

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE AGRO-ALIMENTARI

CAMPUS DI CESENA

CORSO DI LAUREA IN
VITICOLTURA ED ENOLOGIA

TITOLO DELLA TESI

*Profilo aromatico e analitico di vino Sangiovese
biodinamico di diverse annate in relazione all'andamento
climatico*

Tesi in

04220 - MICROBIOLOGIA ENOLOGICA

Relatore:

Chiar.ma Prof.ssa Lanciotti Rosalba

Candidato: Mondati Giulia

Matricola N° 825796

Correlatore:

Dott. Siroli Lorenzo

Dott. Braschi Giacomo

Anno Accademico 2019/2020

Sessione unica

Indice

Introduzione	vii
1 I fattori climatici e il loro effetto sulla maturazione dell'uva	1
1.1 Il clima	1
1.2 Temperatura	2
1.3 Precipitazioni	5
1.4 Radiazione solare	6
1.5 Vento	8
1.6 Umidità	9
1.7 Gli abbassamenti termici primaverili	9
1.8 Il cambiamento climatico	10
2 Le molecole aromatiche nel vino	13
2.1 Soglia di percezione	13
2.2 Forma libera e forma glicosilata	14
2.3 Aromi varietali	14
2.3.1 Terpeni	15
2.3.2 Norisoprenoidi	16
2.3.3 Metossipirazine	17
2.3.4 Tioli o Mercaptani	17
2.3.5 Alcoli e Aldeidi a 6 atomi di carbonio	18
2.3.6 Maturazione aromatica e fisiologica della bacca	18
2.4 Aromi secondari	22
2.4.1 Alcoli superiori	23
2.4.2 Acidi volatili	24
2.4.3 Esteri	25
2.5 Aromi terziari	27
3 Viticoltura biodinamica	31
3.1 La nascita del biodinamico	31
3.2 Gli obiettivi del metodo biodinamico	33
3.3 Gli elementi operativi	33

3.4	I preparati biodinamici	34
3.4.1	I preparati biodinamici da spruzzo	34
3.4.1.1	Preparato 500 - Cornoletame	34
3.4.1.2	Preparato 501 - Cornosilice	35
3.4.2	Preparati da cumulo	35
3.4.2.1	Preparato 502 - Di achille	36
3.4.2.2	Preparato 503 - Di camomilla	36
3.4.2.3	Preparato 504 - Di ortica	36
3.4.2.4	Preparato 505 - Di quercia	37
3.4.2.5	Preparato 506 - Di tarassaco	37
3.4.2.6	Preparato 507 - Di valeriana	37
3.5	Il calendario lunare	37
3.6	Demeter	40
4	Obiettivi dello studio	43
5	Materiali e metodi	45
5.1	I campioni di vino	45
5.1.1	L'azienda	45
5.1.2	Struttura e gestione dell'impianto	46
5.1.3	Modalità di raccolta dell'uva	49
5.1.4	Modalità di vinificazione	49
5.2	Modalità di analisi dei parametri chimico fisici dei campioni . .	50
5.3	Materiali e metodi di analisi delle componenti volatili dei campioni	51
5.4	Modalità di raccolta dei dati meteorologici	53
6	Risultati e conclusioni	55
6.1	Dati relativi ai principali fattori climatici in riferimento alle annate di produzione dei campioni	55
6.1.1	Confronto dei dati relativi alle precipitazioni in riferimento alle annate di produzione dei campioni	57
6.1.2	Confronto dei dati relativi alle temperature in riferimento alle annate di produzione dei campioni	60
6.1.3	Confronto dei dati relativi alla radiazione solare in riferimento alle annate di produzione dei campioni	62
6.1.4	Confronto dei dati relativi alla bagnatura fogliare in riferimento alle annate di produzione dei campioni	65
6.1.5	Confronto dei dati relativi all'umidità relativa dell'aria in riferimento alle annate di produzione dei campioni . .	68
6.2	Risultati delle analisi chimico fisiche effettuate nei campioni di riferimento	70

<i>INDICE</i>	v
6.3 Risultati delle analisi condotte sui campioni per la determinazione del profilo aromatico	71
6.4 Conclusioni	75
Ringraziamenti	77
Bibliografia	79

Introduzione

*Una volta un poeta disse: “l’universo intero è in un bicchiere di vino”.
Probabilmente non sapremo mai in che senso lo disse, perché i poeti non
scrivono per essere compresi. Ma è vero che se osserviamo un bicchiere di
vino abbastanza attentamente vediamo l’intero universo. Ci sono le cose della
fisica: il liquido turbolento e in evaporazione in funzione del vento e del
tempo, il riflesso sul vetro del bicchiere, e la nostra immaginazione aggiunge
gli atomi. Il vetro è un distillato di rocce della terra, e nella sua composizione
vediamo i segreti dell’età dell’universo, e l’evoluzione delle stelle. Ci sono i
fermenti, gli enzimi, i substrati e i prodotti. Nel vino si trova la grande
generalizzazione: tutta la vita è fermentazione.*

Richard P. Feynman,
premio Nobel per la fisica nel 1965

Capitolo 1

I fattori climatici e il loro effetto sulla maturazione dell'uva

Il clima e il suolo rappresentano i fattori naturali in grado di influenzare la fisiologia della vite, regolando il rapporto “sorgente-consumatore”, il metabolismo primario e l'espressione dei suoi geni.

1.1 Il clima

Il clima è il risultato dei processi dinamici e fisici dell'atmosfera e consiste nell'insieme delle condizioni atmosferiche medie che si vanno a verificare nell'arco di periodi di tempo più o meno lunghi in una determinata zona.

Trent'anni è la durata minima di una serie storica di dati necessaria per caratterizzare il clima, ed è richiesto che questa sia continua.

Le condizioni medie a cui il clima fa riferimento vanno a riflettersi sull'ambiente andando ad influenzare tutti gli organismi che lo abitano.

Il tempo meteorologico consiste invece nelle condizioni atmosferiche di una determinata zona e fa riferimento ad un breve periodo.

Gli elementi del clima sono i medesimi del tempo atmosferico e consistono in grandezze fisiche misurabili, cioè rilevabili con apposite strumentazioni. Gli elementi più utilizzati a fini applicativi sono la temperatura e le precipitazioni, perché queste presentano una notevole semplicità di misura e hanno numerose ripercussioni sull'attività produttiva e fisiologica delle piante.

Conosciamo due tipologie di fattori climatici: quelli geografici, che dipendono da latitudine, longitudine, altitudine ed esposizione al sole, e quelli astronomici, dipendenti invece dall'angolo di incidenza dei raggi solari, dall'inclinazione dell'asse terrestre e dai moti di rotazione della terra.

Nello studio dei fattori climatici occorre anche tenere in considerazione l'effetto delle masse d'acqua: le zone che sono soggette all'influsso dei bacini

idrici hanno minori escursioni termiche tra il giorno e la notte e minori sono anche quelle tra le diverse stagioni.

Anche la presenza di rilievi ha una grande importanza sul clima, sia per gli effetti che hanno le variazioni di quota e di esposizione, sia per l'azione esercitata dalle alture sui fronti nuvolosi. I venti spingono l'aria umida contro i rilievi e ciò porta il vapore acqueo a condensare quando viene raggiunta la temperatura di rugiada, con conseguente formazione delle nubi. In questo modo la maggior parte dell'umidità viene eliminata sotto forma di pioggia. Una volta che il crinale viene superato, l'aria si presenta ormai con poca umidità e precipita verso il basso portando al riscaldamento del versante sottovento [1].

1.2 Temperatura

La temperatura diminuisce solitamente all'aumentare della latitudine, comportando variazioni di pressione atmosferica che a loro volta sono generatrici di venti in quota. Il riscaldamento dell'atmosfera avviene principalmente a seguito della cessione del calore che viene assorbito dal suolo durante la notte e nelle prime ore del mattino, e riguarda prima gli strati più vicini alla terra e poi quelli più lontani. Maggiore è la densità dell'aria e maggiore sarà il riscaldamento.

Il gradiente termico verticale, ovvero la differenza di temperatura al variare della quota, può essere ancora più marcato a seguito di un forte riscaldamento del suolo o in presenza di regimi dell'aria molto turbolenti, tanto che in alcuni casi può anche invertirsi e aumentare con l'altitudine.

La Viticoltura in Italia viene praticata in massima parte fino ad altitudini di 500 – 600 m, anche se in alcuni casi i vigneti possono spingersi anche oltre i 1000 m. Un innalzamento di 100 m in quota si traduce in un ritardo dell'invasatura di circa 2-3 giorni.

La temperatura è strettamente associata all'areale di distribuzione della vite: *Vitis vinifera* tollera male minime termiche che vanno sotto i -15°C per lunghi periodi, anche se può tollerare minime attorno ai -18°C per brevi lassi di tempo contenendo entro il 20% la mortalità delle gemme principali.

La temperatura alla quale si presenta la pianta è direttamente dipendente dall'insolazione diretta e dalla quantità di ore di luce giornaliera ad essa disponibili.

Le varie cultivar hanno una diversa sensibilità al freddo invernale in funzione del fattore genetico, dello stato nutrizionale delle piante e del modo in cui si è verificato l'abbassamento termico. Il periodo al quale bisogna prestare più attenzione è sicuramente quello compreso tra invasatura e maturazione.

Durante l'autunno la temperatura cala gradualmente e negli organi svernanti l'amido presente viene scisso dell'invertasi in zucchero semplice rendendo il potenziale osmotico dei succhi cellulari più negativo e portando quindi all'abbassamento del punto di congelamento. Se le temperature calassero troppo rapidamente questo meccanismo di protezione non avrebbe il tempo sufficiente per estricarsi appieno.

Se la temperatura dell'aria scende al di sotto dei -20°C , temperatura minima critica invernale, l'acqua presente nei tessuti della pianta congela formando cristalli di ghiaccio che vanno a provocare lesioni irreparabili, conducendo la cellula a morte e i tessuti a necrosi. Gli abbassamenti termici invernali possono anche causare danni di modeste entità e limitarsi ad alcune parti della pianta, come piccole lesioni ai tessuti alla base dei tronchi che possono tuttavia rappresentare punti di ingresso per i patogeni che vivono nel suolo.

I vari organi della pianta presentano diverse sensibilità al freddo invernale: le gemme ibernanti sono per esempio più sensibili dei tralci e dei tronchi.

In primavera gli organi svernanti della vite vengono reidratati e questo porta all'aumento della respirazione da parte delle gemme che si preparano alla schiusa. Questo periodo precede il germogliamento vero e proprio e porta la pianta ad essere più sensibile ai freddi: temperature sotto i 2°C possono creare danni e necrosi ai tessuti gemmari.

La fase del germogliamento ha inizio con la caduta delle perule. In questo frangente i tessuti e i sistemi enzimatici che sono già stati attivati possono essere danneggiati anche a temperature attorno ai 0°C .

Un ruolo chiave della temperatura è quello di regolare l'alternanza delle fasi di riposo e di vegetazione della vite: la caduta delle foglie nelle piante avviene a seguito degli abbassamenti termici annuali. Anche la fase di endodormienza delle gemme ha inizio verso la fine dell'estate in quanto avviene quando le gemme sono esposte a temperature relativamente basse per un determinato intervallo di tempo, circa 15-20 giorni. In generale le gemme di vite presentano un basso fabbisogno in freddo.

Una volta che il fabbisogno in freddo della pianta è stato soddisfatto le gemme rimangono quiescenti fino alla primavera successiva e tale fase viene definita di ecodormienza. A questo punto, affinché si verifichi il germogliamento, dovrà essere soddisfatto il fabbisogno in caldo a seguito quindi di un adeguato innalzamento termico la cui soglia minima di temperatura è stimata attorno a $+4^{\circ}\text{C}$.

La vite richiede un alto fabbisogno in caldo ma allo stesso tempo presenta una notevole sensibilità agli eccessi termici, spesso associati a carenza idrica: temperature superiori ai 35°C portano ad una limitazione dell'attività fotosintetica e ad un aumento della respirazione con conseguente aumento del

fabbisogno di acqua. Tutto questo induce a fenomeni di fotoinibizione nelle foglie.

L'accumulo di solidi solubili, espressi in °Brix o °Babo, è presieduto dall'attività fotosintetica e solitamente è superiore nelle bacche esposte alla luce in quanto soggette a fenomeni di traspirazione maggiori che portano ad un flusso floematico più intenso. L'attività di fotosintesi delle foglie appare massima attorno a temperature di 25°C, al di sotto e al di sopra di questi valori appare notevolmente ridotta.

La respirazione, durante la maturazione, aumenta con l'aumentare della temperatura: più questa è maggiore e più ci sarà la degradazione dell'acido malico.

Anche la sintesi delle molecole aromatiche, seppur dipendente da una base genetica, è fortemente influenzata dalla temperatura: con l'aumentare di questa aumenta anche l'attività dei sistemi enzimatici fino ad un certo livello oltre il quale tende poi a decrescere. Le temperature ritenute ottimali sono di 20-22°C.

La temperatura influisce anche sulla sintesi dei composti coloranti: valori troppo caldi o troppo freddi portano ad un impoverimento della colorazione dell'uva. L'optimum di temperatura per la sintesi degli antociani è stabilito generalmente tra i 17 e 27°C.

Una elevata escursione termica tra il giorno e la notte porta in generale ad un miglioramento della qualità delle uve inteso come aumento della concentrazione zuccherina, riduzione dell'acidità totale e miglioramento della composizione fenolica e aromatica.

Foglie e grappoli durante il giorno raggiungono livelli di temperatura maggiori rispetto a quelli dell'aria perché durante la stagione calda il normale processo di traspirazione non è in grado di mantenere tali temperature inferiori, condizione ottimale per l'attività metabolica della vite.

I grappoli delle varietà a bacca rossa si riscaldano maggiormente rispetto a quelli delle varietà a bacca bianca in quanto presentano minore attività traspirante. Questo li porta a raggiungere valori di temperatura anche più elevati di quelli delle foglie. Scelte gestionali del vigneto che permettono di mantenere le temperature di foglie e grappoli al di sotto dei 30°C permettono una migliore maturazione della bacca.

Le piante effettuano la respirazione anche durante le ore notturne, dove le temperature tendono generalmente a scendere. Questo fa sì che durante le ore giornaliere le foglie impiegano più tempo per raggiungere livelli di temperatura adeguati a massimizzare l'utilizzo della luce. La traslocazione degli zuccheri dalla foglia alla bacca, essendo un meccanismo attivo, richiede energia e per questo motivo uve maturate in ambienti notturni molto freddi, al di sotto dei 10°C, presentano solitamente ritardi nella maturazione. Di contro uve maturate

in ambienti notturni particolarmente caldi, dove le temperature sono superiori a 20°C, presentano profili qualitativi scarsi dovuti ad un aumento del consumo degli zuccheri in seguito ad un aumento della respirazione. Concludendo possiamo affermare che l'escursione termica giornaliera ottimale dovrebbe assestarsi sui 15°C, con massimi di 30°C e minimi di 15°C. Quindi, affinché venga mantenuto un buon livello di acidità nella bacca, è essenziale un elevato valore di escursione termica, soprattutto se la temperatura diurna è elevata.

Ambienti con basse temperature di maturazione della bacca permettono di potenziare la delicatezza e l'aromaticità del futuro vino a discapito dell'intensità colorante, d'altro canto, anche temperature troppo elevate dei grappoli e delle foglie vanno a ridurre la sintesi delle sostanze coloranti, accelerando inoltre la degradazione dei composti aromatici, in quanto termolabili [1] [2].

1.3 Precipitazioni

Le precipitazioni sono quel fenomeno meteorologico attraverso il quale il vapore acqueo presente nell'atmosfera condensa e precipita al suolo allo stato liquido o solido e vengono convenzionalmente espresse in mm: 1 mm equivale a 10 m³ di acqua per ettaro.

Un giorno di pioggia fine può apportare circa 10 mm di acqua al suolo, mentre un temporale violento può apportarne anche più di 30 mm in un breve tempo.

Uno dei fattori che viene determinato dalla pioggia è la disponibilità idrica: le esigenze idriche della vite si aggirano attorno ai 700-900 mm/anno e occorre considerare che i decorsi stagionali, essendo molto variabili, possono presentare condizioni di eccesso o di carenza idrica che devono essere poi regolate attraverso le varie tecniche colturali.

La maggior parte dell'acqua che proviene dalle piogge non è disponibile per la pianta: circa il 50% viene perso per ruscellamento, il 25% per evaporazione del terreno e solamente il rimanente 25% resta a disposizione della pianta. Per effetto della gravità le piogge che cadono sul terreno penetrano e si infiltrano in profondità e in questo modo consentono di ripristinare gran parte delle riserve idriche del suolo. Tuttavia una parte della pioggia può andare ad alimentare i corpi idrici scorrendo in superficie oppure può evapotraspirare dalle piante o evaporare dal suolo e ritornare quindi in atmosfera. A seguito di un'intensa evaporazione, che contraddistingue i periodi più caldi, la pioggia quindi potrebbe non riuscire a raggiungere lo strato interessato dalle radici delle piante.

Nei vigneti collinari piogge molto intense potrebbero dar luogo a fenomeni di ruscellamento superficiale a causa di difficoltà di infiltrazione e in questo

modo provocare rischio di erosioni.

In pianura, le piogge eccessive possono invece generare pericoli di ristagno idrico.

In generale i terreni drenati e collinari sono i più favorevoli per lo sviluppo della vite, seppur determinando una minore disponibilità idrica.

Le esigenze idriche della vite vengono dettate anche dalle fasi del periodo vegetativo: piogge durante la fioritura possono limitare la dispersione del polline, dilavando i granuli pollinici dagli stigmi e abbattendoli così al suolo. Possono inoltre portare ad abbassamenti della temperatura, rallentando la germinazione del polline e allungando il tubetto pollinico.

Una situazione di stress idrico che precede il periodo dell'invaiaitura può comportare una riduzione della qualità e quantità della produzione.

Durante le fasi finali della maturazione della bacca, le piogge vanno ad aumentare il tasso di crescita dell'acino e quindi il suo volume e ne rallentano la maturazione, portando ad un aumento della concentrazione degli acidi e ad una diminuzione di quella degli zuccheri e degli antociani.

Ai fini produttivi è essenziale un'adeguata disponibilità idrica durante la prima fase dello sviluppo dell'acino, mentre durante la maturazione dell'uva una moderata carenza idrica favorisce l'accumulo zuccherino e la sintesi degli antociani.

Nel periodo della vendemmia le piogge possono rallentare le operazioni di raccolta e creare un ambiente favorevole all'insorgenza e allo sviluppo di marciumi sui grappoli, oltre che causare direttamente lo spacco degli acini.

Un ambiente "naturalmente" vocato alla coltivazione della vite è un ambiente dove le piogge dovrebbero soddisfare le necessità idriche di questa, non solo in termini di apporti complessivi, ma anche per quel che riguarda la loro distribuzione stagionale. La maggior parte dei vini di qualità sono prodotti in aree che presentano livelli di precipitazione inferiori ai 700-900 mm [1] [3] [4].

1.4 Radiazione solare

La luce è uno dei fattori più importanti per la vite come per tutte le piante eliofile e per questo motivo i luoghi meglio esposti al sole sono quelli che meglio si prestano alla loro coltivazione. Non meno importanti sono le zone che presentano una buona quantità di giorni sereni, soprattutto durante il periodo di vegetazione.

L'elemento principale caratterizzante la luce è la radiazione solare, intesa come l'insieme delle radiazioni che provengono dal sole e si propagano attraverso la superficie terrestre. Questa viene divisa in Radiazione solare diretta, intesa come l'energia che attraversa, nell'unità di tempo, la superficie

perpendicolare all'asse di incisione dei raggi, e in Radiazione diffusa, ovvero la radiazione solare che viene riflessa e diffusa dall'atmosfera e dai sistemi nuvolosi sulla superficie unitaria.

Altro elemento imprescindibile della luce è la durata del giorno solare: la vite è una pianta a giorno lungo e in quanto tale necessita di molte ore di luce per riuscire a portare a termine tutte le sue funzioni vegetative e riproduttive. Proprio per questo motivo tale pianta tende a prediligere le zone a latitudine piuttosto elevata.

Le ore di sole sono positivamente correlate con la quantità e qualità della produzione, ma solo se anche la temperatura e l'umidità relativa dell'aria oscillano in un range favorevole. L'esposizione dei terreni nelle aree collinari influenza la capacità di intercettazione della radiazione solare da parte del suolo, a causa della diversa angolazione di incidenza dei raggi solari.

Nel nostro emisfero, rispetto ai versanti rivolti a nord, quelli che guardano a Sud, Est ed Ovest ricevono più insolazione e di conseguenza si avrà un maggiore riscaldamento dell'aria in seguito all'emissione del calore assorbito dal suolo. Quindi con queste esposizioni si adottano sistemi di allevamento bassi, tipo alberello o controspalliera bassa, in cui i grappoli più vicini al suolo si troveranno in un ambiente più caldo, con benefici importanti nelle aree dove le disponibilità termiche non sono delle migliori, come nel caso di vigneti coltivati in zone con altitudini elevate. Le pendici esposte ad Est vengono riscaldate con i primi raggi del sole, quindi quando le temperature sono ancora basse, mentre le pendici esposte ad Ovest ricevono la massima insolazione nelle ore pomeridiane, quando si registrano temperature più elevate.

