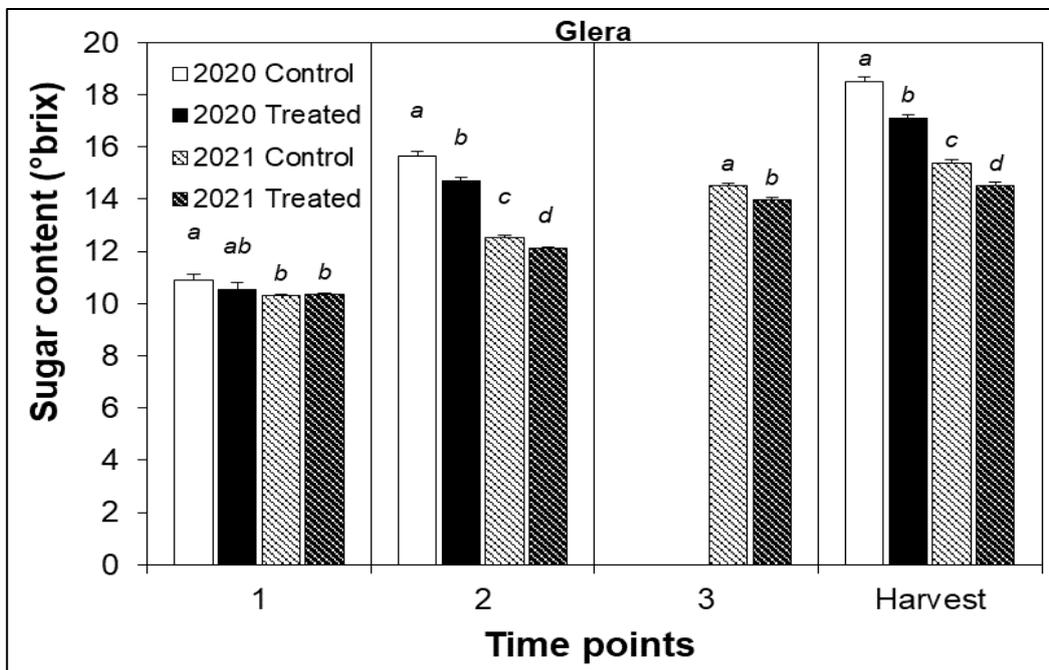


Figura 29: Analisi statistica dell'accumulo di zuccheri per la varietà Glera.

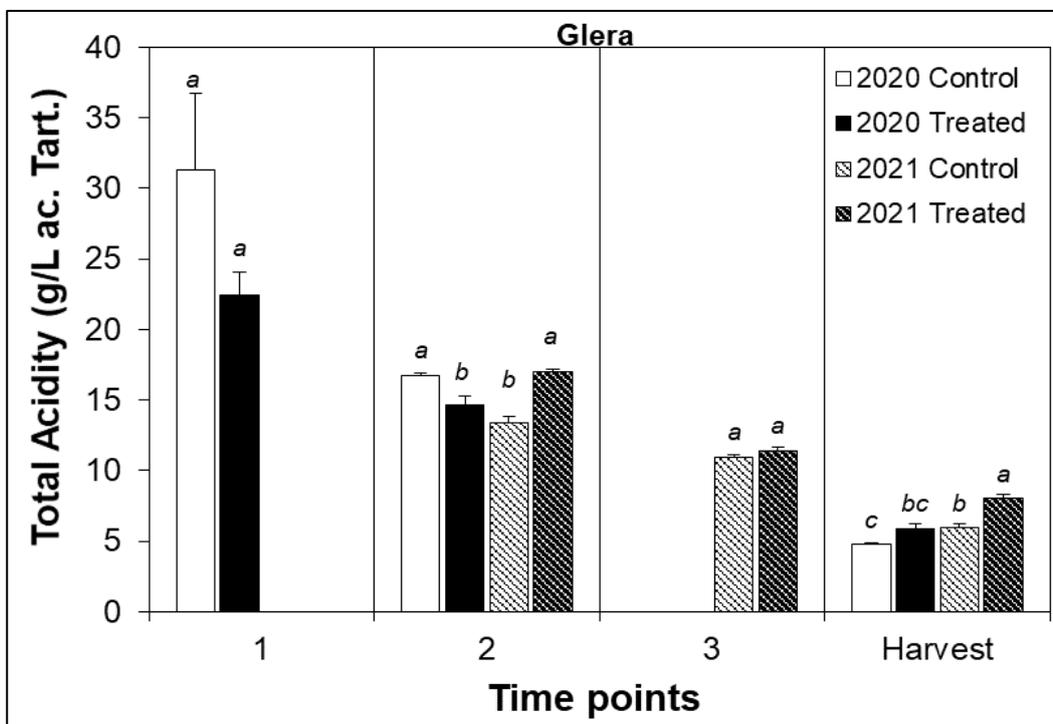


Figura 30: Analisi statistica dell'evoluzione dell'acidità per la varietà Glera.

