



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

**VERDICCHIO DEI CASTELLI DI JESI – UN VITIGNO IDENTITARIO –
PRESENTE E FUTURO IN RELAZIONE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI**

Tesi di laurea in Conduzione e Gestione della cantina - 85274

Relatore

Prof. Cleto Pirazzoli

Presentata da

Luca Tarsi

Anno Accademico 2023/2024

Sessione di Luglio

Alla mia famiglia:
Lucia, Stefano e Marco.

LABOR OMNIA VINCIT

INDICE

CAPITOLO 1 - Introduzione	1
1.1 Il cambiamento climatico	2
1.2 Il cambiamento climatico nel sistema vitivinicolo	3
1.2.1 Fenologia	4
1.2.2 Metaboliti dell'uva	6
CAPITOLO 2 – La storia del verdicchio	8
2.1 D.O.C. Verdicchio dei castelli di Jesi	12
2.2 Relazione vite, condizioni climatiche e pedologiche	13
CAPITOLO 3 – Storico dell'andamento di maturazione delle uve verdicchio	16
3.1 Caratterizzazione del clima nell'areale della D.O.C.	18
3.2 Studio dell'andamento fenologico sulla varietà verdicchio	20
3.3 Analisi delle curve di maturazione	24
CAPITOLO 4 – Gestione del sistema vitivinicolo e possibili soluzioni	29
4.1 Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici nei vigneti	29
4.2 Gestione degli zuccheri e dei gradi alcol tramite tecniche di vinificazione	33
4.3 Aspetti socioeconomici, prospettive future	40
CAPITOLO 5 – Conclusioni	47
BIBLIOGRAFIA	49
SITOGRAFIA	54

INTRODUZIONE

Il cambiamento climatico è uno degli argomenti cardine della società del 21° secolo, nonostante le prove storiche confermino che i cambiamenti climatici sono un fenomeno naturale della Terra, è sempre più evidente il crescente impatto dell'attività umana sul nostro clima. È chiaro che il nostro ruolo nel modificare il bilancio energetico della Terra e del clima è diventato sempre più rilevante.

Obiettivo di questa tesi è analizzare approfonditamente l'interazione tra il cambiamento climatico e il sistema vitivinicolo con particolare attenzione all'area di produzione della D.O.C. Verdicchio dei Castelli di Jesi. Si analizzeranno gli impatti del cambiamento climatico sulla fenologia della vite, sulle caratteristiche dei mosti e dei vini, nonché sulle strategie di gestione vitivinicola.

Nell'ambito di questo studio, verrà esaminata l'area di produzione della D.O.C. Verdicchio dei Castelli di Jesi, descrivendo le caratteristiche ambientali e pedologiche che influenzano la coltivazione della vite. Inoltre, saranno esaminati i dati raccolti sulla fenologia del vitigno e sulla composizione dei mosti, al fine di comprendere meglio come l'ambiente e i cambiamenti climatici influiscano sulle caratteristiche e la qualità delle uve e dei vini prodotti.

La problematica centrale riguarda l'andamento e la resilienza del settore vitivinicolo di fronte alle sfide climatiche in evoluzione. Pertanto, si mira a contribuire alla comprensione dell'impatto del cambiamento climatico sul sistema vitivinicolo e a trovare strategie per garantire la sostenibilità e la continuità di questa importante attività di fronte alle sfide climatiche in atto e future.

1.1 - Il cambiamento climatico: Le cause

Una delle problematiche che più preoccupa l'agricoltura al giorno d'oggi è il cambiamento climatico. Il report 2023 dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ha riferito che eventi meteorologici estremi come ondate di calore, incendi, piogge torrenziali, inondazioni e siccità sono i gravi effetti dell'aumento della temperatura.

Secondo il set di dati ERA5, il Servizio Copernico per il Cambiamento Climatico (C3S) ha riferito che gli ultimi otto anni sono stati i più caldi; il 2023 si conferma come l'anno solare più caldo mai registrato nei dati di temperatura globale a partire dal 1850. Nel 2023 è stato più caldo di 0.60 °C rispetto alla media del periodo compreso tra il 1991 e il 2020 e di 1.48 °C rispetto al livello preindustriale del 1850-1900.