In condizioni di cielo chiaro la quantità di radiazione fotosinteticamente attiva (PAR) che arriva ai grappoli è di circa 2500 E m⁻² s⁻¹, in condizioni nuvolose è invece di circa 300-1000.

Le condizioni ideali di radiazione solare richiesta dalla pianta per la fotosintesi corrispondono a 700 PAR, mentre da 150 a 300 troviamo il punto di compensazione luminosa al di sotto del quale le foglie consumano tanti carboidrati quanti ne producono. Maggiori valori di radiazione, intesa sia come intensità che come durata, vanno ad aumentare la produzione, i solidi solubili e portano ad un innalzamento delle temperature.

I diversi studi che sono stati condotti sull'effetto della luce nella vite, evidenziano una variabilità di reazione alla lunghezza del giorno per le diverse cultivar.

Nel periodo che va da aprile a settembre, all'aumentare del numero di giorni di sole corrisponde un aumento della quantità di zuccheri e una diminuzione di acidi e tannini.

Nei vitigni a bacca rossa una eccessiva esposizione alla luce, soprattutto a partire dall'invaiaatura, porta ad una notevole riduzione dell'accumulo degli

antociani totali e ad un aumento della quercetina-3-glucoside. Quest'ultimo effetto può essere probabilmente inteso come un meccanismo di schermatura dai raggi UV e quindi in protezione dei tessuti della pianta. Per l'ottimale sintesi degli antociani, la pianta richiede una soglia minima di disponibilità energetica pari a circa il 15-20% della radiazione incidente.

Con l'aumento dell'ombreggiamento aumenta la quota di malvidina-3-glucoside in forma cumarata, meno estraibile in vinificazione rispetto alle altre forme [1].

1.5 Vento

Il vento è quel fenomeno dovuto al movimento di masse d'aria che seguono un gradiente di pressione, e quindi si spostano da un'area ad alta pressione verso una a bassa pressione. La spinta che agisce sulla massa d'aria permette di ristabilire una situazione di equilibrio. Il flusso d'aria che così si forma, si muove in quota seguendo le isobare, tuttavia se questo si presenta a basse quote la sua direzione può venire modificata dall'attrito con la superficie terrestre.

L'intensità del vento, intesa come la sua velocità, dipende dalla distanza tra le isobare e quindi dal gradiente isobarico. All'aumentare della quota vanno a diminuire gli ostacoli fisici e l'attrito che questo ha con la superficie terrestre, portando ad un suo aumento.

Gli effetti del vento dipendono sia dalla sua intensità che dalla sistemazione aerodinamica del vigneto: chiome di piccole dimensioni, come sono per esempio previste nel sistema di allevamento ad alberello, presentano limitate superfici di impatto. Nei sistemi a tendone o a pergola, invece, le chiome sono più sviluppate sul piano orizzontale e per questo maggiormente esposte.

Un vento di elevate intensità può causare la rottura dei germogli giovani, piuttosto fragili soprattutto nelle prime fasi del ciclo vegetativo, ma anche danni alla palificazione dell'impianto.

Leggere brezze durante la maturazione dell'uva garantiscono al grappolo un microambiente sfavorevole allo sviluppo dei marciumi, a patto che sia coinvolta aria poco umida. Tuttavia la concomitanza di elevate intensità luminose e venti molto caldi rende l'ambiente particolarmente incline allo stress idrico.

Venti freschi e non violenti, soprattutto nei periodi più caldi, possono alleviare l'eccessivo calore.

Il vento va ad influenzare sia la fisiologia che il fabbisogno idrico della vite; in linea di massima con l'aumentare della sua intensità va ad aumentare anche l'evapotraspirazione e quindi il fabbisogno idrico della vite.

Piante che risiedono in aree generalmente battute da venti forti mettono in atto dei sistemi di adattamento che si esplicano nella formazione di foglie di dimensioni e spessore minore e germogli più corti, con conseguente riduzione

della crescita della pianta. Nelle lamine fogliari esposte a venti moderati, anche per un breve periodo, si osserva una chiusura della rima stomatica che porta conseguentemente ad una riduzione della conduttanza stomatica. Questo meccanismo si pone l'obiettivo di limitare la traspirazione della lamina, con notevoli ripercussioni sulla capacità fotosintetica che va a diminuire, e con essa diminuiscono anche i livelli di solidi solubili ottenuti.

Gli effetti dei venti variano anche in funzione della loro provenienza: quelli derivanti dalle zone di mare sono, per esempio, venti carichi di sale che potrebbero causare danni alla foglie e agli acini [1].

1.6 Umidità

Questo fattore riguarda tutti gli aspetti legati all'umidità dell'ambiente che sono determinati dalle idrometeore (pioggia, neve, nebbia, rugiada ecc..) oltre che dalla umidità dell'aria.

In termini di disponibilità idrica la vite è meno esigente rispetto a quanto lo sia nei confronti del calore e della luce: se questa viene coltivata in zone troppo umide potrebbe essere interessata da una eccessiva diluizione delle sostanze all'interno degli acini, o potremo trovare la presenza di parassiti nelle coltivazioni. Se invece la vite viene coltivata in zone troppo aride potrebbe essere necessario l'intervento con irrigazioni di soccorso.

In linea generale la vite si presenta piuttosto resistente ad eventuali carenze idriche [1][3].

1.7 Gli abbassamenti termici primaverili

Giornate di cielo sereno e assenza di vento possono portare a fenomeni come quello dell'inversione termica, alla cui base troviamo la presenza di piccole quantità di vapore acqueo nel suolo, non sufficienti a bloccare la radiazione solare. Questo porta ad una cessione del calore dal suolo all'atmosfera durante la notte, con conseguente abbassamento della temperatura a livello del terreno e riscaldamento degli strati superiori fino alla zona dell'inversione termica, dove lo scambio di calore si annulla. Si viene a generare quindi una escursione termica tra il giorno e la notte, che può portare a temperature a livello del suolo sotto lo zero, soprattutto nei mesi primaverili e autunnali. Queste a loro volta darebbero vita a gelate per irraggiamento, molto pericolose per la vite in quando generatrici di danni nella porzione della pianta più vicina al suolo.

Le varie cultivar presentano diversi gradi di sensibilità alle gelate primaverili, più che altro dovuto alla diversa epoca di germogliamento, dove la vite ne diventa più sensibile. Abbassamenti termici attorno ai 10°C alla fioritura

non permettono al polline un adeguato livello di germinazione. Inoltre la differenziazione delle gemme per l'anno successivo richiede temperature superiori a 20°C.

Si può pensare ad un parziale recupero dei danni alla produzione attraverso la presenza delle sottogemme fertili [1].

1.8 Il cambiamento climatico

L'effetto serra è quel naturale fenomeno dovuto alla presenza di gas nell'atmosfera, come l'anidride carbonica, Ozono troposferico, vapore acqueo, metano e protossido di azoto. Tali gas sono capaci di intrappolare il calore e mantenere la temperatura media della terra sui 15°C, assicurandone il riscaldamento. In assenza di questo meccanismo la temperatura della terra potrebbe scendere fino a -18°C, una condizione non compatibile con la vita.

Il cambiamento climatico può essere attribuibile a modulazioni dei cicli solari, a processi naturali interni o semplicemente a modificazioni della composizione dell'atmosfera a seguito delle attività umane.

L'aumento dei gas serra sul nostro pianeta ha portato ad un aumento dell'energia disponibile sulla superficie terrestre che a sua volta ha causato l'alterazione delle correnti oceaniche, che sono alla base della distribuzione dei climi e della regolazione dei fenomeni atmosferici.

Negli ultimi 50 anni è stato registrato in Europa un aumento della temperatura annuale di circa 0,8°C, con un aumento delle precipitazioni nel nord e una diminuzione nel sud. L'evoluzione futura del clima appare incerta a causa di disponibilità di dati incompleti e non ancora del tutto compresi.

I cambiamenti climatici possono modificare le aree di coltivazione e di diffusione della vite, alterarne le fasi fenologiche e modificare l'evoluzione degli insetti e agenti patogeni. Precisamente la vite è andata in contro ad un anticipo della fioritura di circa 15-20 giorni, condizione che ha permesso uno spostamento verso nord della sua zona di coltivazione.

L'aumento della temperatura spesso si associa ad una condizione di stress idrico, che porta ad una maggiore necessità di interventi irrigui.

L'incremento della concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera porta ad un aumento del 10-20% della fotosintesi. Ne conseguono importanti aumenti della capacità produttiva della vite senza che vi sia tuttavia una reale modificazione della qualità dell'uva, in termini di concentrazione zuccherina e acidità totale.

In conclusione l'effetto del cambiamento climatico dipende dal peso relativo della riduzione delle precipitazioni e dell'aumento della temperatura, che

non portano sempre a ripercussioni positive, unite all'aumento della capacità fotosintetica [1].

Capitolo 2

Le molecole aromatiche nel vino

Gli aromi individuati nei vini possono essere di tre diversi tipi:

- primari: sono quegli aromi determinati da molecole volatili già presenti nell'acino d'uva al momento della raccolta, e per questo anche definiti "varietali";
- secondari: ovvero tutti quegli aromi che derivano da molecole aromatiche formate durante la fase di fermentazione;
- terziari: sono gli aromi determinati dalle molecole aromatiche che si formano durante la fase di affinamento del vino.

La struttura molecolare dei composti aromatici, e soprattutto la loro forma spaziale, influisce in modo determinante sulla interazione che questi hanno con i recettori olfattivi e questo determina la formazione di aromi molto differenti tra loro, da molecole con una composizione molto simile ma con una disposizione spaziale completamente differente [1].

2.1 Soglia di percezione

La soglia di percezione di una molecola volatile corrisponde alla concentrazione in cui il suo odore viene percepito da almeno il 50% della popolazione.

Secondo la "legge di Stevens (1969), una volta che la soglia di percezione viene superata, l'intensità odorosa di una molecola aromatica cresce all'aumentare della sua concentrazione e in modo dipendente alla natura chimica della molecola in oggetto. In questa ottica, a piccoli aumenti della concentrazione di determinati composti possono corrispondere elevati incrementi della loro potenza odorosa. Per altre molecole, invece, al medesimo aumento di concentrazione non corrisponde un'altrettanta crescita del loro aroma. Questo prova

un diverso rapporto tra la concentrazione di un composto e la sua intensità odorosa percepita, per le varie molecole odorose.

Al fine di valutare il contributo sensoriale di una determinata molecola odorosa all'interno di un mezzo, viene utilizzato l'indice OAV (Odor Activity Value) che corrisponde al rapporto tra la concentrazione della molecola in questione e la sua soglia di percezione.

La percezione aromatica dei composti volatili, in termini di intensità e di qualità odorosa, viene anche influenzata dal mezzo in cui questi si presentano. Questo vuol dire che l'impatto olfattivo di una stessa molecola volatile può essere diverso a seconda se questa sia presente in un vino rosso o in uno bianco o in vini che hanno una diversa gradazione alcolica [5] [7].

2.2 Forma libera e forma glicosilata

Le molecole aromatiche possono essere presenti nella bacca anche sotto forma di precursori, ovvero metaboliti secondari glicosilati, e quindi arricchiti di una componente glicidica. Questa modificazione strutturale viene operata dalla cellula al fine di rendere tali molecole idrosolubili e maggiormente trasportabili e stoccabili in attesa del loro utilizzo.

I precursori aromatici, non essendo molecole volatili, non sono immediatamente percepibile all'olfatto, e potranno essere liberati solo in fasi di fermentazione o di affinamento attraverso l'operato delle glicosidasi. Proprio a seguito della loro impossibilità di diffusione nell'aria, presentano una maggiore stabilità e una maggiore protezione da fenomeni di ossidazione, degradazione termica e fotochimica, e quindi una migliore conservazione. In quest'ottica possiamo pensare alla forma glicosilata delle molecole odorose come ad una modalità di conservazione degli aromi, che possono poi essere resi disponibili in un secondo momento.

Le molecole in forma libera, invece, possono diffondere tranquillamente nell'aria per raggiungere i recettori olfattivi ed essere così percepite. Tuttavia esse sono soggette ad una importante diluizione nell'aria e a fenomeni di ossidazione che portano ad un rapido affievolimento della loro intensità odorosa [5].

2.3 Aromi varietali

Gli aromi varietali sono tutti quegli aromi provenienti da molecole aromatiche già presenti all'interno della bacca di uva al momento della raccolta, e per tale motivo legati univocamente alla varietà a cui questa appartiene.

Essi si concentrano principalmente nella zona dell'esocarpo, e solitamente compaiono in concentrazioni molto modeste, dove si parla di mg/l o ng/l.

Quando le molecole aromatiche varietali sono presenti in una concentrazione superiore alla loro soglia olfattiva, i loro aromi tendono a dominare su quelli provenienti da tutte le altre classi.

Le molecole aromatiche varietali possono essere contenute nella bacca sia in forma libera sia in forma glicosilata. Nel primo caso, se queste compaiono in concentrazioni superiori alla loro soglia olfattiva, l'aroma varietale percepito nella bacca sarà lo stesso che viene percepito nel vino, in quanto la molecola odorosa verrà trasferita direttamente dall'uva al vino. In questo caso il vitigno viene definito "aromatico" e gli aromi varietali "diretti", come nel caso del Moscato, della Malvasia, del Brachetto e del Traminer aromatico.

Quando, invece, le molecole aromatiche varietali nella bacca si presentano in forma glicosilata, queste sono inodori e quindi l'aroma non sarà direttamente percepibile nell'acino, ma lo sarà solo nel vino a seguito di biotrasformazioni a cui queste vanno incontro. In questo caso andremo a parlare di vitigni "neutri" e di aromi varietali "indiretti", considerati come una sorta di marcatore olfattivo nel futuro vino. Alla base di questa classificazione delle uve c'è, quindi, il rapporto tra la forma libera e la forma glicosilata delle molecole varietali, e nello specifico la differenza tra la concentrazione della forma libera e la loro soglia di percezione.

Gli aromi varietali riguardano centinaia di composti e vanno raggruppando diverse classi: terpeni, norisoprenoidi, metossipirazine, tioli volatili e alcoli e aldeidi a sei atomi di carbonio [1] [5].

2.3.1 Terpeni

Sono metaboliti secondari che si possono trovare nella bacca sia in forma libera che in forma legata e la loro concentrazione aumenta progressivamente con la maturazione dell'acino: nelle prime fasi avremo un maggiore livello di eterosidi terpenici, mentre gli alcoli terpenici saranno presenti solamente a seguito dell'invasatura.

Per tutta la maturazione della bacca, la frazione legata risulta più abbondante rispetto a quella libera, che a sua volta tende a diminuire soprattutto durante la fase di surmaturazione, come accade nel caso del linalolo e dell'alfa-terpineolo.

I terpeni si differenziano in monoterpeni, formati da 10 atomi di carbonio, e sesquiterpeni, formati da 15 atomi di carbonio.

I monoterpeni sono i principali componenti delle uve aromatiche, dove sono presenti ad alte concentrazioni e confinati principalmente nell'esocarpo.

La loro soglia di percezione varia da frazioni a centinaia di microgrammi per litro e quelli identificati nelle uve sono circa 70, presenti sotto forma di idrocarburi semplici, aldeidi, esteri, acidi ed alcoli. Questi ultimi, definiti

terpenoli, sono i più frequenti e tra questi ritroviamo il linalolo, responsabile delle note di coriandolo, e i suoi epossidi piranici e furanici:

- geraniolo
- nerolo
- ossido di rosa

che sono i responsabili delle note gradevoli e floreali di rosa;

- citronello, che conferisce note di canfora
- alfa-terpineolo
- ossido di nerolo, responsabile delle note verdi ed erbacee che non sempre vengono apprezzate.

2.3.2 Norisoprenoidi

Sono composti che derivano direttamente dalla degradazione ossidativa dei carotenoidi, e quindi la loro formazione è possibile in qualsiasi vitigno ed è particolarmente intensa in quelle uve che hanno subito un avanzato stato di maturazione o che sono state sottoposte ad appassimento. La loro concentrazione è, quindi, fortemente influenzata dal grado di maturazione e di esposizione alla luce della bacca.

Nell'uva i norisoprenoidi esistono solo in forma di precursori aromatici e in un mezzo acido come il vino, questi possono andare incontro a molteplici trasformazioni, come nel caso del TDN e del vitisparano.

I norisoprenoidi a 13 atomi di carbonio sono quelli che predominano nel vino, sia bianco che rosso, e sono i responsabili delle note fruttate e floreali. I principali sono:

- beta-damascenone, che conferisce un complesso aroma di frutti esotici, miele, composta di mele, camomilla, cera d'api, tabacco biondo e petali di rosa. La sua soglia di percezione nel vino è molto bassa, 4-7 microgrammi per litro, ed è presente in quasi tutti i vini a concentrazioni variabili da 5 a 170 microgrammi/litro, e quindi superiori alla sua soglia di percezione;
- beta-ionone, responsabile dell'odore di violetta e frutti di lampone. La sua soglia di percezione nel vino è di 4,5 microgrammi per litro, ed è maggiormente presente nei vini rossi, in cui compare in concentrazioni di circa 30 microgrammi per litro;

- beta-damascone, che conferisce una nota fruttata e di tabacco;
- 3-idrossi-beta-damascone, responsabile di note di tè e tabacco;
- 3-oxo-alfa-ionolo, che conferisce un aroma di tabacco;
- TDN, generalmente non presente negli acini e nei vini giovani in quanto compare nel corso dell'invecchiamento in bottiglia fino a raggiungere concentrazioni di 200 microgrammi per litro, con una soglia di percezione di 20 microgrammi per litro. Questa molecola concorre nella formazione della nota di cherosene, tipica del Riesling invecchiato;
- Actinidoli, responsabili dell'odore di canfora e incenso. Sono tipici dei vini molto vecchi o che hanno subito un invecchiamento precoce;
- Vitisparano, presente nel vino ad una concentrazione di circa 50 microgrammi per litro e solamente nei vini d'annata o a seguito di affinamento in bottiglia. Emanava note che rimandano ai crisantemi, alla corteccia sbriciolata di eucalipto, all'incenso e alla canfora.

2.3.3 Metossipirazine

Sono metaboliti localizzati nell'esocarpo degli acini di numerose varietà, e provenienti dal metabolismo degli aminoacidi. La loro concentrazione aumenta nella fase verde della maturazione della bacca per poi diminuire nella fase di stasi, soprattutto nelle uve più soleggiate. Per questo motivo, se la loro concentrazione risulta essere eccessiva, è possibile intervenire con manipolazioni della chioma volte ad aumentare la quantità di grappoli esposti al sole al fine di ottenere una diminuzione del loro livello.

Solamente nei vitigni di Cabernet sauvignon, Cabernet franc e Merlot la loro concentrazione si presenta tale da superare la soglia di percezione e in questo modo vanno a conferire al vino un gusto erbaceo e nello specifico note vegetali di peperone verde, pisello, asparago e bosso, associate generalmente al frutto immaturo e non sempre gradite.

2.3.4 Tioli o Mercaptani

Sono composti solforati distribuiti in maniera poco uniforme nell'acino e derivanti direttamente dalle uve o dal metabolismo dei lieviti. Possono essere presenti sia in forma libera sia in forma coniugata alla cisteina o al glutatione. Il Sauvignon e lo Chenin blanc sono vitigni estremamente ricchi di questi composti.

Queste molecole sono responsabili di una grande varietà di sfumature aromatiche, che vanno dalle note di bosso, pompelmo, frutto della passione e gemma di casis, a quelle di aglio, cipolla e caffè, che risultano poco gradite.

2.3.5 Alcoli e Aldeidi a 6 atomi di carbonio

Sono metaboliti secondari che derivano dall'acido linoleico e dall'acido linolenico, precursori inodori presenti nelle membrane cellulari delle cellule della buccia, dei raspi, delle foglie e dei tralci verdi. Con lo schiacciamento dell'acino, la buccia subisce una lacerazione che porta a reazioni di ossidoriduzione, responsabili della trasformazione di questi acidi in alcoli e aldeidi. Queste molecole possono essere presenti sia in forma libera che legata.

Se questi metaboliti sono presenti a basse concentrazioni concorrono positivamente all'aroma del vino, ma se presenti in livelli eccessivi conferiscono un aroma erbaceo poco gradito che richiama le note di frutta acerba, foglia stropicciata e di amaro.

I principali alcoli sono:

- esanolo
- cis-3-esenolo
- trans-2-esenolo

che sono anche i maggiori componenti volatili del Cabernet Sauvignon.

Le principali aldeidi sono:

- esanale
- trans-2-esenale
- eptanale
- trans-2-eptenale

che sono, invece, le maggiori componenti volatili del Riesling (Luigi Moio, 2016; A. Palliotti, S. Poni, O. Silvestroni, 2018).

2.3.6 Maturazione aromatica e fisiologica della bacca

La maturazione dell'uva è un processo considerato complesso in quanto numerosi processi di accumulo e degradazione avvengono in contemporanea: un acino maturo dovrebbe contenere in media un centinaio di composti e alcuni di questi, come quelli aromatici, compaiono in quantità infinitesimale.