Dall'analisi statistica dell'accumulo di zuccheri, risulta evidente una differenza statisticamente rilevante tra tesi trattate e non trattate al secondo campionamento e alla raccolta. Anche per quanto

riguarda l'evoluzione dell'acidità, l'analisi statistica ha evidenziato una differenza statisticamente importante alla raccolta.

Sulla base dei dati raccolti ed analizzati, si può quindi affermare che per le varietà Sauvignon Blanc e Pinot Grigio il trattamento non ha influito in modo significativo sull'accumulo di zuccheri e sull'evoluzione dell'acidità. La varietà Glera invece ha presentato alcune differenze in questi parametri al momento della raccolta. In particolare, le tesi trattate hanno mostrato un grado zuccherino inferiore e un'acidità superiore rispetto alle tesi non trattate.

5.2 ESTRAZIONE DELL'RNA

Di seguito si riportano i risultati dell'estrazione di RNA dai tessuti dei campioni prelevati di Sauvignon Blanc, quantificato utilizzando un Nanodrop1000, con le relative concentrazioni, quantità e rese per grammo di tessuto (Tabella 4, Figura 31).

N	Campione	Concentrazione (ng/μl)	260/280	260/230	Volume totale (μl)	Quantità totale RNA (μg)	Resa (μg RNA/g tessuto)
7	SB TP1 TR1	1070,2	2,03	2,33	30	32,1	53,5
8	SB TP1 CR1	661,6	1,99	2,28	30	19,8	33,1
9	SB TP1 TR2	1185,1	2,07	2,34	30	35,6	59,3
10	SB TP1 CR2	936,7	2,04	2,31	30	28,1	46,8
11	SB TP1 TR3	760,8	2,04	2,16	30	22,8	38,0
12	SB TP1 CR3	700,5	2,02	2,18	30	21,0	35,0
19	SB TP2 TR1	21,2	1,99	1,7	30	0,6	1,1
20	SB TP2 CR1	116,1	1,84	2,25	30	3,5	5,8
21	SB TP2 TR2	39,2	1,94	1,79	30	1,2	2,0
22	SB TP2 CR2	673,2	1,94	2,34	30	20,2	33,7
23	SB TP2 TR3	226	1,89	2,13	30	6,8	11,3
24	SB TP2 CR3	69,3	1,9	1,96	30	2,1	3,5
43	SB H TR1	65,7	1,93	1,94	30	2,0	3,3
44	SB H CR1	56,8	1,9	1,87	30	1,7	2,8
45	SB H TR2	51,9	1,89	1,67	30	1,6	2,6
46	SB H CR2	45,4	1,89	1,68	30	1,4	2,3
47	SB H TR3	30,5	1,85	1,06	30	0,9	1,5
48	SB H CR3	54,8	1,81	1,23	30	1,6	2,7

Tabella 4: Valutazione quantitativa di RNA tramite Nanodrop1000 (100ng/campione). SB: Sauvignon Blanc; TP: time-point; H: harvest; TR: treated; CR: control.

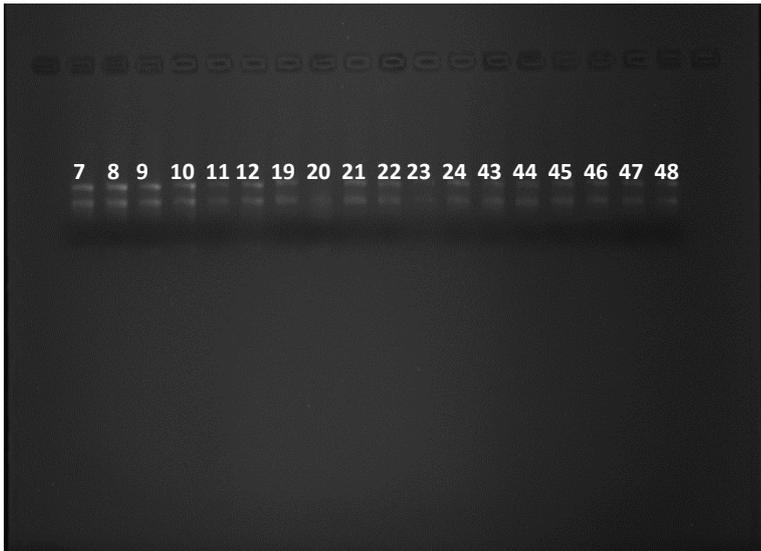


Figura 31: Valutazione qualitativa di RNA tramite corsa elettroforetica su gel d'agarosio (100ng/campione).