Tra gli effetti di questo riscaldamento, c'è l'aumento della temperatura media sulla terra, degli oceani, l'aumento delle temperature estremamente alte in alcune zone abitate, la maggior frequenza di eventi piovosi a più alta intensità e carenze idriche e siccità in altri ambienti. Le conseguenze sui sistemi naturali, antropici e sui servizi da essi prodotti potrebbero intensificarsi ulteriormente in caso di un aumento della temperatura di + 2°C entro il 2100, con effetti potenzialmente irreversibili e la necessità di adattamenti più estesi. I danni agli ecosistemi potrebbero portare ad un aumento della povertà in molte parti del mondo, maggiori rischi per la salute umana e una diminuzione delle produzioni di cibo e delle risorse idriche disponibili (Masson-Delmotte, et al., 2019).

Focalizzando l'attenzione sulla regione Marche e guardando al recente passato, uno studio realizzato dal Centro di Ecologia e Climatologia Osservatorio Geofisico S.C.A.R.L. di macerata, su incarico del Servizio Protezione Civile della Regione Marche, condotto per il periodo 1950-2000, riguardante la caratterizzazione del territorio regionale attraverso l'analisi di serie di temperature. I dati sono stati raccolti su 24 stazioni meteorologiche dislocate su tutto il territorio regionale, riportando un incremento delle temperature anche a livello della nostra regione. Infatti, questo studio ha mostrato un aumento della temperatura minima annua di + 0,8÷1,7 °C ogni 50 anni, e un incremento della temperatura massima annua (23 stazioni su 24) di + 0,5÷1,3 °C ogni 50 anni. Il segnale di incremento è risultato visibile in tutte le stagioni per la temperatura minima (+1,1 °C in primavera, +1,4 °C in estate, +1,0 °C in autunno, +1,3 °C in inverno ogni 50 anni), mentre la temperatura massima ha presentato una

tendenza positiva significativa soprattutto in primavera ed inverno rispettivamente di +1,1 °C e +1,2 °C ogni 50 anni (Scuterini et al.).

1.2 - Il cambiamento climatico nel sistema vitivinicolo

L'importanza di comprendere l'impatto dei cambiamenti climatici sull'agricoltura è particolarmente evidente con la viticoltura. Una lunga storia di coltivazione della vite ha portato i migliori vini ad essere associati a regioni viticole geograficamente distinte che si trovano nei climi temperati di tutto il mondo. Le condizioni climatiche di queste regioni influenzano profondamente la produzione di uve di qualità e quindi di conseguenza vini di qualità.

In generale, i tipi di uva che possono essere coltivati e lo stile di vino complessivo che una regione produce, sono il risultato del clima della regione stessa, mentre la variabilità climatica determina le differenze di qualità tra annata e l'altra. Esistono numerosi fattori meteorologici e climatici che possono incidere sulla crescita dell'uva e sulla qualità del vino, tra cui la radiazione solare, le temperature estreme, le precipitazioni, il vento ed eventi meteorologici estremi come la grandine (Jones et al. 2005).

La fenologia e la fisiologia della vite sono determinate soprattutto dalle temperature. Dagli anni '80, nella maggior parte delle regioni viticole, si è notato un significativo avanzamento della fenologia e un cambiamento nella fisiologia della vite. L'effetto combinato della fenologia anticipata e dell'aumento delle temperature determina temperature più elevate durante la fase di maturazione delle uve. Queste condizioni portano ad un contenuto maggiore in solidi solubili e una diminuzione degli acidi organici, inoltre, si verifica un'alterazione nella composizione dei metaboliti secondari, specialmente degli aromi e dei loro precursori.