L'acino è formato da tre organi principali:

- l'esocarpo, che corrisponde alla buccia;
- il mesocarpo, che corrisponde alla polpa;
- l'endocarpo, o vinaccioli, che corrisponde ai semi

Occorre, anche, tenere in considerazione che la composizione biochimica del futuro vino è strettamente correlata con la dimensione della bacca e con il numero di semi in essa presenti al momento della raccolta: acini che presentano una dimensione minore o una quantità maggiore di semi produrranno vini più ricchi di sostanze derivanti da semi e buccia, e quindi maggiormente predisposti all'invecchiamento.

La maturazione della bacca è un processo che, contrariamente a quanto si pensi, ha inizio prima della fase di invaiatura e viene descritto attraverso il modello di "doppia sigmoide", dove vengono individuate tre differenti fasi:

- fase verde, o fase 1;
- fase di stasi, o fase 2;
- fase 3.

Fasi della maturazione	Principali avvenimenti
Fase verde	Sviluppo embrione ed endosperma. Picco di acido tartarico, di tannini monomeri e acidi idrossi-cinnamici. Accumulo attivo di aminoacidi, ioni minerali e molecole aromatiche (metossipirazine). Raggiungimento 50/60% del peso fresco finale.
Fase di stasi	Minima o nulla crescita della bacca. Completamento struttura finale seme e raggiungimento del suo peso secco finale. Picco di tannini dei semi e di acido malico. Degradazione molecole aromatiche (metossipirazine). Accumulo zuccheri e metaboliti secondari (flavonoli e quercitina).
Fase 3	Rammollimento bacca. Idrolisi saccarosio e aumento degli zuccheri fermentabili. Idrolisi pigmenti (carotenoidi). Aumento volume bacca. Ossidazione dei tannini dei vinaccioli. Accumulo minerali nel seme. Diminuzione concentrazione acido malico e tartarico. Aumento antociani e composti volatili (terpeni e norisoprenoidi).

Tabella 2.1: Tabella riassuntiva delle tre fasi di maturazione della bacca .

La fase verde corrisponde al primo stadio di crescita dell'acino dove, attraverso intensi processi di divisione e distensione cellulare, si ha la formazione dei semi e del pericarpo, ovvero della zona che li avvolge e li protegge. Anche lo sviluppo dell'embrione e dell'endosperma, entrambi contenuti all'interno del seme, vengono completati proprio a livello di questo stadio. All'inizio della fase verde, inoltre, viene individuato il picco della produzione di acido tartarico, di tannini monomeri come le catechine e degli acidi idrossicinnamici, ovvero acidi localizzati nella polpa e nella buccia, che sono coinvolti nelle reazioni di imbrunimento dei vini e sono importanti precursori di sostanze fenoliche volatili. In questo stadio la bacca accumula attivamente gli ioni minerali, gli aminoacidi e varie molecole aromatiche appartenenti soprattutto alla categoria delle metossipirazine. Questa fase ha una durata complessiva che va dalle 6 alle 9 settimane, e al suo termine, che cade generalmente nella seconda metà di luglio, la bacca deve aver raggiunto il 50-60% circa del suo peso fresco finale.

In condizioni di eccessiva disponibilità di azoto o di acqua, questo stadio può prolungarsi, e viceversa, può ridursi in caso di stress idrico.

Nella fase di stasi si ha una minima o nulla crescita della bacca in quanto, questa, va in contro al solo completamento della struttura del seme, che deve raggiungere il suo peso fresco finale e il massimo contenuto in tannini. Il tegumento seminale esterno lignifica e le pareti cellulari si vanno ispessendo. In questa fase viene anche raggiunta la massima concentrazione di acido malico e si ha una diminuzione di alcune delle sostanze volatili che erano state prodotte nella fase verde, come delle metossipirazine. Un accumulo tumultuoso di metaboliti secondari, come i flavonoli e soprattutto la quercitina, e zuccheri, avvengono proprio a livello di questo stadio. Questa fase presenta una durata che va da 1 alle 6 settimane, in funzione del genotipo, e solitamente termina in corrispondenza dell'inizio del processo di invaiatura, inquadrata nel mese di agosto.

Con la terza fase l'acino raggiunge la piena maturazione, iniziando progressivamente un percorso di rammollimento e intenerimento della bacca che corrisponde allo smantellamento della struttura della parete cellulare delle cellule del mesocarpo. La concentrazione degli zuccheri semplici, e quindi del glucosio e del fruttosio, va aumentando in seguito all'idrolisi, da parte dell'invertasi, del saccarosio trasportato per via floematica.

A seguito di questo verrà determinata la concentrazione zuccherina all'interno della bacca, che aumenta progressivamente con la sua maturazione: un accumulo zuccherino fisiologico può arrivare ad un massimo di 25° brix, ulteriori incrementi possono essere solo di tipo indiretto, e quindi causati da fenomeni di appassimento in pianta. I pigmenti, come i carotenoidi, scompaiono e il volume dell'acino, che inizialmente aumenta in modo molto rapido a seguito della distensione cellulare, va progressivamente rallentando. La bacca dovrà raggiungere un aumento complessivo del volume pari al 50% del peso finale. Con la maturazione del frutto la respirazione decresce gradualmente e gli elementi minerali vengono accumulati all'interno del seme.

In questa fase i vinaccioli virano dapprima verso una colorazione giallo ocre, per poi divenire con la piena maturazione, di colore bruno marroni e con il valore massimo del peso secco. Questo fenomeno trova spiegazione nelle reazioni di ossidazione dei tannini in essi presenti, la cui concentrazione va, quindi, progressivamente calando. In post-invaiatura la concentrazione dell'acido tartarico, localizzato principalmente nella buccia, e dell'acido malico, presente per lo più nella polpa, vanno calando; il primo a seguito della diluizione conseguente all'aumento volumetrico della bacca e quindi indipendentemente dalle condizioni ambientali, il secondo, invece, viene respirato più velocemente con l'aumentare delle temperature e, occasionalmente, può essere utilizzato per la produzione degli zuccheri attraverso il processo della gluconeogenesi. La

diminuzione della concentrazione di acido malico è, quindi, dipendente dalle condizioni ambientali che si presentano: nei climi caldi o nelle uve maggiormente esposte alla luce, la respirazione, e quindi il conseguente calo, divengono maggiori.

Nella fase tre vengono accumulati metaboliti secondari all'interno dell'acino: gli antociani nei vitigni a bacca rossa, e i composti aromatici varietali in quelli a bacca bianca. I primi sono composti coloranti la cui concentrazione finale viene influenzata dal genotipo, è noto come il sangiovese sia un vitigno restio al loro accumulo, e dal microclima del grappolo: una eccessiva esposizione della bacca alle radiazioni solari porta ad una inibizione della loro sintesi e ad una loro più rapida degradazione. La salvaguardia delle uve in questa fase è estremamente importante dal momento in cui se si dovesse ricorrere ad una vendemmia forzatamente anticipata la sintesi di gran parte delle molecole aromatiche e coloranti non avverrebbe [1] [8] [9].

2.4 Aromi secondari

Sono tutti quegli aromi provenienti dalle molecole che si formano durante il processo fermentativo e andranno a prendere poi il sopravvento sui sentori erbacei del mosto. I primi odori non sono del tutto piacevoli e sono attribuibili per lo più all'Aldeide acetica o acetaldeide, che ricorda l'odore di mela tagliata esposta all'aria o mele ammaccate da un'eccessiva maturazione. Questa molecola si forma in caso di arresto della fermentazione o nelle ultime fasi di questo processo, a causa dell'arrivo dell'ossigeno contestualmente alla diminuzione dell'anidride carbonica e, quindi, al conseguente calo della protezione ossidativa da essa svolto. Se l'avvio del processo fermentativo fosse stentato e irregolare, e quindi non rapido, dall'aldeide acetica si potrebbe formare l'acido acetico, responsabile del classico odore che ricorda l'aceto.

Non appena il processo fermentativo assume un decorso regolare, la concentrazione di ossigeno diminuisce e la gran parte delle molecole di acetaldeide e acido acetico vengono trasformate in alcool etilico. Questo fa sì che la loro concentrazione scenda al di sotto della soglia di percezione, facendo in modo che non vengano più percepite.

Il mosto si va, quindi, arricchendo dell'aroma sprigionato dall'alcol etilico, caratterizzato da una nota molto pungente ed erbacea.

Gli aromi secondari comprendono tre classi di composti: gli alcoli superiori, gli acidi grassi volatili e gli esteri.

2.4.1 Alcoli superiori

Gli odori che inizieranno a prendere il sopravvento durante il processo fermentativo sono quelli attribuibili agli alcoli superiori, composti formati da un numero di atomi di carbonio superiore ai due che caratterizzano la formula dell'alcol etilico. Questi composti consistono nei prodotti di scarto che si originano sia dalla biosintesi degli aminoacidi, sia dalla loro degradazione per mezzo dei lieviti, operata al fine di poter soddisfare il loro bisogno in azoto. Per questo motivo maggiore sarà la concentrazione di questo elemento nel mezzo, tale da poter soddisfare il fabbisogno di questi microorganismi, e minore sarà la concentrazione di alcoli superiori che vengono da essi prodotti.

La concentrazione di azoto nel mosto dipende dalla quantità di azoto prontamente assimilabile (APA) aggiunta al mezzo durante le prime fasi della fermentazione, ma anche dalla varietà e dal grado di maturazione delle uve: un aumento progressivo delle sue forme organiche accompagnerà, infatti, le varie fasi dello sviluppo della bacca.

La concentrazione degli alcoli superiori nel vino viene, inoltre, influenzata anche dalla torbidità del mosto: più questo valore sarà alto e più sarà la biomassa di lievito che si forma nel mezzo, incrementando, quindi, il livello degli alcoli da loro prodotti. Proprio per questo motivo la loro concentrazione nei vini rossi è solitamente maggiore di quella riscontrata nei vini bianchi.

Anche l'aerazione e l'elevata temperatura di fermentazione possono essere variabili che influiscono nella concentrazione finale di alcoli nel vino, andando ad aumentarla.

Il contributo olfattivo degli alcoli superiori nel vino è scarsamente caratterizzante in quanto completamente indipendente dalle varietà di uva e dalla tipologia del vino stesso. Questi risultano essere presenti, infatti, a seguito di ogni processo fermentativo e sempre ad una simile concentrazione. Proprio per questo motivo vengono considerati identificativi della fermentazione alcolica più che del substrato di dove questa avviene.

Se gli alcoli superiori sono presenti nel mezzo ad una concentrazione inferiore ai 300 mg/L, essi vanno a contribuire positivamente all'aroma di base del vino, mentre se compaiono a livelli superiori possono andarne a banalizzare l'odore, determinando un suo crollo qualitativo e annullandone il suo carattere olfattivo identitario.

Gli alcoli superiori si vanno formando progressivamente con il processo fermentativo e le due molecole che sono solitamente presenti a concentrazioni maggiori sono:

- 2-metilbutanolo (alcol amilico attivo)
- 3-metilbutanolo (alcol isoamilico)

Queste si formano in seguito alla degradazione, rispettivamente, della leucina e della isoleucina, e sono presenti nei vini solitamente in concentrazioni di 8-150 mg/l, e 4-197 mg/l. Questi alcoli ricordano gli odori di alcol, solvente per unghie, vernice e cimice schiacciata e sono le stesse molecole che vengono ritrovate ad elevate quantità nei mosti fermentati di matrice amilacea, come le patate usate per la distillazione della vodka.

Sempre in questa fase è possibile riuscire a percepire anche note di rosa, simili a quelle emanate dai terpeni, ma in questo caso attribuibili ad un fondamentale composto secondario della fermentazione alcolica, derivante dalla degradazione della fenilalanina:

- alcol 2-feniletanolo, o l'alcol 2-fenietilico,

presente generalmente nel vino in concentrazioni tra i 4 e i 197 mg/L.

I tre alcoli superiori descritti vanno a rappresentare fino al 90% dell'intera frazione volatile del vino, e i due composti amilici sono tre volte più abbondanti rispetto all'alcol 2-fenil etanolo. In questa specifica fase di vinificazione non si trovano altre molecole nel mezzo presenti in altrettanta concentrazione, e quindi capaci di sovrastare le note aromatiche degli alcoli, i quali vanno, così, a dominare il profilo aromatico del vino.

Altro alcol superiore ramificato che viene prodotto nelle prime fasi della fermentazione è

- 2-metil-1-propanolo (alcol isobutilico)

Una volta che la fermentazione alcolica verrà terminata, sarà più difficile distinguere nel vino gli aromi emanati dagli alcoli superiori, in quanto si andranno a generare altre molecole in grado di sovrastarli e renderli quindi molto meno percepibili.

2.4.2 Acidi volatili

Durante la fase iniziale della fermentazione alcolica, i lieviti producono anche acidi volatili attivi sensorialmente, e tra questi il più importante è rappresentato dal:

- acido acetico

Questo specifico acido è il responsabile di un sapore acre e di un odore pungente nel vino. Tuttavia se la fermentazione è ben condotta, la concentrazione di questo composto non dovrebbe superare la sua soglia di percezione, ovvero di 175 ppm.

Altri acidi volatili, responsabili di odori sgradevoli, che si formano in fase fermentativa sono:

- acido 2-metilpropanoico
- acido 2-metilbutanoico
- acido 3-metilbutanoico
- acido butanoico (acido butirrico)
- acido esanoico (acido capronico)
- acido ottanoico (acido caprilico)
- acido decanoico (acido caprinico)

Gli ultimi quattro composti consistono in acidi lineari, rispettivamente, a 4, 6, 8, 10 atomi di carbonio. Il primo di essi è il responsabile del conferimento al mezzo di note burrose, mentre gli altri tre tendono a generano note aromatiche di formaggio rancido, che ricordano l'odore di capra. Raramente questi acidi sono presenti in concentrazioni tali da superare la loro soglia di percezione, o le loro note aromatiche vengono, comunque, parzialmente mascherate dalle note olfattive più rilevanti delle altre molecole odorose. Questi motivi fanno sì che le loro note aromatiche nel vino non vengano solitamente percepite.

Gli alcoli superiori e gli acidi grassi sono le componenti volatili responsabili del cosiddetto "fondo odoroso" del mezzo, comune a tutti i vini e a tutte le bevande fermentate. Solo in assenza di altri odori, e quindi di altre molecole odorose capaci di nascondere le note aromatiche scaturite da questi composti, essi potranno essere percepiti e andare, quindi, a conferire al suddetto vino il carattere di "vinoso".

Questo scheletro olfattivo è estremamente dipendente dall'equilibrio che si va formando tra i due alcoli amilici e l'alcol 2-feniletilico, e più nello specifico tra il rapporto della concentrazione con cui ognuna di queste molecole è presente nel vino e la sua soglia di percezione. Se il valore maggiore si riferisce agli alcoli isoamilici, nel vino saranno predominanti le note pungenti che ricordano i distillati di scadente qualità, viceversa, predomineranno le note floreali di rosa.

2.4.3 Esteri

A circa metà della fermentazione alcolica, il vino si arricchisce di un'altra categoria di composti aromatici in grado di prendere il sopravvento su quelli formati fino ad ora, gli esteri. Queste molecole sono le responsabili delle note fruttate di banana, mela, melone e di molti altri frutti.

Gli esteri sono molecole derivanti dal metabolismo lipidico e azotato dei lieviti, e nello specifico dalla reazione di esterificazione, ossia di condensazione tra un alcol e un acido, che porta all'eliminazione di una molecola di acqua.

Gli esteri sono molecole sempre presenti nei vini, indipendentemente dalla varietà del vitigno da cui questi derivano. Ciò che varia è, invece, l'intensità degli odori da essi sprigionati, dipendente dalla loro concentrazione, influenzata, a sua volta, dalle modalità con cui la fermentazione alcolica viene condotta: la quantità di esteri tende a crescere con l'aumentare della durata e della difficoltà con cui viene portato a termine questo processo. L'assenza di ossigeno, una bassa torbidità del mosto e una temperatura di fermentazione compresa tra 14 e 18°C sono tutti parametri tecnologici che vanno ad influire positivamente sulla quantità degli esteri, e su di essi è possibile agire al fine di andarne a regolare la loro concentrazione.

L'aroma che verrà percepito nel vino, una volta terminata la fermentazione alcolica, sarà il risultato dell'equilibrio che si è instaurato tra tutti gli aromi secondari presenti: se a prevalere saranno gli esteri si potrà percepire un gradevole aroma fruttato, se invece saranno gli alcoli e gli acidi grassi volatili, l'aroma risultante sarà spostato verso gli odori più comuni che definiscono il carattere "vinoso". Detto questo, dobbiamo anche considerare che laddove siano gli esteri ad esercitare la predominanza sul profilo aromatico di un vino, le note olfattive realmente percepite saranno il risultato dell'equilibrio che si viene ad instaurare tra di essi: se, per esempio, il rapporto tra la concentrazione di acetato di isoamile e la sua soglia di percezione è maggiore del rapporto tra la concentrazione con cui sono presenti gli altri esteri e la loro soglia di percezione, nel vino predomineranno le note di banana, e se viceversa andranno a predominare le note di ananas e mela verde.

La varietà di esteri che possiamo trovare nel vino è molto ampia, in quanto questa bevanda è estremamente ricca in acidi e in alcoli. Tuttavia solamente una minima parte di essi è in grado di svolgere un reale ruolo olfattivo e questi sono solitamente gli esteri che derivano dalla esterificazione dell'alcol etilico o degli alcoli superiori con gli acidi grassi a corta e media catena.

Tra i principali esteri che possiamo trovare nel vino, derivanti dalla esterificazione tra alcoli superiori e acido acetico, il dominante è:

- Acetato d'isoamile

La cui nota aromatica è identica a quella della banana matura ed esercita anche un ruolo amplificativo delle note di frutta provenienti degli altri esteri.

I principali esteri che si formano, invece, dalla reazione tra l'alcol etilico e gli acidi grassi volatili sono:

- acetato di etile

- butanoato di etile
- esanoato di etile
- ottanoato di etile
- 2-metilpropanoato di etile
- 2-metilbutanoato di etile
- 3-metilbutanoato di etile

Le note che questi composti emanano sono di melone, mela verde, ananas e frutti rossi.

I composti fino ad ora citati sono i principali responsabili delle classiche note fruttate che si percepiscono nei vini bianchi giovani, in particolar modo in quelli ottenuti da varietà neutre.

Nei vini rossi, e soprattutto in quelli giovani, sono gli ultimi tre composti che compaiono nell'elenco a esercitare un ruolo maggiore sul profilo aromatico del vino, conferendo ad esso note che richiamano i frutti rossi come ribes, lamponi e fragoline di bosco.

2.5 Aromi terziari

Una volta conclusa la fase turbolenta della fermentazione alcolica, la produzione degli aromi secondari si va ad affievolire e il vino procede con la sua fase di affinamento.

Durante la sua evoluzione, il vino, va incontro ad un progressivo decadimento degli esteri, i quali, attraverso reazioni di idrolisi, restituiscono le originarie molecole di alcoli superiori e acidi grassi volatili, con conseguente ritorno del carattere vinoso. La velocità con cui questi composti si idrolizzano aumenta con l'aumentare della temperatura di conservazione del vino e varia da estere a estere: l'acetato d'isoamile, per esempio, si idrolizza ad una velocità maggiore rispetto a tutti gli altri e questo ci porta ad affermare che l'aroma di banana matura nel mezzo sarà poco stabile nel tempo e avrà una durata molto limitata.

In generale gli aromi terziari, e quindi quegli aromi derivanti dalle molecole che si formano durante la fase di affinamento del vino, sono tutt'ora in fase di studio a causa dell'elevato numero di variabili che vanno ad influenzare l'evoluzione di questa bevanda. Tra queste:

- il vitigno

- il colore della bacca
- la tipologia del vino
- la tecnica di vinificazione
- lo stato sanitario e la composizione chimica delle uve
- il ph
- il potenziale ossido-riduttivo del vino
- la modalità di affinamento
- temperatura
- contenitore utilizzato per l'affinamento

Il punto cruciale della fase di affinamento di un vino è rappresentato dalla liberazione dei precursori aromatici varietali laddove presenti, che generalmente consistono in terpeni e in norisoprenoidi. Questo porterà l'aroma del vino ad una nuova espansione e complessità aromatica e alla definizione della sua impronta olfattiva varietale. Proprio per questo motivo i vini molto ricchi in precursori di aroma vengono definiti "ad alto potenziale olfattivo", in quanto presentano un potenziale di invecchiamento molto elevato. In tali mezzi diviene necessario favorire l'accumulo dei precursori aromatici in fase di maturazione dell'uva e rallentare la loro degradazione enzimatica durante la fermentazione.

Ad influire sugli aromi terziari sono anche la reattività chimica di una serie di molecole protagoniste di reazioni di esterificazione, acetilazione e ossidazione.

Le molecole solforate possono evolversi in composti in grado di sprigionare nel vino fragranze piacevoli di frutta esotica. Tuttavia, in altri casi, queste stesse molecole possono generare odori molto sgradevoli che ricordano le uova marce, la cipolla e la gomma bruciata.

L'aldeide acetica potrebbe concentrarsi anche nella fase evolutiva del vino, a seguito dell'assenza dell'azione antiossidante esercitata dall'anidride carbonica. Questa molecola può anche svolgere un ruolo olfattivo indiretto, in quanto precursore di molecole responsabili di odori ossidativi.