I risultati della quantificazione di RNA sono stati molto buoni per i tessuti dei campioni prelevati dopo il primo trattamento, mentre per i tessuti dei campioni prelevati dopo il secondo trattamento e alla raccolta i risultati sono stati insoddisfacenti, in quanto la concentrazione e la quantità totale di RNA erano troppo basse. È stato quindi deciso di ripetere la misurazione utilizzando un quantitativo superiore di tessuto (500 ng) rispetto al primo tentativo in cui erano stati usati 100 mg di tessuto (Tabella 5; Figura 32), poiché la bassa quantità rilevata è stata imputata ad un probabile errore nella fase di estrazione dell'RNA.

N	Campione	Concentrazione (ng/μl)	260/280	260/230	Volume totale (μl)	Quantità totale RNA (μg)	Resa (μg RNA/g tessuto)
19	SB TP2 TR1	3288,8	2,10	2,23	30	98,7	49,4
20	SB TP2 CR1	2975,4	2,10	2,20	30	89,3	44,7
21	SB TP2 TR2	2362,4	2,02	2,14	30	70,9	35,5
23	SB TP2 TR3	3301,9	2,09	2,14	30	99,1	49,6
24	SB TP2 CR3	853,6	2,01	1,53	30	25,6	12,8

Tabella 5: Valutazione quantitativa di RNA tramite Nanodrop1000.



Figura 32: Valutazione qualitativa di RNA tramite corsa elettroforetica su gel d'agarosio (500ng/campione).

I risultati, riferiti a tessuti di campioni raccolti dopo il secondo trattamento, sono stati buoni, con quantitativi di RNA decisamente superiori rispetto al primo tentativo; anche la valutazione qualitativa è risultata superiore. Tuttavia, per i campioni presi alla raccolta è stato deciso di effettuare un'ulteriore misurazione, in quanto progredendo con la maturazione la possibilità della presenza di corpi estranei e agenti inquinanti che possono disturbare il rilevamento aumenta considerevolmente. Per questo motivo, il quantitativo di tessuto utilizzato è stato, in questo caso, inferiore ai precedenti, ovvero di 1 μg (Tabella 6; Figura 33).

N	Campione	Concentrazione (ng/ μl)	260/280	260/230	Volume totale (μl)
43	SB H TR1	2160,3	1,94	1,11	30
44	SB H CR1	1724,2	2,01	1,34	30
45	SB H TR2	1690,1	1,96	1,23	30
46	SB H CR2	1717,0	2,00	1,30	30
47	SB H TR3	1885,7	1,98	1,18	30
48	SB H CR3	1685,5	2,06	1,91	30

Tabella 6: Valutazione quantitativa di RNA tramite Nanodrop1000.

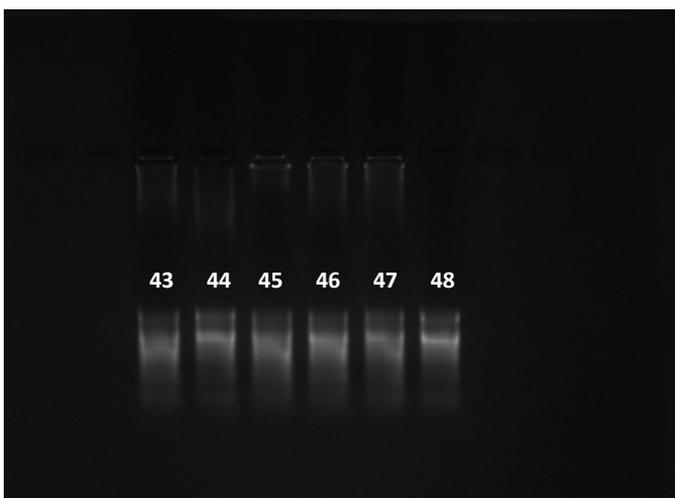


Figura 33: Valutazione qualitativa di RNA tramite corsa elettroforetica su gel d'agarosio (1µg/campione).