L'aumento degli stress idrici, dovuto alla diminuzione delle precipitazioni estive e/o all'aumento dell'evapotraspirazione causata da alte temperature, induce un arresto anticipato del accumulo di composti fenolici della buccia, una riduzione delle concentrazioni di acido malico e uno squilibrio dei composti aromatici e dei precursori di aromi. (van Leeuwen e Darriet, 2016).

Uno studio condotto nel sud della Francia (Languedoc) (Fig. 2), sulla composizione delle uve alla vendemmia ha evidenziato un aumento di oltre il 2% in volume dei livelli di alcol potenziale, l'acidità totale (acido tartarico) è diminuita di 1 g/l e il pH è aumentato di 0,2 unità negli ultimi 30 anni. Variazioni nella composizione dell'uva sono state riscontrate in molti altri vigneti (Duchêne e Schneider, 2005; Mira de Orduña, 2010)

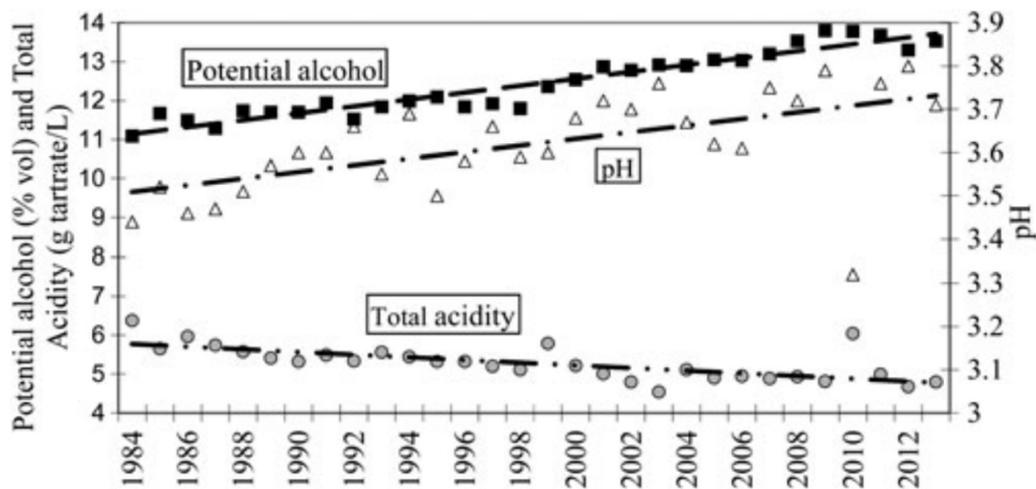


Figura 1. Gradi alcolici potenziali, acidità totale e pH del mosto appena prima della vendemmia in Languedoc dal 1984 al 2013 (van Leeuwen e Darriet, 2016).

1.2.1 Fenologia

In molte regioni viticole, un effetto rilevante dei cambiamenti climatici è rappresentato dall'anticipo della fenologia della vite, il quale è principalmente determinato dall'aumento delle temperature. (Rogier et al., 2014) La fenologia della vite, cioè la data in cui si verifica il germogliamento, la fioritura e l'inizio della maturazione, è determinata dalla temperatura. Questa relazione è così forte che la fenologia della vite può essere prevista da modelli basati solo sulla temperatura (van Leeuwen e Darriet, 2016).

Uno lungo studio (1964-2009) condotto nella regione Veneto, su 18 cultivar, ha fornito una valutazione completa delle somiglianze cultivar/differenze nei tempi fenologici e le fasi di crescita e le relazioni con il clima e il cambiamento climatico nella regione (Tomasi et al., 2011).

I risultati hanno dimostrato che la regione è chiaramente cambiata, le temperature sono aumentate dal 1980 con esso anche i tempi fenologici delle diverse cultivar, anticipando fioritura, invaiatura e date di raccolta rispettivamente di 16, 13 e 19 giorni. Tendenze simili sono state riscontrate in diverse cultivar in tutta Europa (Tomasi et al., 2011). Alcuni studi hanno rilevato che la maturità dei frutti è avanzata di 8 giorni per decennio tra il 1985 e il 2009 nell'Australia meridionale (Webb et al., 2011; Webb et al 2012).