Un altro prodotto dell'evoluzione del vino sono le aldeidi a sei atomi di carbonio, responsabili della nota verde ed erbacea.

Tra i chetoni, quelli che maggiormente contribuiscono al profilo aromatico del vino sono:

- Diacetile

presente maggiormente nei rossi, poiché formato durante la fermentazione malolattica e conferisce note di burro, nocciola e pane tostato;

- Acetoino

presente in tutti i vini a bassissime concentrazioni e ricorda l'odore del pesto di mandorle e una lievissima nota di burro.

Durante questa fase un ruolo determinante viene svolto dal beta-damascenone, norisoprenoide in grado di conferire un odore di camomilla leggermente mielato nei vini bianchi di qualche anno di età. Nei vini rossi, invece, esercita un ruolo di amplificatore del profumo dei frutti rossi conferito dagli esteri.

Il beta-damascenone, assieme all'acetato di isoamile, sono le uniche molecole che, se presenti in elevate concentrazioni, sono in grado di dominare sul carattere vinoso di ogni vino [5].

Capitolo 3

Viticultura biodinamica

Il biodinamico è una pseudoscienza le cui teorie non trovano fondamento su basi scientifiche, ma su principi che di fatto sono molto simili a quelli su cui si basa la medicina omeopatica. Più che rappresentare un insieme di “pratiche”, possiamo definirla una vera e propria filosofia, se non addirittura una ‘religione’.

In questa ottica la viticultura biodinamica si propone come un modello di produzione il cui principale obiettivo è quello di andare a recuperare la fertilità naturale del terreno, concetto ormai andato perduto.

A fondamento di tale scopo troviamo il concetto di “attivazione della vita nella terra” che non si basa sul principio di restituzione, ovvero il reintegro nella terra di tutto ciò che viene allontanato da essa con la raccolta delle produzioni o con l’assorbimento dal suolo, e quindi un concetto puramente legato ad una gestione chimica, bensì sull’idea che le sostanze nutritive debbano essere presenti nel terreno in quantità enormemente superiore al fabbisogno delle piante, e rese disponibili ed assimilabili ad esse nella misura che si presenta necessaria, attraverso l’operato di lombrichi, vermi e microrganismi.

In tale scopo ogni intervento deve essere mirato alla protezione di questa biodiversità.

Nel metodo biodinamico emerge quindi una elevata sensibilità nei confronti dell’ecologia che va ad orientare l’intero meccanismo di azione verso una politica di prevenzione [1].

3.1 La nascita del biodinamico

Il modello biodinamico si fonda sui principi formulati dall’austriaco Rudolf Steiner, filosofo, ricercatore e fondatore dell’antroposofia, concezione del mondo e dell’uomo che portò un profondo rinnovamento nel campo dell’arte, della pedagogia, della medicina, e della scienza in genere.

Solo nel 1924 Rudolf Steiner applicò la sua visione anche al settore dell'agricoltura, proponendo una serie di soluzioni volte al risolvimento dei problemi sorti con l'utilizzo massivo di una agricoltura chimica, profondamente radicata nel sistema agricolo di quegli anni. Alcuni agricoltori, preoccupati per la degenerazione e la debolezza che accompagnavano i metodi di coltivazione dell'epoca, e in particolar modo per il crescente uso di concime chimico, richiesero personalmente il coinvolgimento di Steiner.

In occasione di un incontro tra alcuni dei più importanti agricoltori tedeschi Steiner tracciò i fondamenti del metodo biologico-dinamico, e non senza muovere importanti perplessità.

A Koberwitz tenne 8 lezioni per agricoltori dove il tema centrale si basava sulla salute della terra e l'accrescimento e il mantenimento della sua fertilità, al fine di migliorare la qualità degli alimenti destinati all'uomo.

In questo stesso corso, Steiner affrontò anche il tema degli influssi esercitati dai vari pianeti sulla terra. Tuttavia nella pratica della viticoltura biodinamica odierna a farne da protagonista sono di fatto le fasi lunari.

Successivamente venne pubblicato l'edito "Impulsi scientifico – spirituali per il progresso dell'agricoltura" dall'Editrice Antroposofica, dove la parola stessa deriva etimologicamente dalle radici greche *ànthropos*, che significa uomo, e *sophìa*, che indica conoscenza. Con questo scritto Steiner si poneva come guida di un percorso spirituale e filosofico, sostenitore del concetto che suolo, acqua, radiazione solare, vita animale e crescita delle piante fossero tutti elementi in interazione tra loro.

In questo contesto venivano individuate due forze formatrici: quelle terrestri, visibili nella crescita e nella produzione di sostanze, e quelle cosmiche, visibili invece nella fecondazione e nella maturazione. Egli sosteneva, inoltre, che entrambe le forze potessero essere stimolate o frenate per mezzo di procedimenti naturali, i quali sono tuttora individuati negli strumenti operativi dell'agricoltura biodinamica.

I vari scritti di Steiner vennero negli anni variamente interpretati, ed alcuni definiti come metodi privi di basi scientifiche. Di certo è che nel secolo dell'estremo sfruttamento delle ricchezze naturali e del materialismo, la biodinamica trovò sicuramente molti ostacoli alla sua espansione.

La scienza biodinamica necessita di una globale conoscenza del pianeta e del rapporto che questo ha con il cosmo, comprensione che può essere acquisita solo attraverso l'osservazione della natura e delle sue leggi. Ai nostri giorni la conoscenza ecologica sta lentamente acquisendo maggiore importanza, ma siamo ancora lontani dal comprendere a pieno la vita in tutte le sue manifestazioni [11].

3.2 Gli obiettivi del metodo biodinamico

I tre principi fondamentali del metodo biodinamico sono quelli del mantenimento della fertilità della terra, della produzione di alimenti di altissima qualità e il conferimento di resistenza alle piante attraverso lo stimolo della loro naturale capacità di autoregolazione, al fine che esse possano presentarsi sane, prive di parassiti ed esenti da malattie.

La scienza biodinamica considera la terra come un organismo vivente in grado di assimilare, metabolizzare e infine trasformare tutti gli elementi presenti in natura. L'uomo dovrebbe limitarsi a lavorare il terreno in modo tale da trarre beneficio dalla fertilità naturale della terra e non attraverso l'utilizzo di metodi invasivi.

Le piante costruiscono solo l'1% della loro biomassa utilizzando gli elementi presenti nell'atmosfera, la parte restante viene costituita grazie all'uso delle sostanze contenute nell'humus del terreno, come per esempio anidride carbonica, acqua e azoto. Queste vengono messe a disposizione della pianta solo a seguito di processi di organicazione e

mineralizzazione operati dai microorganismi abitanti il terreno. La presenza di concime chimico nel suolo può disturbare questo naturale processo: in seguito ad un surplus di azoto si incorre, per esempio, nel rischio di sviluppo di batteri capaci di portare alla liberazione di questo elemento dalla terra, determinandone un suo impoverimento.

Tra gli obiettivi del metodo biodinamico la protezione da funghi, parassiti e fitofagi è di grande importanza, come anche la diminuzione delle rese a salvaguardia del benessere del suolo e della pianta stessa [13].

3.3 Gli elementi operativi

L'agricoltura biodinamica viene spesso considerata come un sottoinsieme di quella biologica, da cui va differenziandosi per l'uso di preparati vegetali a bassissime dosi e per il divieto di somministrazione di fertilizzanti chimici e pesticidi. Viene concesso l'utilizzo di sostanze naturali solo a patto che queste siano ammesse da regolamenti comunitari: a protezione delle viti possono essere impiegati zolfo di origine minerale e non petrolifera, calce e solfato di rame.

Grande importanza viene data agli antagonisti naturali, insetti entomofagi nemici dei principali parassiti della vite e in quanto tali utilizzati nella lotta contro di essi.

L'agricoltura biodinamica lascia grande spazio alle pratiche agricole, intese come strumenti di gestione della fertilità del suolo. Quelle solitamente adottate sono il sovescio, l'inerbimento, la rotazione delle colture in conformità con le

esigenze biologiche del terreno e tutte le lavorazioni effettuate nel rispetto della struttura del suolo, tale da poterne preservare la naturale riserva di humus.

3.4 I preparati biodinamici

A fondamento della viticoltura biodinamica troviamo l'utilizzo di otto preparati biodinamici, volti alla rivitalizzazione del terreno e allo stimolo del rilascio da parte di esso di sostanze nutritive per le piante. I preparati biodinamici fungono, quindi, da una sorta di enzimi per il compostaggio dei concimi e per le attività di difesa, di autoregolazione e di tutte le naturali funzioni del terreno.

Molti di questi composti necessitano di un ciclo annuale per la loro maturazione, e sono soliti essere prodotti presso aziende agricole.

Prima che questi vengano irrorati nei campi o introdotti nel compost devono subire un lento processo di "dinamizzazione", sulla falsariga dei principi dell'omeopatia. Questo termine indica la miscela di piccole quantità di materiale in grandi quantità di acqua, attraverso movimenti effettuati in una unica direzione in modo tale da poter creare un vortice profondo all'interno di un fusto o di un barile. Solo a questo punto la direzione può essere invertita formando un nuovo vortice. La dinamizzazione deve avere una durata di almeno un'ora.

3.4.1 I preparati biodinamici da spruzzo

I preparati biodinamici da spruzzo risalgono al 1928 e corrispondono al cornoletame e al cornosilice. Nonostante questi non vengano distribuiti nello stesso periodo, vengono comunque ritenuti sinergici e devono fare parte di ogni azienda biodinamica.

Punto cruciale della loro preparazione è la fase di dinamizzazione che deve essere effettuata immediatamente prima del loro uso per dar modo alle forze e all'energia intrinseca del preparato di poter essere trasferite all'acqua.

Il loro effetto si concretizza nell'influenzare la crescita vegetale della pianta, dalla semina alla raccolta.

3.4.1.1 Preparato 500 - Cornoletame

Il preparato biodinamico 500 consiste di un involucro costituito da un corno di vacca, che deve aver figliato almeno una volta, contenente del letame di vacca, preferibilmente preso da animali che abbiano la possibilità di vivere al pascolo.

A inizio autunno il corno viene riempito con il letame fresco e successivamente sotterrato in un'area verde di un orto o di un campo fino alla successiva

primavera. A questo punto ne viene prelevato il contenuto e inserito in un contenitore circondato da torba e conservato in un luogo fresco ed asciutto.

Il rapporto di dinamizzazione deve essere di 30-80 grammi di cornoletame ogni 10-15 litri di acqua.

La somministrazione del preparato viene effettuata all'inizio del periodo vegetativo, preferenzialmente in un pomeriggio nuvoloso, attraverso una distribuzione in gocce sul terreno non ancora lavorato.

La sfera di attività di questo preparato si esplica nell'area radicale della pianta e nella vita del terreno.

3.4.1.2 Preparato 501 - Cornosilice

Il preparato biodinamico 501 consiste di un involucro costituito da un corno di vacca, che deve aver figliato almeno una volta, contenente del quarzo triturato finemente.

Il quarzo viene frantumato a polvere finissima nel periodo che segue la Pasqua e mescolato con acqua piovana al fine di ottenere l'impasto che poi verrà inserito all'interno delle corna. Solo dopo numerosi giorni è possibile il drenaggio dell'acqua in eccesso. A questo punto le corna vengono interrate fino a tarda estate per poi essere recuperate a fine settembre o inizio ottobre e poterne quindi estrarre il loro contenuto. Questo deve essere conservato all'interno di un barattolo di vetro posto in un luogo soleggiato.

Le corna vuote, durante il loro inutilizzo, possono essere conservate in una stalla, in modo tale da poter essere riutilizzate nella primavera successiva.

Il rapporto di dinamizzazione è di 1 grammo di cornosilice ogni 10-15 litri di acqua.

La somministrazione viene effettuata in corrispondenza dell'epoca di maturazione della pianta, preferibilmente in un giorno limpido e soleggiato. Quando l'obiettivo ricercato è quello dello stimolo delle capacità di immagazzinamento da parte delle piante, il preparato deve essere preferenzialmente distribuito nel tardo pomeriggio, se invece lo scopo consiste nel potenziamento della crescita e della fruttificazione della pianta, deve essere somministrato al mattino presto.

3.4.2 Preparati da cumulo

Sono sei preparati ottenuti per compostaggio con piante officinali, le quali hanno la capacità di influire positivamente sui processi fermentativi dello stesso compost.

I principali compost biodinamici utilizzati vengono ottenuti trattando direttamente l'humus con prodotti speciali o inserendo ingredienti vegetali nel-

l'alimentazione del bestiame al fine di ottenere delle particolari condizioni nel rispettivo letame.

Una volta che il compost viene immesso nel suolo funge da catalizzatore in quanto concepito come un concentrato di energie e impulsi vitali. È di particolare importanza la quantità di aria e acqua che vengono a contatto con esso, nonché la temperatura che si va a sviluppare al suo interno.

Dopo il loro dissotterramento, i preparati officinali necessitano di essere privati dei loro involucri per poter essere conservati separatamente in contenitori di materiale inerte come il vetro, la ceramica o la pietra. Questi, a loro volta, devono essere contenuti all'interno di una scatola, circondati da uno spessore di almeno 8, 20 cm di torba, materiale protettivo e conservante e, in base alla sua origine, capace di catturare correnti di energia.

Le scatole devono essere conservate al buio e al fresco, ma non al gelo.

3.4.2.1 Preparato 502 - Di achille

Il preparato di Achille consiste di un involucro costituito da una vescica di cervo maschio contenente fiori di achillea millefolium, freschi o secchi, raccolti in una giornata di sole pieno e in piena fioritura.

La vescica, una volta riempita dei fiori essiccati, viene chiusa strettamente e appesa al sole durante la prima metà dell'estate. Potrebbe rendersi indispensabile, in questa fase, una sua protezione da eventuali uccelli attraverso sistemi che prevedono l'utilizzo di reti. All'inizio dell'autunno la vescica viene sotterrata per poi essere recuperata verso il periodo di Pasqua, o al massimo verso la fine di aprile.

3.4.2.2 Preparato 503 - Di camomilla

Un intestino di vacca viene riempito con fiori di camomilla essiccati, raccolti freschi o secchi al mattino presto.

All'inizio dell'autunno l'intestino viene sotterrato nel terreno per poi essere recuperato prima della fine di aprile.

3.4.2.3 Preparato 504 - Di ortica

All'interno di una sacca o scatola in legno vengono inserite piante di ortica appassite e legate assieme. Queste devono essere state tagliate al mattino presto e all'inizio della loro fioritura.

A metà dell'estate la scatola viene sotterrata e circondata da uno strato di torba spesso almeno cinque centimetri, per poi essere recuperata circa un anno dopo.

3.4.2.4 Preparato 505 - Di quercia

Il preparato di quercia consiste nel cranio di un animale domestico riempito con della corteccia di quercia finemente tritata e appartenente alla specie *Quercus robur*.

La corteccia deve essere estratta dal tronco all'inizio dell'autunno utilizzando una pialla e inserita nel cranio attraverso il foramen magnum, foro situato alla base di esso per mezzo del quale si inserisce il midollo spinale. Una volta che la corteccia viene bene pressata all'interno del cranio, il foro viene chiuso utilizzando un frammento di osso tenuto in sede attraverso della creta.

Il tutto viene poi immerso in un fusto pieno di acqua piovana o sulle rive di uno stagno, e in entrambi i casi è richiesta la presenza di materiale in decomposizione.

All'inizio dell'autunno il cranio viene immerso all'interno di un corso d'acqua e solo in primavera sarà possibile estrarne il contenuto per poi poterlo seccare.

3.4.2.5 Preparato 506 - Di tarassaco

I fiori di tarassaco devono venire raccolti in una giornata soleggiata di primavera, nella prima fase della loro fioritura, e lasciati seccare fino all'autunno. A questo punto vengono inumiditi in un infuso di tarassaco e utilizzati per riempire il mesentere di una vacca. Il tutto viene poi legato per mezzo di un laccio, sotterrato e recuperato in primavera.

3.4.2.6 Preparato 507 - Di valeriana

Fiori freschi di valeriana vengono pressati per ottenere un succo che poi verrà versato all'interno di bottiglie. Queste vengono lasciate aperte per sei settimane, fino al termine della fermentazione, per poi essere chiuse e conservate al buio presso una cantina (A. Palliotti, S. Poni, O. Silvestroni, 2018).

3.5 Il calendario lunare

Negli anni venti del novecento Maria Thun, figlia di agricoltori tedeschi, iniziò a studiare l'influenza dei cicli lunari sull'agricoltura. Da qui la nascita del calendario biodinamico di Maria Thun, che, basandosi sui movimenti dei pianeti, va a delineare un ciclo lunare periodico che consiste in 27 giorni, 12 ore e 43 minuti, ovvero il tempo impiegato dalla luna per compiere un giro completo attorno alla terra.

Secondo il calendario lunare di Maria Thun intervenendo con diverse epoche di semina, di lavorazione e di raccolta possiamo andare a favorire o meno la crescita e la salute delle piante.

Per metà del suo tragitto la luna si troverà al di sopra della terra e quindi andremo a parlare di “luna ascendente”. In corrispondenza di questo periodo la pianta si presenterà più rigogliosa e forte nelle sue parti superiori poiché la linfa sale con una forza maggiore, quindi è consigliabile il taglio dei rami da innesto e la raccolta dei frutti in quanto capaci di una migliore conservazione. Per l'altra metà del suo tragitto la luna si troverà in posizione sottostante alla terra e si parlerà quindi di “luna discendente”. In corrispondenza di questo periodo la pianta migliora la sua capacità di radicazione a seguito di una discesa meno energica della linfa, per cui sono consigliate le operazioni di semina e di trapianto, il taglio di alberi e arbusti e la concimazione di prati, pascoli e frutteti.

La luna, durante il suo movimento e nell'arco di uno stesso ciclo, va a tagliare per ben due volte la linea dell'equatore celeste determinando i nodi lunari. Solitamente a tali momenti corrispondono effetti negativi sulle colture, e per questo vengono considerati posizioni critiche e non adatti a operazioni come semina o raccolta. Proprio durante i nodi lunari possono verificarsi le eclissi o coperture, ovvero quei fenomeni che consistono nell'intersezione delle orbite di due pianeti che si incontrano, portando ad un potenziamento degli effetti negativi. Solitamente in questa circostanza il pianeta più vicino alla terra modifica o interrompe l'azione di quello più lontano.

L'orbita con la quale la luna ruota attorno alla terra è ellittica, per cui si viene a creare una fase di massima vicinanza della luna alla terra, definita momento perigeo, che va a determinare un effetto indurente e negativo nella pianta. In corrispondenza di questa fase sono sconsigliate, quindi, le operazioni di semina. Nel momento apogeo della luna, invece, si ha la massima distanza di questa dalla terra, con un effetto contrario che determina una produzione più abbondante e semi più sani.

Durante il suo tragitto, la luna passa davanti a dodici regioni zodiacali: la costellazione dei gemelli rappresenta il punto più alto che viene raggiunto, mentre quella del Sagittario ne rappresenta il punto più basso. Ciascuna costellazione va ad agire in risonanza con uno dei quattro elementi a cui è associata: terra, aria, acqua e luce. Questi, a loro volta, vanno ad influire sullo sviluppo di una specifica parte della pianta. È in questo modo che le forze cosmiche vanno ad incontrare quelle terrestri.

La terra viene associata alle radici, che trovano uno sviluppo maggiore quando la luna si presenta in Vergine, Toro e Capricorno;

Le foglie sono invece associate all'acqua, con il loro massimo momento di sviluppo in corrispondenza del passaggio della luna in Pesci, Cancro e

Scorpione.

Il fiore si associa all'aria, e il suo massimo sviluppo avviene durante il passaggio della luna in Gemelli, Bilancia e Acquario.

Infine il frutto viene associato al Fuoco, con il suo momento di massimo sviluppo in corrispondenza del passaggio della luna in Ariete, Leone e Sagittario.

Quando sole, luna e pianeti si spostano nelle varie regioni dello zodiaco, l'attività degli elementi cambia diffondendo il loro influsso nei vari angoli del pianeta, di fatto anch'esso costituito da terra, aria, luce e acqua. L'influenza di ogni impulso ha una durata che va dai due ai quattro giorni, tuttavia tale regola può venire alterata da particolari eventi.

Ogni costellazione zodiacale, così, va ad imprimere alla pianta un carattere particolare in base al momento in cui questa fa da sfondo alla luna. È proprio questo, secondo la Thun, che permette alla luna stessa di trasmettere le forze derivanti dai quattro elementi alla terra, portando così alla maturazione dei quattro diversi organi della pianta: foglie, radici, fiori e frutti.

La terra, oltre che dalla luna, può venire influenzata anche dai pianeti, e da questo tipo di interazione ne scaturisce una maggiore forza. Gli impulsi che in queste occasioni vengono trasmessi sono tuttavia solo quelli di calore e luce, o di terra e acqua.

Anche in situazioni di trigono, di congiunzioni, di opposizioni e a seguito dei passaggi dei pianeti dietro al sole e alla luna si hanno influenze maggiori. È proprio la frequenza di questi fenomeni che va a caratterizzare il clima nel corso dell'anno. A questi si vanno ad aggiungere anche le eclissi di sole e luna, ovvero quegli eventi per cui l'orbita lunare si interseca con quella solare.