La concentrazione di RNA è risultata di molto superiore, tuttavia la valutazione qualitativa non ha raggiunto neanche in questo caso risultati ottimali. Per i campioni dei tessuti prelevati alla raccolta, perciò, sarebbero auspicabili ulteriori tentativi con quantitativi diversi di tessuto di partenza.

6. CONCLUSIONI

La presente tesi si poneva l'obiettivo di valutare gli effetti di una concimazione fogliare a base di estratti di lieviti secchi inattivati sulla maturazione tecnologica dei vitigni Sauvignon Blanc, Pinot Grigio e Glera, utilizzando il formulato LalVigne AROMA della ditta Lallemand. Le analisi effettuate hanno evidenziato come l'utilizzo di questo prodotto non abbia influenzato in maniera significativa i principali parametri di maturazione tecnologica (contenuto in zuccheri e acidità) nelle varietà Sauvignon Blanc e Pinot Grigio, in quanto le curve di maturazione apparivano molto simili e senza differenze significative tra le uve trattate e di controllo. Per quanto riguarda la curva degli zuccheri e dell'acidità della varietà Glera, i campioni trattati presentavano tendenzialmente un'acidità superiore e un contenuto in zuccheri inferiore e le curve avevano un andamento differente. I dati evidenziati nella presente indagine sono in linea con quanto riscontrato in altri studi scientifici sullo stesso argomento per le varietà Sauvignon Blanc e Pinot Grigio mentre sono in parziale contraddizione per quanto riguarda la Glera. In quest'ultimo caso saranno necessarie ulteriori prove sperimentali per escludere eventuali effetti ambientali che abbiano interferito con i risultati. Il passo successivo sarà l'analisi gascromatografica degli aromi delle uve, attualmente in corso, in modo da verificare gli effetti specifici dell'utilizzo di concimazioni fogliari a base di lieviti secchi inattivati sulle vie metaboliche delle principali componenti aromatiche, e di conseguenza sulle possibili differenze apportate al profilo aromatico del vino. Inoltre, sono auspicabili ulteriori indagini su uve a bacca bianca, data la poca presenza di lavori sull'argomento.

7. BIBLIOGRAFIA

Battista F., Panighel A., Flamini R., Tomasi D., (2016). “L’uso di lieviti inattivati su vite migliora la qualità del vino”, copyright Edizioni L’Informatore Agrario S.r.l.

Darriet P., Tominaga T., Dubourdieu D., (1995). “Identification of a powerful aromatic component of *Vitis vinifera* L. var. Sauvignon wines: 4-mercapto-4methylpentan-2-one”. *Flavour Fragrance Journal*, 10, 385-392.

de Boubée D.R., Leeuwen V., Dubourdieu D., (2000). “Organoleptic Impact of 2- Methoxy-3-isobutylpyrazine on Red Bordeaux and Loire Wines. Effect of Environmental Conditions on Concentrations in Grape during Ripening”. *J. Agric. Food Chem.* 2000, 48, 4830-4834.

Di Stefano R., (1996). “Metodi chimici nella caratterizzazione varietale. Valutazioni attraverso lo studio dei composti volatili liberi e legati”. *Annali dell’Istituto Sperimentale per l’Enologia di Asti XXVII*: 33-53.

Dunlevy C. M., Kalua R. A., Keyzers P., Boss K. (2009). “The production of flavour and aroma compounds in grape berries”. *J. D. Grapevine Molecular Physiology & Biotechnology*, 293- 340.

Francis I. L., Newton J. L. (2005). “Determining wine aroma from compositional data”.

Gaiotti F., Marcuzzo P., Bianchin F., Favero C., Peressini A., Scienza A., Tomasi D., (2016). “L’eredità della Serenissima- Vigneti e vini nell’area della Doc Venezia”, *Veneto Agricoltura*, 91-114.

Giacosa S., Ossola C., Botto R., Río Segade S., Paissoni M.A., Pollon M., Gerbi V., Rolle L., (2019). “Impact of specific inactive dry yeast application on grape skin mechanical properties, phenolic compounds extractability, and wine composition”. *Food Research International* 116 (2019) 1084–1093.

Giacosa S., S. Río Segade, M. A. Paissoni, C. Ossola, V. Gerbi, C. Suárez Martínez, F. Battista, J. Téllez Quemada, P. Vagnoli, L. Rolle (2016). *Macrowine*, “Influence of specific inactive dry yeast treatments during grape ripening on postharvest berry skin texture parameters and phenolic compounds extractability”.