Koch e Oehl (2018) hanno condotto uno studio nel Palatinato, in Germania, dove hanno analizzato e correlato i dati meteorologici relativi alla temperatura e alle precipitazioni degli ultimi 40 anni con i parametri di crescita della vite. Lo studio ha investigato lo sviluppo del germogliamento, la fioritura, le date di vendemmia, le rese e le concentrazioni zuccherine delle varietà di uva "Pinot grigio", "Pinot nero", "Riesling", "Silvaner" e "Müller-Thurgau". Le date di germogliamento, fioritura e invaiatura sono chiaramente cambiate per tutte e cinque le varietà durante il periodo di studio, anticipandosi rispettivamente di 11-15, 18-22 e 16-22 giorni; mentre le date di raccolta sono state anticipate di 25-40 giorni (Koch e Oehl, 2018).

Nel centro Italia, in tre aree Abruzzesi si è notata una significativa riduzione del periodo tra il germogliamento e la vendemmia dei vitigni Montepulciano, principalmente a causa della data di inizio vendemmia anticipata. Allo stesso tempo, nelle tre aree in esame, si è notata una variabilità delle precipitazioni e delle temperature in tutte le stagioni, anche a distanze relativamente piccole; questo evidenzia come la complessa struttura orografica di una regione come l'Abruzzo porti ad avere molte variabili.

L'influenza del cambiamento climatico sulla distribuzione geografica della vite non può essere generalizzata, e cambia notevolmente in funzione della zona climatica in cui il genotipo è assegnato (Di Lena et al.,2019).

Anche la temperatura del suolo ha un ruolo significativo sulla fenologia, il riscaldamento delle zone radicali di primavera attiva la mobilitazione delle riserve di carboidrati alla radice. La variabilità stagionale della temperatura del suolo durante la primavera può provocare una crescita vegetativa incoerente e conseguenze per crescita di bacca e maturazione. È stata monitorata la fioritura e la maturazione delle bacche nei vitigni Shiraz (*Vitis vinifera* L.) coltivati in grandi vasi a temperatura controllata e si è visto come la mobilitazione dell'amido radicale dopo il germogliamento era correlata linearmente alle unità di calore cumulative

ricevute dal suolo. Al momento della raccolta il pH delle bacche e la concentrazione di azoto erano più elevati per le viti esposte ad una temperatura del suolo maggiore, mentre l'acidità delle bacche era inferiore (Rogiers et al., 2014).

È possibile modellare la fenologia prevista utilizzando le proiezioni delle temperature fino alla fine del secolo. Ad esempio, a Bordeaux (Francia) si è stimato che la fioritura sarà anticipata di 15 giorni nel prossimo futuro (2020-2050) e di 30 giorni alla fine del secolo (2070-2100); mentre la maturazione sarà anticipata rispettivamente di 25 e 45 giorni (Pieri et al., 2010).

1.2.2 – Metaboliti dell'uva

L'uva costituisce la materia prima fondamentale per la vinificazione ed il suo grado di maturazione è il primo fattore, e certamente uno dei più determinanti, che condiziona la qualità del vino. Tale maturazione è il risultato di un insieme di fenomeni fisiologici e biochimici, la cui efficacia e intensità dipendono strettamente dalle condizioni ambientali (Ribéreau-Gayon et al. 2017 Tome 1).

Dal punto di vista enologico, è possibile distinguere tre tipi di maturazione, ciascuno correlato a specifici obiettivi: maturazione Tecnologica, Fenolica e aromatica.

La maturazione Tecnologica dell'uva tiene conto principalmente del rapporto tra zuccheri/acidi ottimale, mentre quella fenolica valuta la concentrazione delle sostanze fenoliche nell'uva come antociani e tannini. Infine, la maturazione aromatica dipende dalla concentrazione di aromi varietali.