L'adozione del calendario lunare avviene per la determinazione del tempo di semina e di tutte le altre operazioni colturali e di cantina, come per esempio travasi e imbottigliamento.

Il periodo di luna nuova, raffigurato con il simbolo di luna nera nei calendari comuni, è in assoluto quello meno indicato per procedere all'imbottigliamento, mentre quando la luna è crescente, e quindi parliamo di primo quarto, è il periodo consigliato per l'imbottigliamento di vini frizzanti. La luna piena o bianca è la fase che meglio si presta all'imbottigliamento di tutti i tipi di vino, mentre in fase di luna calante, quindi l'ultimo quarto, si consiglia l'imbottigliamento di vini da invecchiamento.

È stata recentemente dimostrata l'efficacia del rispetto del calendario lunare solamente se questo avviene in riferimento ad una terra coltivata con metodo biodinamico, e quindi un terreno che presenta una intensa attività biologica. Tutti gli esperimenti condotti su terra concimata chimicamente non hanno condotto a risultati positivi.

A fianco del calendario lunare periodico, troviamo il ciclo lunare sinodico che corrisponde al tempo impiegato dalla luna per ruotare attorno alla terra e raggiungere il sole. Poiché quest'ultimo è in movimento, tale ciclo prevede più di un giro eclittico, quindi precisamente si riferisce a 29 giorni, 12 ore e 44 minuti. Si viene così a delineare un moto lunare che governa la riproduzione.

In merito all'efficacia di questo ciclo sul settore agricolo non si conoscono studi approfonditi [12].

3.6 Demeter

Tutta la viticoltura biodinamica viene svolta nel rispetto delle norme che regolano quella biologica, quindi di fatto si può asserire che le produzioni biodinamiche possano essere certificate anche come biologiche.

Non esiste ancora un organismo certificatore delle produzioni biodinamiche che vada ad operare in qualità di organismo di controllo indipendente, esiste invece un marchio collettivo registrato che va a raggruppare i produttori biodinamici che operano in 40 stati, il Demeter International, nome scelto in omaggio alla dea greca della terra e della fertilità, Demetra. Questa associazione multinazionale senza scopo di lucro ha sede in Germania e rappresenta il più grande organismo privato di certificazione in riferimento all'agricoltura biodinamica e la prima etichettatura ecologica per alimenti biologici.

Il marchio Demeter venne fondato nel 1927 da una cooperativa di agricoltori biodinamici di Berlino al fine di certificare i loro prodotti e poterli in questo modo difenderli da possibili contraffazioni.

Nel 1961 a Genova il Demeter venne registrato come marchio internazionale, utilizzato nell'identificazione e a garanzia di tutti quei prodotti ottenuti secondo il metodo biodinamico.

Il suo principale compito è quello di verificare l'adempimento degli standard operati dagli agricoltori, controllando che i prodotti vengano ottenuti rispettando le metodologie e i requisiti riportati nel disciplinare Demeter, solitamente più restrittivi rispetto a quelli minimi di legge. I prodotti dichiarati idonei verranno poi certificati come prodotti agricoli e agroalimentari ottenuti secondo il metodo biodinamico.

La Demeter Associazione Italia, con sede a Parma, è la società che si occupa della tutela del marchio.

ICEA, partner di Demeter Associazione, è l'ente che si occupa dell'attività ispettiva utile ai fini del rilascio del marchio Demeter. Per poter svolgere tale compito dispone di tecnici ispettori qualificati Demeter che verificano la corretta applicazione del metodo biologico in osservanza degli standard biodinamici, seguendo un piano di controllo concordato con lo stesso Demeter.

Ai coltivatori che desiderano ottenere la certificazione dei loro prodotti viene richiesta l'osservanza di tutte le metodologie e direttive contenute nel disciplinare Demeter, e questo si traduce in un percorso impegnativo e tortuoso.

Tra i vari requisiti richiesti al fine della certificazione, importante è che la provenienza delle sementi sia da agricoltura biodinamica, e solo nel caso questa non fosse possibile, da agricoltura biologica a patto che i semi non vengano trattati con agenti chimici sintetici o

con radiazioni ionizzanti. Qualora nessuna di queste due provenienze fosse possibile occorre comprovarne l'indisponibilità, e solo allora è possibile il ricorso all'uso di semi convenzionali non trattati.

Anche la provenienza del materiale di propagazione deve essere da agricoltura biodinamica certificata, o biologica se quest'ultima non fosse disponibile. Una deroga circa l'uso di materiale di propagazione di origine convenzionale può essere emessa dalla Demeter Associazione solamente a seguito di provata indisponibilità di quello di origine biodinamico o biologico.

Qualora le pratiche colturali adottate dall'azienda non fossero sufficienti per la vivificazione del suolo, è possibile il ricorso all'uso di concimi organici commerciali, sempre evitando la forzatura della crescita ed entro i limiti imposti dal disciplinare. L'utilizzo di tali concimi e degli eventuali terricciati deve essere documentato e particolare attenzione va sempre riposta nel favorire la formazione dell'humus.

La quantità massima di azoto che può essere apportata al suolo nel metodo biodinamico è di 1,4 unità di concime per ettaro. È possibile arrivare a 170 Kg N/ha solamente se l'asportazione di questo elemento dal terreno sia superiore a 112 Kg N/ha e deve essere dimostrata tramite un bilancio dell'azoto confermato da Demeter Associazione. Qualora l'apporto di azoto avvenga tramite concimi organici commerciali il limite scende a 0,5 unità di concime/ ha. Nelle pratiche di concimazione massima attenzione va posta nel ridurre al minimo il rischio di dilavamento di azoto e l'accumulo di nitrati nel suolo.

Come base fondamentale della concimazione deve essere utilizzato il letame dei ruminanti, meglio se allevati in azienda, ben decomposto e sempre inoculato con preparati biodinamici in dosi e modalità di somministrazione non ancora confermate nel disciplinare, come anche non lo sono le modalità di verifica dell'efficacia della loro azione.

L'utilizzo di compost a base di materiali fecali, di rifiuti urbani solidi e di fanghi non sono consentiti, come non lo è neppure l'uso di concimi di origine animale provenienti da allevamenti intensivi, a causa della possibile presenza di residui medicinali o additivi alimentari.

I concimi devono essere trattati con cura, limitando al massimo le perdite dei nutrienti per volatilizzazione o dilavamento. Lo stoccaggio deve avvenire in spazi adeguati, come tale deve anche essere la tecnica di distribuzione.

Il Ph del suolo deve essere adeguato alle colture. Se necessario occorre che questo venga regolato o mantenuto, anche ricorrendo ad interventi come quello della calcitazione.

Non viene ammessa la pratica di vaporizzazione del suolo nei campi, e la coltivazione sottotessuto o sottoplastica nel terreno deve essere limitata al minimo, privilegiando materiali forati e riutilizzabili.

Il verificarsi di un forte attacco parassitario deve essere denunciato all'Associazione e qualsiasi uso di mezzi tecnici che non sono ammessi dalle normative direttive del

disciplinare comporta il ritiro della certificazione dall'azienda o il ritiro di tutte le produzioni provenienti dagli appezzamenti dove tali mezzi sono stati adoperati.

È previsto inoltre il divieto assoluto di uso di materiale geneticamente modificato, ma è possibile l'utilizzo delle specie ibride.

I vini biodinamici vengono fermentati utilizzando i lieviti naturalmente presenti sulle uve, quindi direttamente provenienti dalle vigne, senza dover ricorrere all'aggiunta di starter.

La richiesta di certificazione e il conseguente utilizzo del marchio deve essere presentata dall'operatore che intende aderire al disciplinare direttamente a Demeter Associazione. Questo incaricherà a sua volta l'ICEA dell'attività ispettiva presso gli operatori, sostenendone i relativi costi.

Una volta completata l'ispezione, l'ICEA provvederà direttamente ad inviare i documenti correlati alla verifica e i verbali di ispezione a Demeter Associazione, la quale confermerà, a sua volta, il riconoscimento della conformità solamente a seguito di un esito positivo dell'iter di valutazione.

La certificazione Demeter prevede una durata annuale [10] [13].

Capitolo 4

Obiettivi dello studio

”Nell’antichità il rapporto tra uomo e vino era più immediato: non si conosceva l’alcol, non esistevano tecniche di vinificazione, la vendemmia era più un rito religioso che un momento agricolo e naturalmente non c’erano la tecnologia e la scienza a supporto di tutto il processo produttivo del vino.

Si conosceva il vino con maggiore spontaneità e minore consapevolezza, data la scarsità di informazioni sulla sua composizione chimica.

Gli antichi avrebbero potuto sorseggiare un vino dai sentori di aceto e non ci avrebbero badato, perché a loro non interessavano, come interessano a noi al giorno d’oggi, gli odori e gli aromi di quella bevanda; si aspettavano, piuttosto, sorseggiandola, di arrivare ad una piacevole perdita di sensi, a uno stordimento generato dall’alcol che essa conteneva a loro insaputa.

Potremo quasi dire che il vino sia l’invenzione umana per avvicinarsi all’alcol, perché bevendo il vino non ci si limita alla semplice assunzione di una sostanza inebriante, ma ci si accosta ad un prodotto frutto di avanzate conoscenze scientifiche ed espressione della cultura e della tradizione.”

Luigi Moio, *Il respiro del vino*

L’obiettivo che questo studio si pone è quello di correlare gli effetti meteorologici con il profilo aromatico e analitico del vino. Per la sua realizzazione sono stati utilizzati sei campioni di vino sangiovese di annate differenti, quindi dal 2012 al 2017, provenienti dalla stessa azienda e con lo stesso uvaggio, a cui sono state applicate le medesime tecniche di vinificazione.

In riferimento a questi campioni sono state raccolte le informazioni meteorologiche che interessano l'intero anno, per tutti i sei anni consecutivi, e quindi dall'ingresso in dormienza della pianta fino al momento della raccolta.

Nello specifico i parametri climatici valutati sono stati:

- Temperatura;
- Precipitazioni;
- Bagnatura fogliare;
- Umidità relativa;
- Radiazione solare

Tali dati sono stati raccolti utilizzando stazioni meteo direttamente installate nelle vigne della cantina, e quindi possiamo affermare una buona specificità di queste con le uve di nostro interesse.

Lo studio di questi dati verrà poi relazionato con i valori analitici relativi ad ogni campione, ottenuti dietro commissione ad un laboratorio esterno accreditato.

Infine, tutti i dati raccolti fino ad ora verranno correlati con la composizione delle molecole aromatiche determinata in laboratorio mediante tecnica di gascromatografia abbinata alla spettrometria di massa e a microestrazione in fase solida.

Capitolo 5

Materiali e metodi

5.1 I campioni di vino

I sei campioni di vino biodinamico utilizzati per questo studio sono stati concessi dall'azienda biodinamica "Tenuta Mara".

L'uvaggio è di 100% sangiovese e le annate di produzione vanno dal 2012 al 2017.

5.1.1 L'azienda

L'azienda biodinamica Tenuta Mara SRL è stata fondata nel 2008 ed è sita nel paese di San Clemente, provincia di Rimini, a pochi chilometri dal litorale Adriatico.

La zona è caratterizzata da un clima mite e temperato, con una media di precipitazioni annue di 805 mm e temperature medie di 14,5°C.

Il terreno che ospita gli impianti è di tipo argilloso, con un pH tendenzialmente alcalino a seguito di un'alta concentrazione di calcare, e con una media dotazione di sostanza organica.

Campione suolo	pH ^a	Con. Elettr. ^b (dS m ⁻¹)	Sost. Org. ^c (%)	Calcare. Tot. ^d (%)	CSC ^e (cmol _v /kg ⁻¹)	Analisi granulometrica ^f				p ^g (%)	K ^h (%)	Cu ⁱ (%)
						% Sabb. (>50 μm)	% Limo	% Argilla	Tessitura			
1 Vigna INDIRA 0-30 CM	8.0	0.59	0.81	24.1	15.9	5	61	34	FRANCO LIMOSA ARGILLOSA	0.07	1.8	36.3
2 Vigna INDIRA 30-60 CM	8.0	0.65	0.67	24.1	18.2	7	54	39	FRANCO LIMOSA ARGILLOSA	0.07	1.8	33.7
3 Vigna ANDREA 0-30 CM	7.9	0.69	1.01	22.2	15.4	5	62	33	FRANCO LIMOSA ARGILLOSA	0.08	1.7	42.4
4 Vigna ANDREA 30-60 CM	8.0	0.65	0.68	23.2	19.6	4	62	34	FRANCO LIMOSA ARGILLOSA	0.08	1.8	41.8
5 Vigna ACHILLE 0-30 CM	7.9	0.52	0.39	24.1	17	9	62	29	FRANCO LIMOSA ARGILLOSA	0.06	1.6	35.4
6 Vigna ACHILLE 30-60 CM	8.0	0.55	0.62	21.2	20.1	31	42	27	FRANCO LIMOSA ARGILLOSA	0.07	1.7	36.2

Figura 5.1: Principali parametri chimico-fisici e stratificazione dei suoli prelevati nei 3 vigneti aziendali.

5.1.2 Struttura e gestione dell'impianto

Il vigneto si trova ad un'altitudine compresa tra i 200 e i 260 m slm. Gli ettari che ospitano il vigneto in produzione sono circa 8,5 e da circa due anni l'azienda dispone di ulteriori 3 ha che raccolgono un impianto in fase di allevamento, il cui ingresso in produzione è previsto per l'anno 2021.

L'esposizione dei vigneti varia da Nord-Est a Sud-Ovest e sono caratterizzati da una pendenza sempre presente, che solo in alcuni punti diventa eccessiva ma pur sempre contenuta entro il 20

Il sistema di allevamento è a controspalliera con potatura a guyot. La densità di impianto è di 2500 ceppi per ettaro, con un sesto d'impianto di 2,7 x 1 e 2,2 x 0,8.

La zona interfila viene gestita con il sovescio a filari alterni.

Gli impianti sono stati realizzati utilizzando barbatelle di Sangiovese provenienti da selezioni massali, e cioè da gruppi di piante della stessa varietà che presentano piccole differenze tra loro. In questo modo è possibile ottenere note differenti nel vino, caratterizzandolo sotto molteplici aspetti.

La produttività media dell'impianto va dai 50 ai 90 quintali per ettaro.

Le operazioni di potatura vengono eseguite manualmente e a queste seguono interventi di stralciatura, raccolta dei tralci recisi e legatura manuale.

In primavera, quando le colture da sovescio sono a metà della loro fioritura, si procede con il loro interrimento, al fine di arricchire il terreno di sostanza organica che viene resa lentamente disponibile alle piante attraverso le naturali attività del terreno e dei suoi organismi.

Come interventi in verde sono previste operazioni di scacchiatura e diradamento e legatura dei germogli per poterne direzionare la crescita.

La cimatura viene sostituita con interventi di accapannatura, a cui segue dopo 15-20 giorni la sfemminellatura.

In base alle varie annate è possibile un'eventuale operazione di diradamento dei grappoli e una loro pulizia attraverso l'eliminazione delle parti o degli interi raspi che si presentano malati.

Solo nelle annate più piovose o nelle parti del vigneto interessate da un forte attacco di oidio, viene applicata la defogliazione, altrimenti si preferisce mantenere i grappoli ben coperti al fine di evitare possibili danni da scottature.

La raccolta deve essere scrupolosamente manuale, utilizzando casse da massimo 12 Kg e lavate con idropulitrice al termine di ogni ciclo di raccolta.

Nell'interfila vengono effettuate operazioni di trinciatura dell'erba e lavorazioni del terreno mediante estirpatore, con diversi passaggi durante il periodo estivo. Nel filare dove verrà interrato il sovescio, la lavorazione del terreno viene effettuata con vangatrice.

L'interceppo viene invece lavorato attraverso erpici a dischi.

A fine ottobre avviene la semina manuale delle colture da sovescio. Può seguire un passaggio con erpice leggero al fine di coprire e interrare leggermente i semi. Le essenze seminate comprendono leguminose e graminacee, e sono circa trenta di cui le principali sono:

- favino
- trifoglio alessandrino
- trifoglio violetto
- trifoglio incarnato
- pisello proteico
- colza
- rafano
- senape
- festuca

Alla base del controllo delle principali malattie, e quindi probabili minacce per la vegetazione e la produzione, l'azienda pone il concetto di "abbandono" della pianta alla sua più naturale espressione, in modo tale che essa possa sviluppare spontaneamente e in totale autonomia tutte difese e le risposte vegetative di cui necessita, contrastando così le possibili minacce che possono manifestarsi.

I principali trattamenti effettuati dall'azienda sono direzionati al controllo dei funghi, in quanto questi vanno a rappresentare la minaccia più imminente. Essendo, inoltre, un'azienda biologico- biodinamica è possibile esclusivamente l'uso di prodotti di origine naturale e non di sintesi.

Nello specifico la lotta contro la peronospora prevede l'utilizzo di prodotti a base di rame, quali:

- idrossido di rame;
- ossicloruro di rame;
- solfato di rame.

Questi vengono impiegati nelle dosi massime di 3 Kg di rame metallo per ettaro, e quindi non considerando il prodotto tal quale.

Per il controllo dell'oidio e della botrite vengono invece utilizzati:

- zolfo;
- bentonite;
- litotamnio.

Il marciume acido si manifesta solamente in annate molto piovose o a seguito di forti attacchi di Tignoletta, "Lobesia Botrana", per cui il controllo su di esso si esplica utilizzando i medesimi prodotti adoperati per la lotta contro l'oidio e la botrite. Recentemente sono state effettuate prove che prevedono l'uso di carbonato di calcio con il medesimo obiettivo.

In linea generale non vengono utilizzati trattamenti specifici per la lotta contro gli insetti, in quanto questi non vanno a rappresentare una vera e propria minaccia.

L'azienda, in quanto biodinamica, dispone dell'utilizzazione del preparato 500 P, che corrisponde al cornoletame aggiunto di tutti gli altri preparati a base di erbe officinali, e quindi quelli corrispondenti dal 502 al 507. Il rapporto di dinamizzazione con cui avviene la loro preparazione è di 150 g/30 l di acqua piovana, e la pratica viene svolta per circa un ora. Il preparato così ottenuto viene somministrato due volte all'anno, con il dosaggio di 150 g/ha di prodotto secco a trattamento. La distribuzione avviene solitamente in primavera e in autunno, preferenzialmente in un pomeriggio nebbioso, quindi subito dopo l'interramento del sovescio e in corrispondenza della sua semina. La modalità di somministrazione è attraverso la distribuzione in gocce grosse verso il terreno.

Il preparato 501, e quindi il cornoletame, viene distribuito dalle due alle tre volte all'anno e in giornate soleggiate, preferenzialmente la mattina presto prima che il sole sorga. L'epoca di somministrazione corrisponde a circa un mese prima della raccolta, e viene ripetuta dopo dieci giorni. Ad ogni distribuzione viene applicata una quantità di prodotto secco di 2,5 g/ha, mentre il rapporto di dinamizzazione è di 2,5 g/30 l di acqua piovana, e tale pratica deve avere la durata di un ora. La modalità di distribuzione è attraverso nebulizzazione verso l'alto, in modo tale che il prodotto ricada a nebbia sulle colture.

Tutti i preparati da cumulo vengono, inoltre, inseriti nel cumulo di letame venutosi a formare in seguito alla pulizia dei box dei cavalli, di cui l'azienda dispone, per poi essere distribuito nell'oliveto e nel frutteto. L'azienda non utilizza sistemi di irrigazione.

5.1.3 Modalità di raccolta dell'uva

L'epoca di raccolta dell'uva si inserisce tra fine agosto e inizio settembre, determinata a seguito di operazioni di campionamento nel vigneto che permettono di determinare la giusta maturità tecnologica e fenolica.

Solitamente l'uva viene raccolta una volta che questa abbia raggiunto il valore di 23-26° brix, che corrispondono a circa 230-260 g/l di zuccheri e a circa 13-15 gradi alcolici.

La vendemmia avviene manualmente, utilizzando casse da massimo 12 Kg. Una volta raccolta, l'uva, viene sottoposta alla fase di cernita utilizzando una selezionatrice ottica, la Protec X-Tri 50, in uso presso la cantina dal 2017. Attraverso questo macchinario è possibile impostare valori standard riferiti al colore e alla dimensione della bacca, in modo tale da poter eliminare con facilità tutti i corpi estranei e gli acini non ritenuti conformi agli obiettivi aziendali. Inoltre questo stesso macchinario funge da pigiadiraspatrice, effettuando tempestivamente anche l'operazione di diraspatura e di pigiatura delle uve.

5.1.4 Modalità di vinificazione

Attraverso un sistema gravitazionale, l'uva diraspata e pigiata passa direttamente dalla selezionatrice ottica al tino di fermentazione, senza che vi sia richiesto l'operato di pompe.

A questo punto, in base allo stato sanitario delle uve che varia ogni anno, si effettua una prima solfitazione aggiungendo 4 g/hl circa di solforosa al fine di ottenere un valore di libera di circa 20. In questo modo si opera una prima selezione dei ceppi di lievito che saranno i protagonisti della successiva fermentazione.