Guth H., (1997a). “Identification of character impact odorants of different white wine varieties”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3022-3026.

- Katumi, H and Samuta, T. (1999). "Grape maturity and light exposure affect berry methoxypyrazine concentration". *American Journal of Enology and Viticulture*, 50, 194-198.
- Kogkou C., Chorti E., Kyraleou M., Kallithraka S., Koundouras S., Logan G., Kanakis I., Kotseridis Y., (2017) – "Effects of foliar application of inactivated yeast on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Agiorgitiko grapes under different irrigation levels". *International Journal of Wine Research* : 9, 23-33.
- Lacey, M. J., Allen, M. S, Harris, R. L. N., Brown, W. V. (1991). "Methoxypyrazines in Sauvignon blanc grapes and wines". *American journal of Enology and Viticulture*, 42, 103-108.
- Lopez R., Ortin N., Pérez-Trujillo J.P., Cacho J.F., Ferreira V., (2003). "Impact odorants of different young white wines from the Canary Islands". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3419-3425.
- Mestres M., Busto O., Guasch J. (2000). "Analysis of organic sulfur compounds in wine aroma". *Review. Journal of Chromatography A*, 881, 569-581.
- Nonis A., Vezzaro A., Ruperti B. (2012). "Evaluation of RNA extraction methods and identification of putative reference genes for real-time quantitative polymerase chain reaction expression studies on olive (*Olea europaea* L.) fruits". *J Agric Food Chem.* 2012 Jul 11;60(27):6855-65. doi: 10.1021/jf300419w. Epub 2012 Jun 29. PMID: 22703380.
- Pearce T.J.P., Peacock J.M., Aylward F., Haisman D.R., (1967). "Catty odours in food: reactions between hydrogen sulphide and unsaturated ketones". *Chem. Ind.-London* 37, 1562-1563.
- Roujou de Boubee D., Cumsille A. M., Pons M., Dubourdieu D. (2002) - *Am. J. Enol. Vitic.*, 53, p. 1.
- Šuklje K., G. Antalick, A. Buica, Z.A.Coetzee, J. Brand, L. M. Schmidtke, M. A. Vivier (2016). *Food Chemistry* 197, "Inactive dry yeast application on grapes modify Sauvignon Blanc winearoma".
- Téllez J., González V., García E., Peiro E., Lissarrague J.R. (2015). "Foliar application of yeast derivatives on grape quality and resulting wines". *ASEV US*.
- Tomasi D., Panighel A., Flamini R., Lovat L., Battista F., (2017). "Foliar application of specific inactivated yeast with action on phenolic and aromatic metabolism of grapes".
- Tominaga T., Furrer A., Henry D., Dubourdieu D., (1998a). "Identification of new volatile thiols in the aroma of *Vitis vinifera* L. var. Sauvignon blanc". *Flavour Fragrance Journal*, 13, 159-162.

8. SITOGRAFIA

<http://www.inumeridelvino.it>

<https://www.crea.org>

<https://www.enologia.blog>

<https://www.ilmeteo.it>

<https://www.lallemandwine.com>

<https://www.microbiologiaitalia.it>

<https://www.oiv.int/>

<https://www.pinot.it>

<https://www.quattrocalici.it>

<https://www.thewinesalad.com>

<https://www.venetoagricoltura.org>

<https://www.winedharma.com>

<https://www.wineshop.it>

9. RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare prima di tutto i miei genitori e i miei nonni per tutto quello che hanno sempre fatto per me e per i loro sacrifici, senza i quali non avrei potuto intraprendere questo percorso di studi.

Ringrazio la mia ragazza, Eva, per avermi sempre incoraggiato e spronato, per aver sempre creduto in me e per tutti i momenti stupendi che abbiamo vissuto.

Ringrazio tutti i miei amici, che sarebbe impossibile elencare uno a uno, con cui ho condiviso momenti speciali e indimenticabili.

Infine, voglio ringraziare i professori Benedetto Ruperti e Silvia Quaggiotti, per la loro estrema gentilezza, professionalità e competenza, e per aver avuto tanta pazienza con me; un grande ringraziamento va anche alla mia correlatrice Marta Rodrigues, per la sua grandissima disponibilità e per avermi aiutato durante tutto il percorso di questa tesi, dal campo al laboratorio.