I cambiamenti climatici non incidono solo sulla fenologia della vite, ma influenzano anche lo sviluppo dei metaboliti nell'acino con effetti diretti e indiretti sulla loro composizione e concentrazione. Tra i fattori ambientali la temperatura e lo stato idrico sono senza dubbio quelli che maggiormente influenzano lo sviluppo della pianta e la maturazione del frutto. Come precedentemente menzionato, l'aumento delle temperature comporta uno sviluppo precoce delle prime fasi fenologiche e, di conseguenza, un anticipo della maturazione che avviene in condizioni più calde.

Le condizioni di stress termico possono influenzare lo sviluppo e la maturazione degli acini, così come l'accumulo di metaboliti. La limitata disponibilità idrica influisce sia sull'aspetto vegetativo che su quello riproduttivo della vite, con conseguenze sull'accumulo dei metaboliti negli acini.

In questo capitolo verrà approfondita l'influenza dei diversi fattori ambientali sulla composizione dell'acino, ma prima sarà opportuno fare una panoramica dei principali composti presenti nell'uva

Zuccheri e acidi organici costituiscono i metaboliti primari dell'uva e la loro concentrazione varia durante il processo di maturazione. L'accumulo di zuccheri nell'uva avanza durante il processo di maturazione fino a raggiungere un plateau; da questo punto in poi, l'aumento della concentrazione degli zuccheri è principalmente attribuibile al processo di disidratazione dell'uva. Al contrario, la concentrazione degli acidi organici, in particolare dell'acido tartarico e malico, diminuisce durante il processo di maturazione. I composti fenolici, aromatici, minerali e azotati fanno parte della categoria dei metaboliti secondari, fondamentali per determinare la qualità delle uve.

Durante la maturazione, la temperatura influenza l'intensità dei meccanismi di trasporto e, in maniera indiretta, la crescita cellulare. Le esigenze termiche della vite in questo stadio fenologico sono intorno ai 20 °C. Temperature elevate, anche per breve tempo, possono avere conseguenze gravi sull'accumulo degli zuccheri (P. Ribéreau-Gayon et al. 2017 Tome 1). È possibile riscontrare anche un'inibizione del fotosistema II, la componente più termolabile della catena di trasporto degli elettroni, con un progressivo calo della capacità e della resa di assorbimento della CO₂ (Georgieva et al., 2000), limitando quindi l'attività fotosintetica della pianta. In caso di radiazioni e/o le temperature sono eccessive, è possibile l'avvizzimento delle bacche e la demolizione dei tessuti dei frutti (Bonada et al., 2013).

La temperatura influenza notevolmente anche la composizione acidica dell'acino. l'acido principale dell'uva, l'acido tartarico, è relativamente stabile per quanto riguarda gli effetti della temperatura, mentre l'acido malico è strettamente dipendente dalla maturità e dalla temperatura e diminuisce a temperature elevate. I livelli di acidità più bassi sono solitamente correlati con il pH dell'uva elevato, anche se il rapporto è influenzato dall'accumulo di potassio, che dipende dalla temperatura stessa (Mira de Orduña, 2010).

Luce e temperatura influenzano anche il metabolismo dei composti fenolici ed aromatici. La produzione di questi metaboliti secondari avviene in risposta a condizioni di stress (Gershenzon e Dudareva 2007). Tutta via, temperature eccessive possono limitare la sintesi di antociani ed eventualmente indurre la loro degradazione (Torres et al., 2020).

Oltre ai problemi legati alle temperature, si riscontrano gravi problematiche correlate agli stress idrici che influenzano diversi metaboliti. considerando il contenuto zuccherino, un deficit idrico lieve può aumentare contenuto zuccherino nelle bacche a causa della ridotta competizione per gli zuccheri tra la maturazione delle uve e la crescita dei germogli, mentre uno stress idrico grave può interrompere l'accumulo di zuccheri a causa della ridotta fotosintesi (Des Gachons et al., 2005).