La fase di fermentazione avviene in contemporanea a quella di macerazione. A tale scopo vengono solitamente utilizzati tini di rovere francese da circa 30 hl, con piastre refrigeranti come sistema di raffreddamento o vasi vinari in cemento coibentati con strato interno vetrificato e munito di serpentine per il controllo della temperatura.

La fermentazione avviene in media ad una temperatura di 24-25°C, con una partenza attorno ai 20-21°C e picchi massimi attorno ai 30-32°C laddove non avviene il controllo.

La durata della fermentazione è di circa una settimana, ma il vino viene lasciato in macerazione per un tempo variabile da 2 settimane a 2 mesi circa. Durante questo periodo viene portata a compimento anche la fermentazione malolattica, sempre svolta, quindi, in macerazione.

Nell'arco di questa fase vengono praticati rimontaggi manuali giornalieri, in media 3 al giorno, utilizzando una pompa peristaltica. Vengono effettuate anche operazioni di follatura e delestage con frequenze variabili.

Giornalmente i vini sono soggetti ad analisi analitiche e gustative, al fine di poter programmare i futuri interventi di cantina.

Una volta che il vino viene dichiarato maturo per poter essere svinato, si procede alla pressatura utilizzando una pressa a polmone chiusa.

Attraverso una pompa peristaltica, una parte della massa viene inviata in barrique, mentre la parte restante in botti grandi. A questo punto segue la fase di affinamento dove, una seconda solfitazione con pompa peristaltica servirà a portare la solforosa totale a un valore di circa 50/60.

Dopo la prima settimana di affinamento, il vino viene travasato in una nuova botte al fine di poter rimuovere la feccia più grossolana. Viene effettuato il battonage con una frequenza di una o due volte a settimana.

L'affinamento in botte ha una durata che varia da 8 a 14/16 mesi. A questo segue quello in bottiglia per circa un anno.

5.2 Modalità di analisi dei parametri chimico fisici dei campioni

Mosto e vino vengono quotidianamente sottoposti ad analisi analitiche per poter pianificare tempestivamente le varie operazioni di cantina.

Le analisi vengono effettuate con apparecchiatura OenoFoss, della ditta Foss, in grado di determinare i parametri di processo come:

- °brix;
- pH;

- acidità volatile;
- acidità totale;
- acido malico;
- acido lattico;
- acido gluconico;
- ammoniaca;
- etanolo;
- densità;
- zuccheri fermentescibili (g/l);
- assorbanza 420, che corrisponde all'assorbimento nei punti dello spettro della radiazione visibile caratteristici per il colore giallo;
- assorbanza 520, che corrisponde all'assorbimento nei punti dello spettro della radiazione visibile caratteristici per il colore rosso;
- assorbanza 620, che corrisponde all'assorbimento nei punti dello spettro della radiazione visibile caratteristici per il colore blu.

Sommando o rapportando il valore di queste tre assorbanze è possibile ottenere i valori dell'intensità e tonalità colorante del vino.

Ai fini dell'analisi, la temperatura del campione deve essere di 10-35°C, ed occorre un volume di 600 µL.

Prima dell'analisi il campione deve essere chiarificato mediante centrifuga o filtrazione.

Occasionalmente un istituto di analisi esterno viene incaricato di svolgere le analisi sul campione, l'ISVEA, istituto di analisi accreditato ACCREDIA e autorizzato dal Ministero per le politiche Agricole alla certificazione dei vini e degli olii di oliva.

5.3 Materiali e metodi di analisi delle componenti volatili dei campioni

L'analisi delle molecole volatili è stata condotta attraverso gascromatografia abbinata alla spettrometria di massa e a microestrazione in fase solida.

In un primo momento, sullo spazio di testa del campione, è stata applicata la tecnica di micro-estrazione in fase solida (SPME) e a seguire sono state condotte le analisi gas cromatografiche GC/MS.

I campioni su cui poter effettuare le analisi sono stati preparati inserendo 5 ml di campione in ognuno dei sei vial, piccoli contenitori di vetro dal volume di 10 ml, e aggiungendo 1 g di NaCl e 20 ppm di 4-metil-2-pentanololo, utilizzato come standard interno.

Ogni vial viene posto a bagnomaria in acqua a 40°C per dieci minuti, in modo da subire un condizionamento che porti velocemente al raggiungimento dell'equilibrio liquido- vapore al suo interno.

Nello spazio di testa del vial viene inserita una microfibra di poliacrilato da 85 mcg che, lasciata in posizione per 40 minuti sempre a 40°C, ha la capacità di assorbire le molecole volatili che via via si vanno a liberare dal liquido per concentrarsi nello spazio di testa.

Una volta terminato il periodo di adsorbimento, la fibra viene posta nella porta di iniezione del gascromatografo e qui lasciata a desorbire per 10 minuti per poi essere rimossa.

Le analisi GC-MS vengono effettuate utilizzando un gascromatografo modello Agilent 7890A (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA) in abbinamento ad un detector selettivo di massa modello Agilent 5975C, utilizzato in modalità di impatto elettronico.

Per la determinazione delle molecole aromatiche è stata utilizzata una colonna capillare modello Chrompack CP-Wax52 CB, della lunghezza di 50 m e di ID di 0,32 mm.

Il programma di temperatura prevede un inizio a 50°C per due minuti, per poi salire a 65°C con rampa di 1.5°C/min e terminare a 220°C con rampa di 4.5°C/min, mantenendo questa temperatura per venti minuti.

Le temperature di iniettore e di interfaccia devono essere di 150°C, mentre quella della sorgente ionica di 230°C.

Tutte le analisi sono state condotte in modalità "splitless", utilizzando l'elio come gas di trasporto, in dosaggio di 1 ml/min.

Una volta raccolti i dati riferiti alle molecole volatili dei campioni, si è proceduto alla loro identificazione confrontando i loro tempi di ritenzione con quelli dei composti puri (Sigma-Aldrich, Milano, Italia), analizzati con la medesima procedura.

L'identificazione è stata poi portata a termine confrontando gli spettri di massa dei composti trovati con quelli contenuti nella banca dati (NIST versione 2008) e con quelli di standard più puri.

5.4 Modalità di raccolta dei dati meteorologici

I dati meteorologici vengono ottenuti attraverso una centralina meteo direttamente installata in vigna. Questa, mediante degli appositi sensori, riesce a fornire dati circa:

- temperatura
- umidità
- velocità del vento
- precipitazioni
- radiazione solare
- livello di bagnatura fogliare

Attraverso appositi coefficienti è possibile ottenere dati relativi all'evotraspirazione e al punto di rugiada.

Capitolo 6

Risultati e conclusioni

6.1 Dati relativi ai principali fattori climatici in riferimento alle annate di produzione dei campioni

Tutti i dati meteo a cui si fa riferimento sono stati ottenuti per mezzo di una centralina meteo installata direttamente in vigna. Tali dati sono relativi alle annate di produzione dei sei campioni, e quindi vanno a descrivere la situazione climatica che ha interessato le piante di vite dal momento dell'ingresso in dormienza fino alla raccolta della produzione.

Le fasi fisiologiche della pianta sono strettamente connesse alla situazione meteorologica dell'ambiente in cui essa è immersa. In linea generale possiamo schematizzare una corrispondenza teorica mensile delle varie fasi che delineano un ciclo fisiologico completo della pianta, per meglio individuare le modalità con cui i dati meteorologici riportati influiscano su di esse.

mesi	ciclo vegetativo	principali avvenimenti	ciclo riproduttivo	principali avvenimenti
marzo	pianto/fiocco di cotone	emissione linfa xilematica dai tagli di potatura invernale. I solati vengono convogliati nello xilema aumentando la pressione osmotica al fine della reidratazione delle gemme e il convogliamento di ormoni verso di queste. Le gemme aumentano il loro volume	induzione fiorale della neogemma ibernante	formazione del primordio indifferenziato dell'infiorescenza, Anlage.
aprile	germogliamento	almeno il 50% delle gemme devono aver raggiunto la fase fiocco di neve. Affinchè avvenga deve essere stato raggiunto lo zero di vegetazione, 8-10°C. I germogli e le radici si allungano e il numero di foglie aumenta.	differenziazione florale nella neogemma ibernante / formazione di bottoni fiorali nella gemma ibernante di un anno	se parliamo di differenziazione fiorale all'interno del primordio avviene il completamento delle strutture fiorali. Formazione degli ovuli nella gemma di un anno
maggio	fioritura	la pianta è particolarmente sensibile agli stress. I germogli rallentano il loro accrescimento. Accrescimento e distensione governata dalle gibberelline. Si ha l'apertura del fiore e la crescita radicale	separazione dei bottoni fiorali e successiva fioritura	sviluppo di tutte le parti formanti il fiore
giugno			allegagione e colatura	fecondazione. Per allegagione si intende il rapporto tra il numero degli acini e il numero dei fiori originariamente presenti. Per colatura si intende la caduta degli ovuli normalmente impollinati imminente prima dell'involtatura
luglio			maturazione e crescita degli acini	fase verde: crescita del seme e del pericarpo, completamento dell'embrione, divisione e distensione cellulare, accumulo di carbato e idrossicinnamati. Fase di stasi: minima crescita ponderale dell'acino, completamento e lignificazione del seme, massima concentrazione di tannini, accumulo di metossigranone. Fase 3: inizia con l'involtatura fino alla piena maturazione. rammolimento della bacca, aumento concentrazione di zuccheri e pigmenti, aumento volume della bacca, ossidazione tannini del vinaccioli, formazione e composti aromatici
agosto	lignificazione	ripristino delle riserve per la successiva stagione. Imbrunimento e formazione della corteccia. Crescita radicale	raccolta e ingresso della neogemma ibernante nella fase di endodormienza	
settembre				
ottobre	senescenza fogliare	perdita di clorofilla dalle foglie, rinaslocazione dei fotosintetati verso le strutture permanenti. Degenerazione carotenoidi e antociani con conseguente decolorazione fogliare		
novembre				
dicembre	dormienza	rallentamento della respirazione e delle normali funzioni vitali della pianta	dormienza	
gennaio				
febbraio				

Figura 6.1: Tabella riportante descrizione e inquadramento delle fasi fenologiche della vite nell'arco di un anno.

6.1.1 Confronto dei dati relativi alle precipitazioni in riferimento alle annate di produzione dei campioni

PRECIPITAZIONI (mm)						
	campione 2012	campione 2013	campione 2014	campione 2015	campione 2016	campione 2017
OTTOBRE	61	115,5	158,4	58	93	84,6
NOVEMBRE	21	126,7	12,6	112,4	39,8	45,2
DICEMBRE	71	76	64,4	21,4	3	0,4
GENNAIO	26,7	93	75	118,6	42,8	8,4
FEBBRAIO	129	109	66,8	226,6	73,6	45,6
MARZO	28,5	185	87,2	72,6	32,6	22,8
APRILE	135,5	87	66,4	97,8	31,6	48,4
MAGGIO	72	157	84,4	40,6	55,4	48
GIUGNO	26	139	55,4	1,6	101	9
LUGLIO	80	51,5	7,6	27	125,8	3
AGOSTO	50,5	62	95,8	78,4	35,4	6
SETTEMBRE	214,5	66	32,8	93	64,6	125,4
tot	915,7	1267,7	806,8	948	698,6	446,8

Figura 6.2: Tabella riportante i valori relativi alle precipitazioni riferiti agli anni di produzione dei sei campioni.

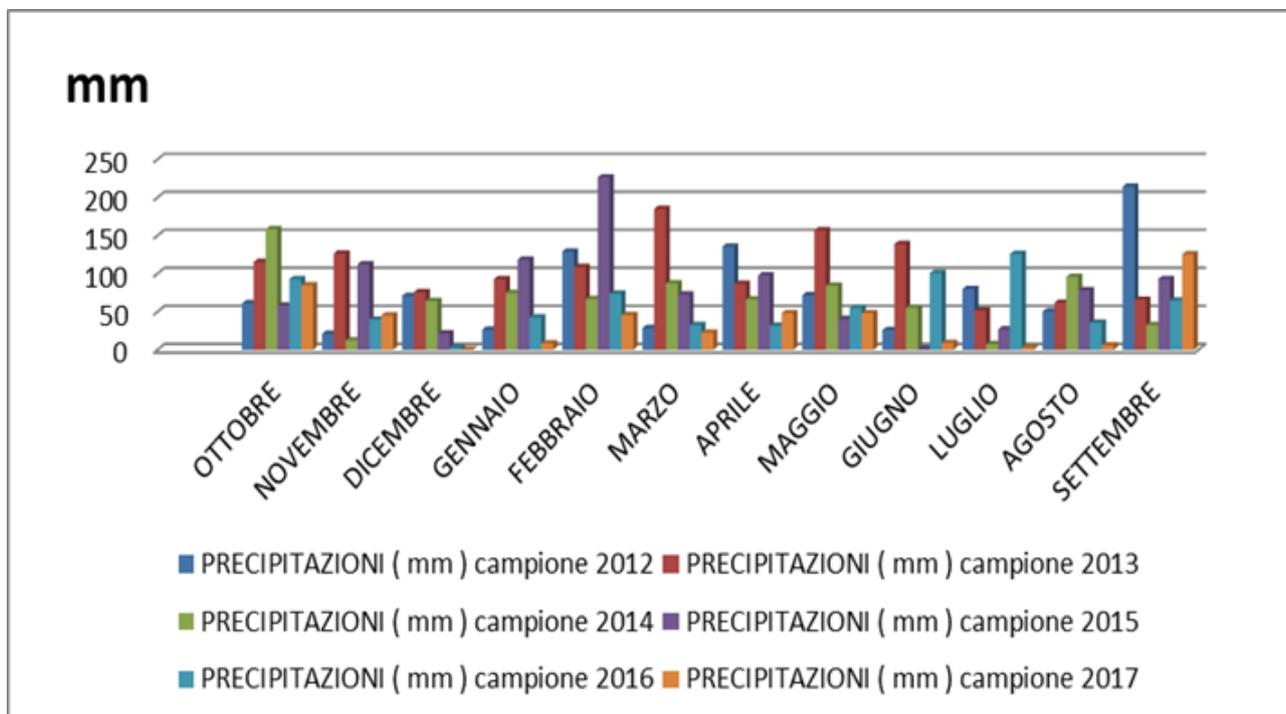


Figura 6.3: Grafico per meglio mettere a confronto l'andamento annuale delle precipitazioni riferite ai diversi campioni.

I valori di precipitazione che fanno riferimento alla fase di dormienza della pianta, e quindi dal mese di dicembre a quello di febbraio, sono da ritenersi di poco conto in quanto si riferiscono ad un periodo in cui la pianta si presenta maggiormente resistente agli stress.

Durante la fase di fioritura, quindi nei mesi di maggio e giugno, i valori più alti di precipitazione si riferiscono al campione 2013. Ci aspetteremo una produzione interessata da un fenomeno di colatura maggiore con conseguente presenza di grappoli più spargoli e quindi meno soggetti a fenomeni di marciume. A seguito di questo saranno minori anche i livelli di solforosa, acido gluconico e acido acetico nel vino da essi ottenuto.

I valori di precipitazione più bassi si riferiscono, invece, ai campioni 2015 e 2017. Le produzioni relative a queste annate presenteranno, al contrario, grappoli più compatti e più sensibili ad attacchi fungini. Ci aspetteremo, quindi, nei vini da essi ottenuti, valori di solforosa, acido gluconico e acido acetico maggiori.

Durante la fase di maturazione della bacca, quindi nei mesi di luglio e agosto, i valori più bassi di precipitazione si riferiscono al campione 2017, dove possiamo aspettarci una riduzione della qualità e quantità della produzione in seguito ad una situazione di stress idrico. Una analoga ipotesi è possibile ma-

turarla anche in riferimento del campione 2014, dove alla iniziale situazione di stress idrico, segue, però, un sostanziale aumento di precipitazioni nelle ultime fasi della maturazione, che potrebbe comportare una diluizione degli zuccheri e degli antociani, e una conseguente riduzione della loro concentrazione.

I più alti valori di precipitazione si riferiscono, invece, al campione 2016, dove possiamo anche notare una loro rapida discesa nelle fasi finali. Questo ci porta ad ipotizzare la presenza di una produzione che dapprima risulta caratterizzata da una lenta maturazione e da un elevato tasso di crescita, con una situazione finale di stress idrico. Queste condizioni porterebbero alla presenza di bacche caratterizzate da un elevato volume, piuttosto acidiche e con una discreta concentrazione di zuccheri e antociani.

Al contrario, nei campioni 2015, 2013 e 2012 possiamo osservare un sostanziale aumento delle precipitazioni nelle ultime fasi della maturazione. Possiamo aspettarci, così, un volume maggiore degli acini a seguito di un aumento del tasso di crescita della bacca e una loro più lenta maturazione. Ne risulta una concentrazione di acidi maggiore e una di zuccheri e antociani minore. In questi stessi campioni, nel periodo che precede la fase di invaiatura, troviamo una situazione di stress idrico che potrebbe comportare una riduzione della quantità e qualità della produzione.

Nel periodo della vendemmia, e quindi attorno al mese di settembre, i campioni 2012 e 2017 mostrano livelli di precipitazioni più alti, quindi potremo ipotizzare un'operazione di raccolta rallentata e una maggiore insorgenza di marciumi e spacco degli acini.

6.1.2 Confronto dei dati relativi alle temperature in riferimento alle annate di produzione dei campioni

TEMPERATURA (°C)						
	campione 2012	campione 2013	campione 2014	campione 2015	campione 2016	campione 2017
OTTOBRE	14,3	17,1	11,4	12,8	14,5	14
NOVEMBRE	8,4	12,4	7,2	8,5	10,6	11
DICEMBRE	6,4	3,5	8,2	7,9	6,4	7,6
GENNAIO	3,3	4,2	9,7	6,6	3,2	5,3
FEBBRAIO	2,4	5,2	11,4	10,1	9,9	8,8
MARZO	11,1	8,5	14,3	14	10,1	12,6
APRILE	13,7	12,9	17,4	18,8	14,3	14,5
MAGGIO	17,9	15,9	22,1	22,6	17,3	18,5
GIUGNO	24,2	21,6	22,5	27,8	21,6	24,8
LUGLIO	24,7	25,5	23,5	24,7	25,3	26,1
AGOSTO	26,1	25,3	18,6	20,7	23,4	27
SETTEMBRE	21	20,6	17,1	14,5	20,9	18,8

Figura 6.4: Tabella riportante i valori relativi alla temperatura riferiti agli anni di produzione dei sei campioni.

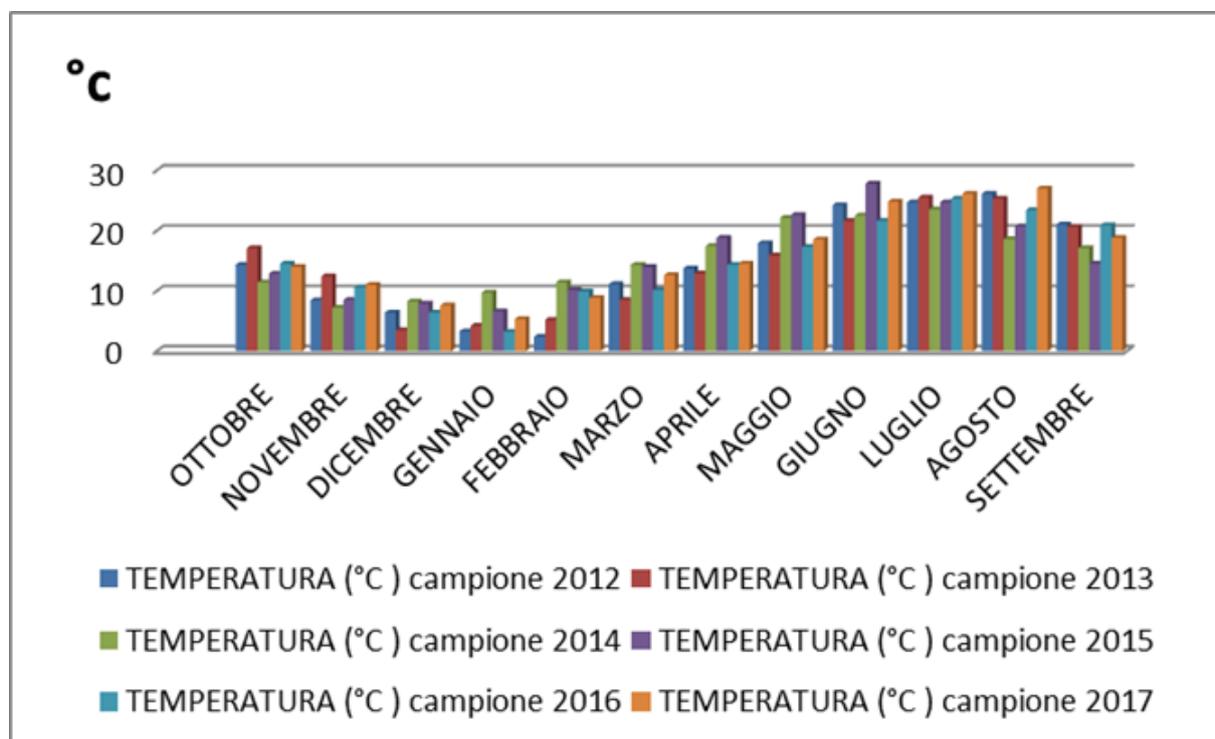


Figura 6.5: Grafico per meglio mettere a confronto l'andamento annuale delle temperature riferite ai diversi campioni.

I valori di temperatura che si riferiscono ai sei campioni si presentano tendenzialmente concordanti in tutte le varie fasi fenologiche della pianta.

Anche in questo caso le temperature che definiscono i mesi di dicembre, gennaio e febbraio sono da considerarsi poco influenti nella composizione finale dei rispettivi vini, in quanto fanno riferimento alla fase di dormienza della pianta, periodo in cui questa si presenta maggiormente resistente a probabili abbassamenti di temperatura.

Temperature con valori al di sopra dei 35°C durante la fase di vegetazione della pianta, sono da considerarsi fatali per il sistema fotosintetico. In ognuno dei sei campioni le temperature che vengono mediamente raggiunte in corrispondenza di questa fase si aggirano attorno ad una media dei 25°C, valore considerato ottimale per il processo di fotosintesi.

Nella fase di germogliamento della pianta, che solitamente ha inizio nei primi giorni di aprile, si ha una maggiore sensibilità della vite all'abbassamento delle temperature: valori al di sotto dei 2°C possono, infatti, provocare danni irreparabili alle gemme. Come possiamo osservare nessuno dei campioni di riferimento presenta simili valori di temperatura nell'arco di questo periodo.

La fase fenologica della pianta dove la temperatura può avere maggiore influenza nel profilo organolettico del futuro vino, è quella corrispondente all'invasatura, che si colloca nella seconda metà di agosto. Nei campioni 2014 e 2015 possiamo notare un lieve abbassamento di temperatura durante questa fase, condizione che porterebbe ad una migliore sintesi dei composti aromatici, il cui optimum di temperatura si inserisce tra i 20 e i 22°C. Di contro, a questi valori, non corrisponde un' altrettanto efficiente meccanismo di sintesi degli antociani, il cui range di temperatura ottimale si aggira tra i 17 e 27°C. Questo ci porta ad ipotizzare l'ottenimento di uve caratterizzate da una più bassa capacità colorante rispetto a quelle degli altri campioni.

Le temperature dei campioni 2012 e 2017, sempre in corrispondenza della fase di invasatura, sono quelle che presentano i valori più alti, senza tuttavia andare a superare i 30°C, temperatura che potrebbe comportare gravi danni all'apparato fotosintetico. Dai relativi vini possiamo aspettarci una concentrazione di acido malico e zuccheri minore dovuta ad una loro maggiore degradazione conseguente all'aumento dell'attività di respirazione da parte delle cellule. Anche il potenziale colorante delle uve sarà minore in seguito ad una diminuzione della sintesi degli antociani e ad un aumento della loro degradazione.

Le temperature dei campioni 2013 e 2016 rientrano, invece, in valori medi: questo ci porta ad ipotizzare un buon potere colorante delle uve, un profilo aromatico che non eccelle e una buona concentrazione zuccherina in seguito ad una maggiore attività di fotosintesi clorofilliana.

Possiamo infine concludere che il profilo della temperatura che interessa i sei campioni si presenta in linea con i valori a cui ognuna delle fasi fenologiche della pianta dovrebbe far riferimento. Soprattutto nella fase di maturazione della bacca, responsabile della sintesi dei composti che andranno a caratterizzare il profilo organolettico del futuro vino, i valori di temperatura si presentano congrui a quelli ottimali per la sintesi della componente aromatica zuccherina e fenolica.

6.1.3 Confronto dei dati relativi alla radiazione solare in riferimento alle annate di produzione dei campioni

Purtroppo non è stato possibile risalire ai dati relativi alla radiazione solare in riferimento ai campioni 2012 e 2013.

RADIAZIONE SOLARE (W/ m2)				
	campione 2014	campione 2015	campione 2016	campione 2017
OTTOBRE	21,3	21,11	29,56	28,57
NOVEMBRE	22,22	16	23,9	21,64
DICEMBRE	20,19	21,33	19,74	18,16
GENNAIO	35,79	30,29	21,03	14,86
FEBBRAIO	57,74	46,7	27,07	26,15
MARZO	74,53	70,07	45,59	57,03
APRILE	96,52	82	65,19	76,37
MAGGIO	106,41	103,81	82,91	84,59
GIUGNO	94,5	100,76	85,04	91,97
LUGLIO	86,22	78,32	90,59	87,88
AGOSTO	54,98	51,24	76,6	69,98
SETTEMBRE	34,19	29,56	50,91	44,39
tot	704,59	651,19	618,13	621,59

Figura 6.6: Tabella riportante i valori relativi alla radiazione solare riferiti agli anni di produzione dei quattro campioni.

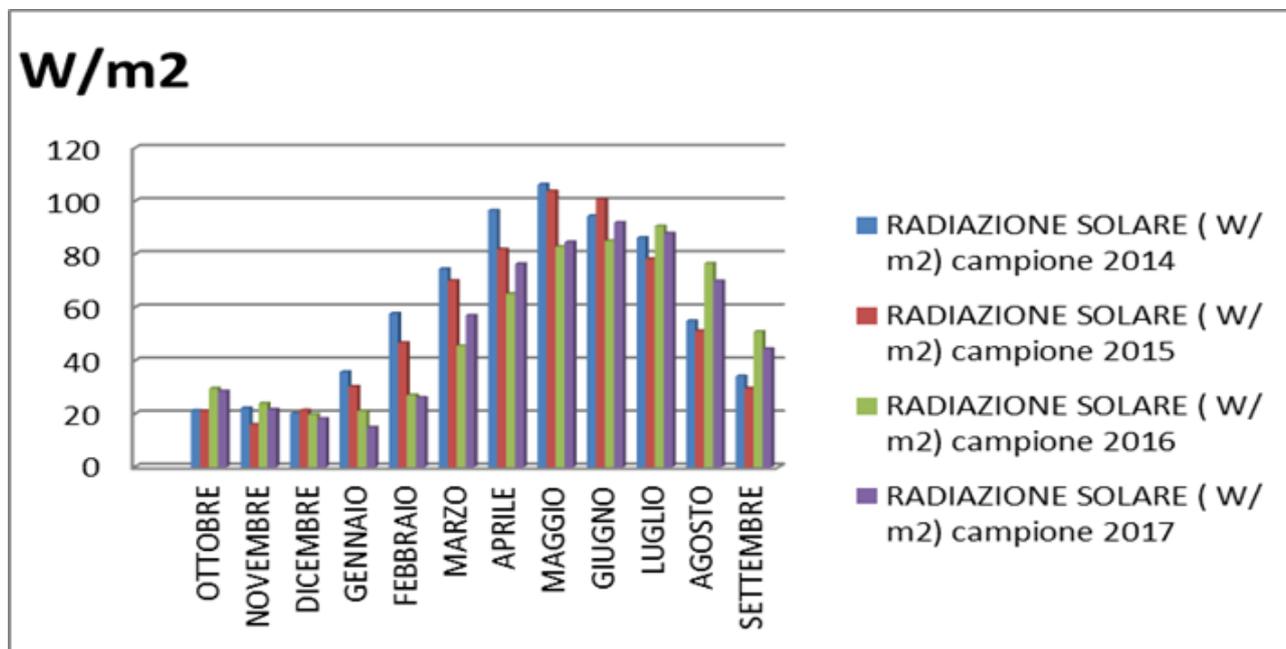


Figura 6.7: Grafico per meglio mettere a confronto l'andamento annuale delle radiazioni solari riferite ai diversi campioni.

Il processo di differenziazione florale, che viene svolto solitamente nel mese di aprile, necessita di un alto valore di radiazione solare per far sì che il primordio, contenuto all'interno della gemma ibernante neoformata, si differenzi a infiorescenza. Possiamo osservare come in corrispondenza di questo periodo, sia il campione 2014 quello maggiormente interessato da un alto valore di intensità di radiazione solare.

In corrispondenza della fase di maturazione della bacca, ovvero nel mese di agosto, un alto valore di intensità luminosa porta ad un aumento dell'attività fotosintetica con conseguente incremento della concentrazione zuccherina. Allo stesso modo va ad incrementare anche la respirazione della pianta, portando ad una diminuzione della concentrazione di acido malico e degli antociani. A seguito di un alto valore di intensità luminosa, anche il livello delle metossipirazine subisce una diminuzione. Il campione 2016, e a seguire il 2017, mostrano i valori più alti riferiti a questo periodo e quindi ci aspetteremo una produzione caratterizzata da bacche che presentano un'alta concentrazione di solidi solubili, e di conseguenza un vino con un maggiore titolo alcolometrico, una minore concentrazione di antociani che si traduce in un basso potere colorante e un basso valore di acidità totale. A seguito del minore livello di metossipirazine, andremo inoltre a trovare una minor incidenza dell'aroma erbaceo sul profilo aromatico del vino. Il campione 2015 presenta, invece, il valore più basso e questo si traduce in bacche con una bassa concentrazione di zuccheri e quindi

un vino caratterizzato da un basso grado alcolico. Il valore di acidità totale sarà maggiore, come anche quello degli antociani. Una maggior concentrazione di metossipirazine, inoltre, porterà ad una maggiore percezione dell'aroma erbaceo nel vino.

6.1.4 Confronto dei dati relativi alla bagnatura fogliare in riferimento alle annate di produzione dei campioni

Purtroppo non è stato possibile risalire ai dati relativi alla bagnatura fogliare in riferimento ai campioni 2012 e 2013.

Il valore di bagnatura fogliare indica la deposizione dell'umidità sulla vegetazione, e ha una scala che va dallo zero, valore corrispondente ad una condizione di asciutto, a 15, valore corrispondente ad una condizione di bagnato.

Questo indice va a riflettere il livello di umidità che si presenta anche sulla superficie del grappolo.

La presenza di acqua sulla foglia può essere dovuta alla rugiada o alla pioggia, e quindi alla condensazione dell'umidità atmosferica che avviene quando la temperatura fogliare superficiale è inferiore alla temperatura di rugiada dell'acqua.

Il valore di bagnatura fogliare viene calcolato attraverso la misura del valore di resistenza tra due pettini inseriti su una piastrina in vetronite. Se in quest'ultima è presente anche un minimo strato di acqua si ha un alto valore di conducibilità che, attraverso un circuito elettrico associato al sensore, ci fornisce il valore di bagnatura fogliare.

BAGNATURA FOGLIARE (min)				
	campione 2014	campione 2015	campione 2016	campione 2017
OTTOBRE	13040	14130	16350	9840
NOVEMBRE	17365	21010	13695	4355
DICEMBRE	7290	14835	30625	2375
GENNAIO	9155	12650	6240	6305
FEBBRAIO	2710	16050	9755	7555
MARZO	9930	6920	5510	1420
APRILE	6445	6045	7350	3525
MAGGIO	5360	2905	4505	5555
GIUGNO	6380	415	4560	1480
LUGLIO	710	5650	2315	435
AGOSTO	7565	5990	2625	745
SETTEMBRE	6870	16350	5640	8760
tot	92820	122950	109170	52350

Figura 6.8: Tabella riportante i valori relativi alla bagnatura fogliare riferiti agli anni di produzione dei quattro campioni.

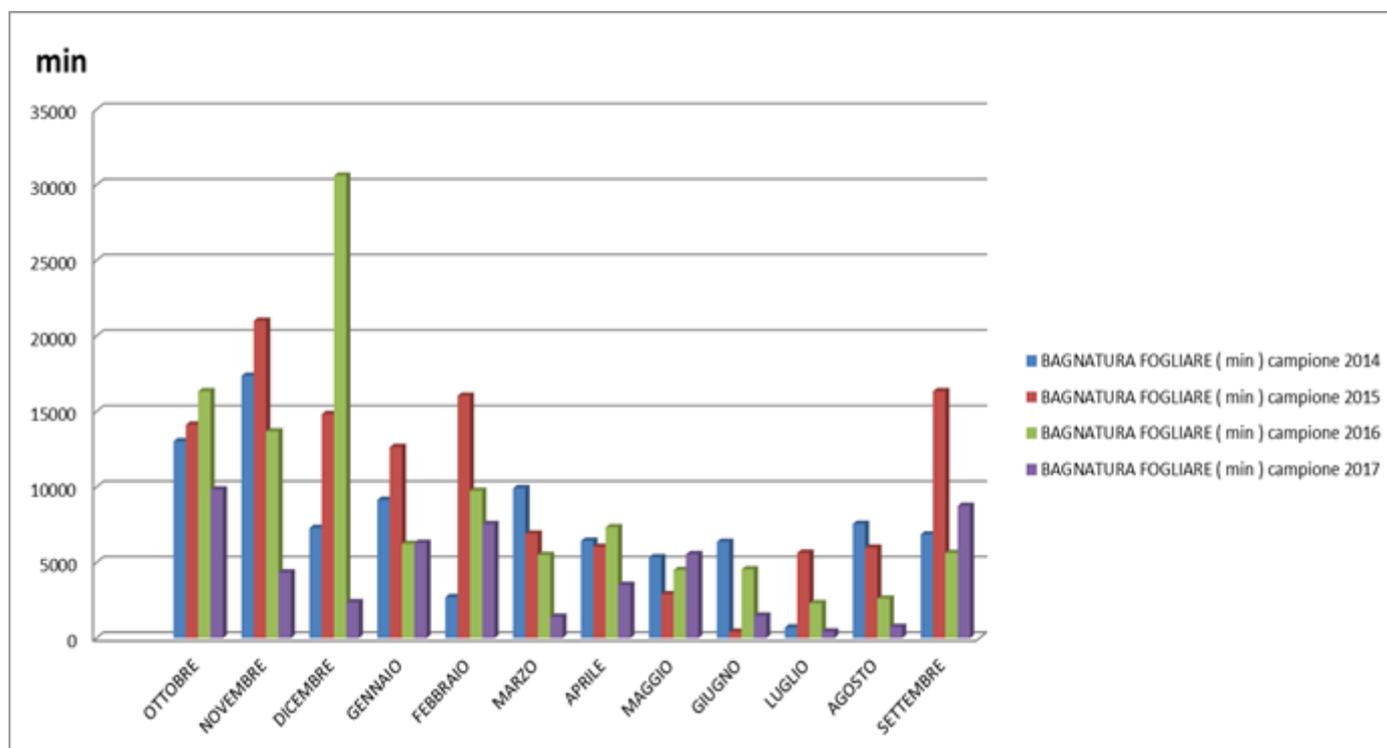


Figura 6.9: Istogramma per meglio mettere a confronto l'andamento annuale delle bagnature fogliari riferite ai diversi campioni.

In corrispondenza della fase di maturazione della bacca, e soprattutto durante la chiusura del grappolo, è bene non avere valori di bagnatura fogliare troppo elevati in quanto questi starebbero ad indicare una condizione di maggiore suscettibilità da parte del grappolo ad eventuali fenomeni di marciume e botrite.

Proprio in corrispondenza di questa fase, e quindi nel mese di agosto, il campione 2014 è quello che vanta dei valori più alti di bagnatura fogliare, e questo ci porta ad ipotizzare una concentrazione di acido gluconico e solforosa maggiore nel rispettivo vino.

Sempre in riferimento al mese di agosto, il campione 2017 presenta, invece, i valori di bagnatura fogliare più bassi. Questo si traduce nell'aspettativa di un vino caratterizzato da basse concentrazioni di solforosa e acido gluconico.

6.1.5 Confronto dei dati relativi all'umidità relativa dell'aria in riferimento alle annate di produzione dei campioni

Purtroppo non è stato possibile risalire ai dati relativi all'umidità relativa dell'aria, in riferimento ai campioni 2012 e 2013.

UMIDITÀ RELATIVA ARIA (%)				
	campione 2014	campione 2015	campione 2016	campione 2017
OTTOBRE	84,4	89,3	88,5	83,5
NOVEMBRE	82,8	91,5	85,8	77,1
DICEMBRE	87,9	71,8	95,6	72,6
GENNAIO	84,6	82,4	94,7	65,3
FEBBRAIO	74	72,2	77,3	75,3
MARZO	77,7	61,1	73,9	57,2
APRILE	66,1	68,8	71,3	62,3
MAGGIO	67,1	61,8	65,5	63,3
GIUGNO	75,7	53,5	67,5	51,5
LUGLIO	69,6	65,2	59,8	47,3
AGOSTO	87,6	63,5	62	45,8
SETTEMBRE	82,6	88,5	66,7	69,2

Figura 6.10: Tabella riportante i valori relativi all'umidità relativa dell'aria riferiti agli anni di produzione dei quattro campioni.

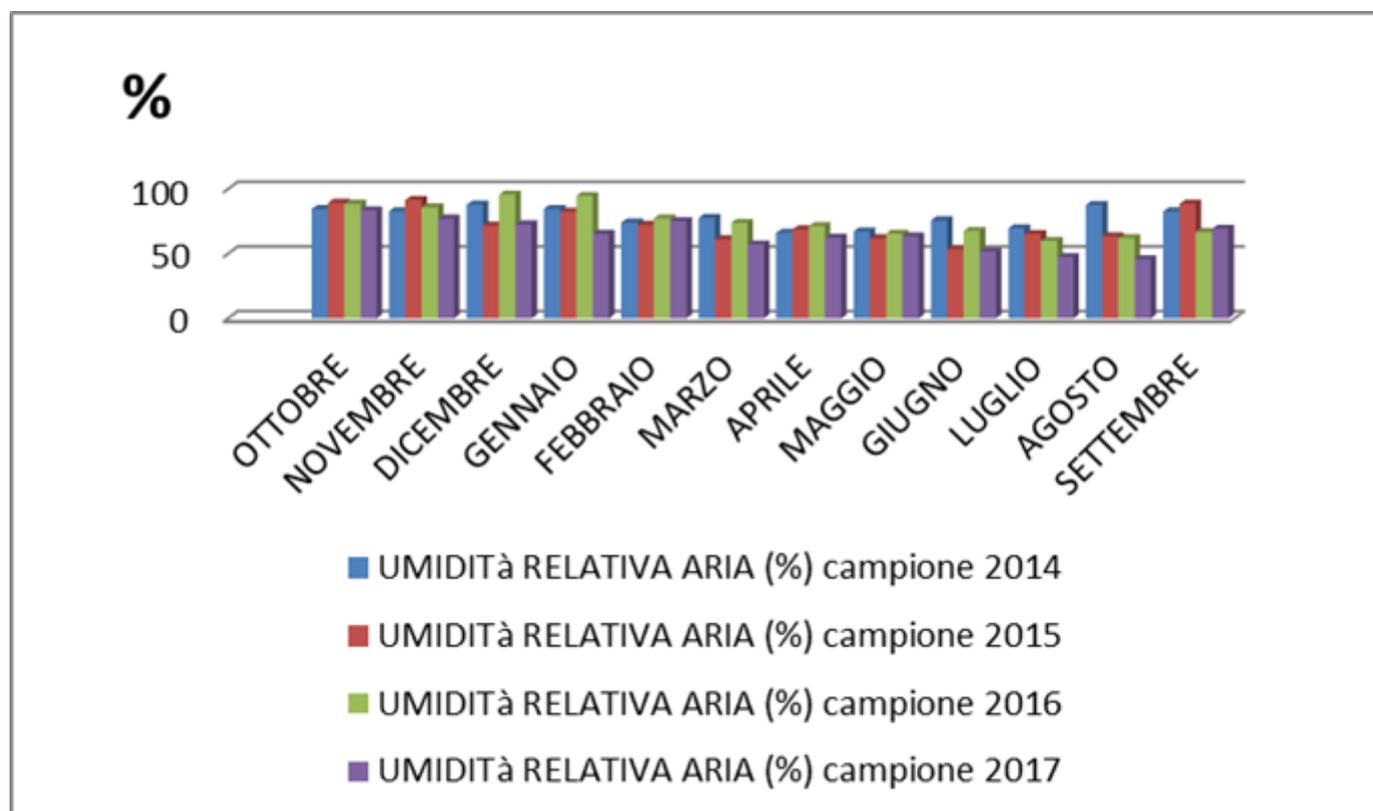


Figura 6.11: Grafico a linee per meglio mettere a confronto l'andamento annuale dell'umidità relativa dell'aria riferite ai diversi campioni.

Alti valori di umidità relativa dell'aria sono indicatori di un microambiente attorno al grappolo non compatibile con un buono stato fitosanitario, in quanto portano ad una condizione di maggiore suscettibilità di esso ad attacchi funginei.

Il campione 2014 mostra i livelli di umidità relativa maggiori in riferimento al mese di agosto, e quindi nella fase di maturazione dell'uva. Quello che ci aspetteremo sarà quindi un calo della produzione a seguito dell'eliminazione delle parti o delle bacche interessate da marciumi o botrite, e una maggiore concentrazione nel futuro vino di acido gluconico e solforosa. I valori più bassi si riferiscono, invece, al campione 2017, da cui ci aspetteremo una maggiore produzione e un vino meno ricco in solforosa e acido gluconico.