Nella studio condotto da Des Gachons (2005) su uve Sauvignon blanc, si è osservato che in una annata particolarmente secca, il potenziale aromatico era maggiore nelle particelle di terreno con maggiori riserve idriche, mentre in annate piovose, il potenziale aromatico più alto si raggiungeva in particelle di terreno con basse riserve idriche. Questi risultati indicano come un grave stress idrico limiti il potenziale aromatico, mentre un deficit idrico lieve potrebbe aumentarlo.

CAPITOLO 2 – La storia del Verdicchio

La storia delle Marche, l'unica regione plurale, un territorio mutevole, con le sue valli perpendicolari al mare, le sue splendide baie, le colline ricche di vigne e di ulivi curati come giardini e le montagne che si inerpicano fino ai duemila metri.

Guido Piovene nel suo viaggio in Italia descrisse l'essenza delle Marche in modo mirabile: “Se si volesse stabilire qual è il paesaggio italiano più tipico, bisognerebbe indicare le Marche. L'Italia con i suoi paesaggi è un distillato del mondo, le Marche lo sono dell'Italia... La vita contadina acquista nelle Marche il suo massimo splendore, e il lavoro concorre alla bellezza dei paesaggi”. E i Verdicchi ne sono la traduzione in qualità della bellezza e della peculiarità dei territori.

All'interno del territorio della Regione Marche troviamo ben 15 doc: Bianchello del Metauro, Colli Pesaresi, Pergola, Lacrima di Morro d'Alba, Esino, Verdicchio dei Castelli di Jesi,

Rosso Conero, Colli Maceratesi, San Ginesio, I terreni di Sanseverino, Verdicchio di Matelica, Serrapetrona, Falerio, Rosso Piceno o Piceno e Terre di Offida (AIS Marche).

Come si può vedere sono presenti due denominazioni caratterizzate da ampie differenze territoriali, ma accomunate dalla coltivazione della stessa cultivar: il “Verdicchio”.

il “Verdicchio di Matelica” che proviene dalla zona collinare di Matelica, in provincia di Macerata ed il “Verdicchio dei castelli di Jesi”, invece, proviene dalla zona collinare dei Castelli di Jesi, nella provincia di Ancona.

L’origine di questo vitigno risale a un passato molto remoto, ma le prime volte che si è dato il nome “Verdicchio” a quella determinata uva risale alla seconda metà del Cinquecento (Potentini, 2010).

Già nei primi del 1500 lo spagnolo Herrera, professore a Salamanca, descrive le più comuni varietà di viti e la tecnica di vinificazione in bianco. Fra i nomi dei vitigni descritti figura il Verdicchio così spiegato « *uva bianca che ha il granello picciolo e traluce più che niuna altra. Queste viti sono migliori in luoghi alti e non umidi, che piani e in luoghi grassi, e riposati, perciocché ha la scorsa molto sottile e tenera, di che avviene che si marcisce molto presto, et ha il sarmento così tenero che da per sé per la maggior parte cade tutto e bisogna che al tempo della vendemmia si raccoglie tutta per terra, e per questa cagione ricerca luogo asciutto e non ventoso, molto alto nei colli. Il vino di questo vitame è migliore di niuno altro bianco. Si conserva per lungo tempo, è molto chiaro, odorifero e soave. Ma l’uva di esso per mangiare non vale molto* » (Disciplinare di Produzione D.O.C Verdicchio dei castelli di Jesi).

A partire dal 1800, sono disponibili fonti scritte più dettagliate riguardanti la descrizione ampelografica o sensoriale di questa cultivar. In questi testi, il Verdicchio viene definito come «*il migliore e il più pregiato fra i vitigni ad uva bianca*», Tuttavia, questa descrizione è spesso accompagnata da un’annotazione critica: «*Il vitigno non fornisce eguale copia d’uva in tutti gli anni. Si ritiene in media che succedano alternati, e si dice che la vite vuole riposo; per cui sebbene da tutti pregiato, il vitigno non è diffuso quanto dovrebbe*» (“Bollettino Ampelografico”, XX, Roma, 1885). Molto probabilmente dovuto ad una cattiva gestione agronomica del vitigno (Potentini, 2010)

Con il passare del tempo, le lacune in materia si sono via via colmate, portando il verdicchio ad assumere sempre più rilevanza nel panorama enologico. Di conseguenza, sono state redatte le relative descrizioni delle caratteristiche ampelografiche del vitigno.