6.2 Risultati delle analisi chimico fisiche effettuate nei campioni di riferimento

	MARAMIA 2012	MARAMIA 2013	GUIRY 2014	MARAMIA 2015	MARAMIA 2016	MARAMIA 2017
titolo alcolometrico volumico effettivo	13,39 % vol	13,25 % vol	12,26 % vol	13,32 % vol	14,37 % vol	14,24 % vol
solforosa libera	15 mg/l	18 mg/l	14 mg/l	13 mg/l	17 mg/l	13 mg/l
solforosa totale	65 mg/l	55 mg/l	60 mg/l	61 mg/l	63 mg/l	47 mg/l
pH	4,05	4,14	3,95	3,9	4,16	4,09
zuccheri fermentescibili	1 g/l	meno di 1 g/l	meno di 1 g/l	meno di 1 g/l	meno di 1 g/l	meno di 1 g/l
densità relativa a 20°C	0,9947		0,9946	0,9954	0,9934	0,9943
estratto secco totale	33,6 g/l		28 g/l	33,3 g/l	31,1 g/l	33,1 g/l
acidità totale	4,21 g/l acido tartarico	3,85 g/l acido tartarico	4,10 g/l acido tartarico	4,61 g/l acido tartarico	4,12 g/l acido tartarico	4,35 g/l acido tartarico
acidità volatile	0,74 g/l acido acetico	0,5 g/l acido acetico	0,9 g/l acido acetico	0,8 g/l acido acetico	0,91 g/l acido acetico	0,81 g/l acido acetico
acido malico	meno di 0,1 g/l	meno di 1 g/l	meno di 0,1 g/l	0,15 g/l	meno di 0,1 g/l	0,17 g/l

Figura 6.12: Parametri enologici di base dei vini in funzione dell'annata. Le analisi chimico fisiche sono state effettuate dall'istituto accreditato e autorizzato dal Ministero per le Politiche Agricole alla certificazione dei vini e degli olii di oliva, ISVEA.

In tabella 6.12 sono mostrati i principali dati enologici di base dei vini in funzione dell'annata di produzione. Nello specifico sono stati valutati il titolo alcolometrico volumico effettivo, la concentrazione di solforosa libera e legata, pH, zuccheri fermentescibili residui e acidità espressa in termini di acidità totale, volatile e concentrazione di acido malico.

Per quanto riguarda il tenore alcolico i vini nelle diverse annate hanno fatto registrare un tenore alcolico compreso tra 12,26% e 14,37% v/v. Nello specifico è stato riscontrato come l'annata caratterizzata dal minore tenore alcolico, il 2014 sia anche l'annata caratterizzata da una maggiore umidità relativa dell'aria nei mesi che precedono la vendemmia (agosto e settembre) (tabella 6.10). Viceversa le annate più secche nei mesi della maturazione (2016 e 2017) hanno contribuito positivamente al grado alcolico del vino facendo registrare il grado alcolico più elevato e superiore a 14% v/v.

Per quanto riguarda il titolo di anidride solforosa si evidenzia come la concentrazione di anidride solforosa libera oscilli in tutte le annate tra i 15 e i 18 mg/l. Questo valore è in accordo con la pratica di cantina, che vede in fase di ammostamento l'aggiunta di anidride solforosa al fine di ottenere un tenore di solforosa libera pari a 20 mg/l (tabella 6.10).

Nel caso dell'anidride solforosa totale il suo contenuto nei vini è risultato pressoché costante nelle annate (tabella 6.10).

Per quanto riguarda l'acidità, tutte le annate presentano tenori di acidità volatile uguali o superiori a 0.5 g/l. Sebbene i limiti di legge siano fissati a 1.2 g/l, valori superiori o uguali a 0.5 g/l sono indice di alterazione organolettica, denominata spunto acetico.

Anche nel caso della fermentazione malolattica non sono state riscontrate particolari differenze tra le annate (tabella 6.10). In tutte è stata infatti rilevata una riduzione paragonabile del contenuto di acido malico, senza variazioni nel contenuto di acido acetico (tabella 6.10).

6.3 Risultati delle analisi condotte sui campioni per la determinazione del profilo aromatico

Il sangiovese è tra le prime dieci varietà più coltivate al mondo ed è diffuso in molte regioni italiane.

Quando la vinificazione di questo vitigno viene condotta in purezza, proprio come nel caso dei nostri campioni, gli aromi emanati dal vino si orientano verso note di frutti rossi e neri, come amarena, prugna e mora. Nella componente floreale, invece, è maggiormente distinguibile l'aroma di viola e rosa.

Durante l'affinamento il profilo aromatico si va, invece, spostando verso sentori di fiori secchi, caffè torrefatto, tabacco e pepe per poi deviare su odori di canfora, scorze di arancio, limo, eucalipto e menta piperita con il passare degli anni.

Note speziate di vaniglia, cannella e liquirizia possono essere presenti a seguito di un affinamento in legno.

In linea generale la bacca di sangiovese presenta una buona concentrazione di linalolo e alfa-terpineolo, terpeni che vengono localizzati nella buccia. Nella polpa, invece, troviamo solitamente le molecole di vitispirano, TDN, beta-damascenone e gli actinidoli, norisoprenoidi che diventano più percepibili in fase di affinamento.

Come riportato in tabella 6.13 l'analisi dei profili in molecole volatili mediante tecnica HS-SPME ha permesso di identificare 30 composti differenti presenti nello spazio di testa e caratterizzanti i campioni di vino in analisi. Nello specifico questi composti appartengono alle classi chimiche degli alcoli, esteri, acidi organici aldeidi e chetoni.

	MARAMIA 2012	MARAMIA 2013	GUIRY 2014	MARAMIA 2015	MARAMIA 2016	MARAMIA 2017
% RELATIVA						
ALCOLI	54.01	65.09	70.25	59.5	64.76	64.02
alcol etilico	29.71	37.93	46.42	38.51	41.4	42.67
1 propanolo	0.21	0.2	- ^a	-	-	0.11
alcol isobutilico	0.99	1.2	0.81	0.94	0.92	0.47
1 butanolo	- ^a	-	-	-	-	-
alcol isoamilico	13.22	14.47	11.89	12.73	13.86	11.79
esanolo	1.32	2.33	2.18	0.44	0.61	1.16
1 eptanolo	0.22	0.2	0.16	0.18	0.17	0.17
alcol isoottilico	0.43	0.29	0.22	0.22	0.13	0.09
linalolo	0.06	0.1	0.05	0	0.05	0.05
1 ottanolo	0.19	0.16	0.09	0.15	0.1	0.09
alcol benzilico	0.2	0.53	0.28	0.13	0.23	0.19
alcol 2 feniletico	7.22	7.52	8.01	6.2	7.29	7.23
alcol furfurilico	0.24	0.16	0.14	-	-	-
ESTERI	41.41	31.04	25.73	36.78	31.51	32.07
acetato di isoamile	1.64	1.5	2.08	1.85	2.07	1.37
etilacetato	12.2	10.07	12.37	10.8	11.96	9.49
acido propionico	0.14	0.14	0.23	0.14	0.13	-
etere butirrico	0.39	0.51	0.21	0.43	0.38	0.28
etil esanoato	8.48	5.14	3.09	6.53	5.51	5.69
lattato di etile	1.28	1.95	0.11	0.76	0.28	0.17

Figura 6.13: Tabella riportante i risultati delle analisi della componente aromatica condotte nei campioni.

etil decanoato	0.66	0.11	0.22	0.42	0.37	0.4
2-Thiopheneacetic acid, 2-methyloct-5-yn-4-yl ester	0.69	0.77	1.11	0.8	0.84	0.92
acido metossiacetico	0.1	0.13	0.1	0.2	0.07	0.04
etil caprilato	5.45	3.66	1.55	4.36	3.9	4.65
dietil succinato	10.38	7.06	4.66	10.49	6	9.06
ACIDI	4.78	3.63	3.79	3.5	3.74	3.54
acido acetico	1.61	1.38	2.07	1.61	1.98	2.14
acido esanoico	0.47	0.44	0.12	0.3	0.22	0.2
acido caprilico	0.67	0.35	0.11	0.4	0.24	0.27
ALDEIDI E CHETONI	1.07	0.78	0.86	0.61	0.68	0.48
diisobutil chetone	0.23	0.12	0.35	0.23	0.3	0.19
furfurale	0.73	0.56	0.28	0.35	0.32	0.26

^a al di sotto del limite di determinazione strumentale (< 0.01 rel%).

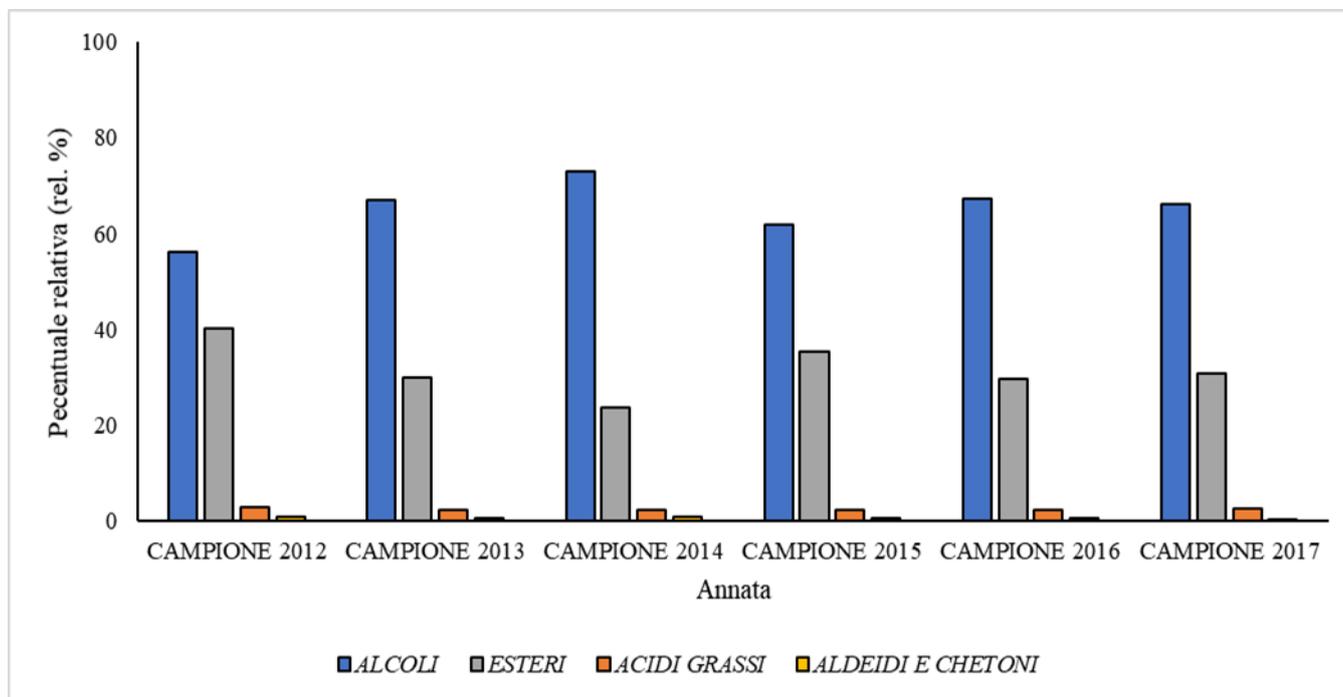


Figura 6.14: Abbondanza relativa delle principali classi chimiche (percentuale relativa%) identificate nei campioni di vino mediante tecnica HS-SPME GCMS.

Confrontando tra loro le diverse annate emerge come la composizione quantitativa, in termini di percentuale relativa nello spazio di testa, sia pressoché costante e indipendente dall'annata.

Più specificatamente è stato riscontrato come le quantità di acidi grassi rilevate abbiano oscillato tra il 2 e 3 %, mentre aldeidi e chetoni tra lo 0.5 e 1.1 % (Figura 6.14).

Nel caso degli alcoli e degli esteri l'annata 2014 ha fatto registrare la più alta concentrazione relativa di alcoli nello spazio di testa (72%), mentre l'annata 2012 è risultata quella con più alta percentuale relativa di esteri (40 %).

Dal punto di vista qualitativo le differenti annate presentano differenze in particolare a carico delle frazioni degli alcoli ed esteri.

Tra gli alcoli quelli maggiormente rappresentati nello spazio di testa si annoverano l'esanolo, l'alcol 2-feniletilico e l'alcol isoamilico.

L'esanolo e l'alcol 2-feniletilico concorrono positivamente al bouquet del vino e più specificatamente il primo conferisce note erbacee ed amare mentre il secondo sentori agrumati e di rosa. Come mostrato in tabella 6.13 le annate 2013 e 2014 hanno fatto registrare la più alta concentrazione percentuale nello spazio di testa di questi composti.

Tutti i vini sono stati inoltre caratterizzati dalla presenza di alcol isoamilico nello spazio di testa a concentrazioni superiori al 10%. Questa molecola è il precursore del composto di aroma isoamil acetato, che a sua volta deriva dalla esterificazione tra alcol isoamilico e acido acetico.

Questo estere è estremamente volatile e caratterizzato da note fruttate e floreali. Anche in questo caso l'annata 2014 presenta la maggiore concentrazione di questo composto di aroma, pari a circa al 2%.

L'analisi dei profili in molecole volatili ha inoltre evidenziato la presenza, in tutti i campioni di vino delle differenti annate, la presenza anche degli esteri volatili ad alto impatto olfattivo: etil acetato, etil esanoato etilcaprilato e dietil succinato.

Nello specifico è stato riscontrato un maggiore accumulo di etil acetato nell'annata 2014 (>11%), mentre per gli altri composti il maggiore accumulo è stato riscontrato nell'annata 2012.

Si tratta, anche in questo caso, di composti d'aroma caratterizzati da note erbacee e fruttate.

6.4 Conclusioni

Il presente elaborato si è posto come obiettivo quello di valutare la sussistenza di una relazione tra andamento climatico, valutato attraverso differenti parametri (temperatura, precipitazioni, bagnatura fogliare, umidità relativa e radiazione solare) con i parametri enologici di base e con il profilo in molecole volatili di vini sangiovese ottenuti seguendo le pratiche agronomiche della agricoltura biodinamica di differenti annate comprese tra il 2012 e il 2017.

I dati presentati hanno confermato la sussistenza di una relazione tra umidità relativa e tenore alcolico ottenuto dei vini; in particolare l'annata 2014, che ha mostrato i valori di umidità relativa dell'aria più elevata nei mesi di agosto e settembre, è stata caratterizzata da un vino con il minore tenore alcolico. Viceversa le annate più secche nei mesi della maturazione (2016 e 2017) hanno contribuito positivamente al grado alcolico del vino, facendo registrare quello più elevato e superiore a 14% v/v.

Per quanto riguarda il profilo in molecole volatili, il confronto delle diverse annate ha evidenziato come, sotto il profilo qualitativo, i vini siano caratterizzati da composti di aromi differenti, presenti in diverse proporzioni e in funzione dell'annata. Nello specifico il campione caratterizzato dal maggiore accumulo di composti ad alto impatto olfattivo è il 2014.

I dati esposti nel presente elaborato rappresentano un interessante, seppur limitato, spunto interpretativo delle complesse dinamiche che legano assieme andamento climatico e qualità del vino.

Le principali limitazioni riscontrate sono dovute all'assenza dei dati climatici relativi alle annate 2012 e 2013, che non hanno permesso di poter correlare i profili in molecole volatili con le condizioni metereologiche, ed in secondo luogo l'assenza di analisi di tipo microbiologico relativi alla ecologia delle uve e dei mosti e alla loro evoluzione durante la fermentazione alcolica. Sebbene infatti il bouquet di un vino sia legato ai cosiddetti aromi varietali, l'attività dei lieviti è fondamentale per il raggiungimento della piena definizione degli stessi.

Ringraziamenti

Un ringraziamento speciale a mio marito che ha contribuito indirettamente al mio progetto sopportandomi ogni giorno, pazientemente e con tenacia.

Ringrazio infinitamente il mio caro amico Elia per tutti i suoi consigli e la sua infinita disponibilità, e soprattutto per il suo indispensabile aiuto informatico!

Un sincero ringraziamento anche a Luca Siroli e a Giacomo Braschi per aver svolto la parte pratica al mio posto e avermi supportato e guidato nella stesura di questo elaborato.

Grazie a Leonardo, Marco, Abdul e a tutto il team di Tenuta Mara per avermi messo a disposizione il materiale su cui eseguire le mie indagini, e soprattutto per essere sempre pronti a rispondere ad ogni mia curiosità. Grazie di cuore per la bellissima attività di tirocinio, un ricordo che porterò per sempre con me: non solo avete reso la mia prima esperienza in cantina estremamente formativa e divertente, in voi ho anche trovato delle bellissime persone con cui confidarmi e sempre pronte a sostenermi, soprattutto in un periodo della mia vita dove sono maturate delle scelte così importanti! Mai avrei pensato di trovare degli amici come voi durante questa mia esperienza. Ripensando a quelle splendide giornate passate insieme sarà impossibile trattenere un sorriso nostalgico.

Il ringraziamento più importante e doveroso va a mio figlio, Giosuè, così piccolo ma allo stesso tempo così capace di sprigionare emozioni e la forza di continuare. Tutto passa in secondo piano, acquistando la giusta dimensione ed importanza, di fronte al sentimento che si nutre verso un figlio. Ma soprattutto non ce l'avrei mai fatta senza i tuoi lunghi e profondi pisolini!

Bibliografia

- [1] A. Palliotti, S. Poni, O. Silvestroni, *Manuale di viticoltura* (Edagricole-New Business), 31 maggio 2018.
- [2] Vinoway.com, *Maturazione dell'uva*, <https://www.vinoway.com/enciclopedia-del-vino/enologia/uva/133-uva-maturazione-del-1-uva/280-maturazione-dell-uva.html>, 2015.
- [3] Quattroclici, *La vite e il clima*, <https://www.quattroclici.it/conoscere-il-vino/la-vite-clima/#~:text=A%20temperature%20troppo%20alte%20o,anche%20a%20%2D27%20%C2%B0C>, 2019.
- [4] Slideshare, *Escursione termica e qualità delle uve*, <https://www.slideshare.net/centroriccagioia/escursione-termica-e-qualit-uve>, 25 gennaio 2013.
- [5] Luigi Moio, *Il respiro del vino*, 8 novembre 2016.
- [6] Dbt.univr, *Chimica enologica*, <https://www.dbt.univr.it/documenti/OccorrenzaIns/matdid/matdid317904.pdf>.
- [7] Gustosalutequalità, *Proprietà sensoriali delle sostanze volatili aromatiche*, <http://www2.gustosalutequalita.it/it/attivita-ibimet/misure-oggettive-analisi-sensoriale/aromi/proprietà-sensoriali-delle-sostanze-volatili-aromatiche>.
- [8] Tenimenticiva, *Il ciclo annuale della vite: le fasi fenologiche*, <https://tenimenticiva.com/blog/fasi-fenologiche-della-vite/>.
- [9] Altervista, *La maturazione dell'uva*, <https://vinoeviticoltura.altervista.org/la-maturazione-delluva/>, 2016.

- [10] Demeter, *Linee di indirizzo agli standard per la vinificazione demeter vino demeter/ biodinamico*, <https://demeter.it/wp-content/uploads/2015/08/uniformato-manuale-vinificazione-agg-2013.pdf>, 2014.
- [11] Enolo, *Conoscere la biodinamica con il calendario lunare di Maria Thun*, <https://www.enolo.it/calendario-di-maria-thun-biodinamica/>, 2018.
- [12] Agribionotizie, *Il calendario delle semine e come usarlo*, <http://www.agribionotizie.it/calendario-delle-semine/>, 2018.
- [13] Tuttogreen, *Cos'è l'agricoltura biodinamica e in cosa si differenzia dall'agricoltura biologica*, <https://www.tuttogreen.it/agricoltura-biodinamica/>, 2019.
- [14] Nemanja Teslić, Giordano Zinzani, Giuseppina P. Parpinello, Andrea Versari, *Climate change trends, grape production, and potential alcohol concentration in wine from the BRomagna Sangiovese appellation area (Italy)* (Theor Appl Climatol), 2015.
- [15] Simone Orlandini, Daniele Grifoni, Marco Mancini, Giacomo Barcaioli, Alfonso Crisci, *Analisi degli effetti della variabilità meteo-climatica sulla qualità del brunello di Montalcino* (Rivista Italiana di Agrometeorologia), 2015.
- [16] Orlandini S., Grifoni D., Mancini M., Maracchi G., Zipoli G., *Effetto della variabilità meteo-climatica sulla qualità dei vini (VQ)*, 2006.
- [17] Simone Orlandini, Daniele Grifoni, Marco Mancini, Gaetano Zipoli, *Relazioni fra campi e indici meteorologici e qualità dei vini nel centro-nord italia* (Quaderno degli abstract), 2007.
- [18] Hans R.Schultz, *Gestione del vigneto, maturazione dell'uva e sviluppo degli aromi* (Atti del 31° new york wine industry workshop), 2005.
- [19] Luigi Moio, Angelita Gambuti, Maria Tiziana Lisanti, *Identità sensoriale del vino e nuove tecnologie* (Sessione vite e vino).

-
- [20] Maracchi G., *Elementi di agrometeorologia* (Frutticoltura generale), 1992.
- [21] Winkler A.J., Cook J.A., Kliewer W.M., Lider L.A., *General Viticulture* (University of California Press), 1982.
- [22] P. Ribèreau-Gayon, Y. Glories, A. Maujean, D. Dubourdieu, *Trattato di enologia- Chimica del vino stabilizzazione e trattamenti* (Edagricole), 2018.