Il **germoglio di 10-15 cm** presenta un apice a ventaglio, cotonoso di colore verde-biancastro, con una leggera sfumatura rosa ai margini. Le foglioline apicali (dalla 1° alla 3°) sono piegate a gronda, aracnoidee sulla pagina superiore e cotonose su quella inferiore, presenta leggere sfumature rosa ai margini ed il seno peziolare è aperto. Le Foglioline basali (dalla 4° in poi) presentano bordi spioventi, glabre sulla pagina superiore e cotonose su quella inferiore, in questo caso il seno peziolare è chiuso. L'asse del germoglio è leggermente tomentoso e ricurvo, di colore verde sfumato in marrone.

Il **germoglio alla fioritura** presenta un apice a ventaglio, cotonoso di colore verde biancastro. Le foglioline apicali presentano bordi distesi aracnoidee nella pagina superiore e cotonose su quella inferiore, di colore verde pallido sulla pagina superiore e biancastro su quella inferiore. Le foglioline basali presentano bordi ondulati, glabre sulla pagina superiore, cotonose su quella inferiore, di colore verde screziate bronzee o giallastre sulla pagina superiore e verde-biancastro su quella inferiore.

I **viticci** hanno una distribuzione intermittente, bi-trifidi, di medio vigore o vigoroso, di colore verde.

Le **infiorescenze** sono di media grandezza, con una forma cilindro-conica, racimoli e fiori semi-serrati, peduncolo verde o leggermente sfumato in marrone vinoso alla base. Il **fiore** presenta un bottone florale globoso, mezzano con una corolla verde con apertura regolare.

La **Foglia** è di media grandezza, poco consistente, orbicolare o pentagonale, trilobata o quinquelobata; seno peziolare ellissoidale, chiuso e con margini anche sovrapposti, profondo; seni laterali superiori ellissoidali, semi-chiusi e anche sovrapposti, mediamente profondi; seni laterali inferiori mancanti o a V, aperti, poco profondi. Pagina superiore di colore verde carico, quasi scuro, bollosa; pagina inferiore di colore verde pallido, cotonosa; lembo piano o leggermente ondulato; lobo centrale e laterali revoluti od ondulati, angolo alla sommità del lobo centrale retto o quasi. Nervature principali sulla pagina inferiore di colore verde, lanuginose. Dentatura mediamente regolare, in 1 o 2 serie, con denti quasi grandi, a margini rettilinei o leggermente curvilinei, a base larga.

Il **Grappolo a maturità industriale** è di media grandezza o quasi grande, serrato o semi-serrato, conico o cilindro-conico e qualche volta alato e piramidale; rachide di colore verde o leggermente sfumato in marrone; peduncolo di media lunghezza e grossezza, erbaceo o semi-legnoso. L'**Acino** è di media grandezza, rotondo, alcune volte leggermente sub-rotondo a causa dell'eccessiva compattezza del grappolo; buccia sottile e consistente, di colore verde-giallastro, mediamente pruinosa; ombelico mediamente evidente; polpa sciolta o quasi molle, di sapore semplice e zuccherino; pedicello di media lunghezza, piuttosto esile, di colore verde; cercine poco verrucoso, di media grossezza e di colore verde; pennello di media grossezza e di colore ambrato presenta una separazione dell'acino dal pedicello difficile. I **Vinaccioli** sono presenti in numero da 1 a 3, di media grandezza e forma e becco regolari.

Il **Tralcio legnoso** è lungo, di media grossezza e vigore, consistenza dura, con femminelle in numero e vigore medio, nodi grossi, corteccia di colore marrone-grigiastro, spesso con macchie e punteggiature scure e cosparsa di leggera pruina azzurrognola; gemme di media grandezza o quasi grandi, coniche-acute, mediamente sporgenti. il **Tronco** presenta una media vigoria (Registro Nazionale delle Varietà di Vite).

Fenologia: il germogliamento avviene in epoca medio/tardiva, la fioritura in epoca precoce e la maturazione delle uve avviene in III o IV epoca (Registro nazionale delle varietà di vite).

Caratteristiche culturali: la cultivar Verdicchio rientra tra le varietà a bassa fertilità basale, generalmente il germoglio che prende origine dalle prime due gemme alla base del tralcio è privo di grappoli, o se presenti, sono di dimensioni ridotte. Questa scarsa fertilità delle gemme è una caratteristica della maggior parte dei cloni di Verdicchio. (Potentini, 2010)

2.1 - D.O.C. Verdicchio dei castelli di Jesi

La zona di produzione delle uve atte a produrre i vini a denominazione di origine controllata Verdicchio dei Castelli di Jesi ricade nelle province di Ancona e Macerata e si estende per 22 comuni in provincia di Ancona e 2 in Provincia di Macerata (Figura 2). La denominazione “Castelli di Jesi” deriva dal fatto che storicamente, i comuni appartenenti a questa D.O.C. gravitavano nella polita e nell’economia di Jesi (Disciplinare di Produzione D.O.C Verdicchio dei castelli di Jesi).



Figura 2 – Territorio della D.O.C. Verdicchio dei Castelli di Jesi (AIS Marche)

La storia del verdicchio dei Castelli di Jesi ha inizio con l’arrivo dei monaci benedettini ed a seguire con quelli camaldolesi che reintroducono e diffondono la vite ormai da secoli tradizionale. Con il diffondersi del contratto di mezzadria che crea l’appoderamento diffuso e la disponibilità di forza lavoro, il vino cessa di essere bevanda dei soli ceti agiati e diviene alimento delle classi rurali. Da metà a fine 1800, fu il periodo dei parassiti: Oidio (1852), Peronospora (1879), Fillossera (1890); Il tempo trascorso per trovare le soluzioni spinse i viticoltori ad eliminare molte varietà clonali presenti nel territorio, privilegiando vitigni sconosciuti nella storia enologica regionale meno il Verdicchio che risultava il vino più commercializzato.

Il vino Verdicchio acquisisce notorietà commerciale all’inizio degli anni ’50 quando due famiglie, Fazi e Battaglia, decisero di investire nella costruzione di una piccola cantina in uno dei “castelli di Jesi”, Cupramontana. In seguito, la famiglia Angelini ed in particolar modo, Francesco Angelini, fondatore dell’industria farmaceutica, fa di quest’azienda una marchio storico della vitienologia Italiana. Questi produttori caratterizzarono il prodotto con una bottiglia distintiva: un’anfora greca in riferimento alla civiltà dorica che fondò la città di Ancona (Disciplinare di Produzione D.O.C Verdicchio dei castelli di Jesi).

Il disciplinare di produzione dei vini a denominazione di origine controllata “Verdicchio dei Castelli di Jesi” viene approvato ad agosto del 1968 decretando la produzione dei seguenti vini:

- “Verdicchio dei Castelli di Jesi”;
- “Verdicchio dei Castelli di Jesi” Spumante;
- “Verdicchio dei Castelli di Jesi” Classico;
- “Verdicchio dei Castelli di Jesi” Classico Superiore.
- “Verdicchio dei Castelli di Jesi” Passito;

Le rese uva per ettaro per la D.O.C. sono di 14 t/ha per la denominazione “Verdicchio dei Castelli di Jesi” e “Verdicchio dei Castelli di Jesi Classico” e di 11 t/ha per la denominazione “Verdicchio dei Castelli di Jesi Classico Superiore”.

L’uso della menzione “Classico” è riservata al vino ottenuto dalle uve raccolte nella zona originaria più antica, che esclude i territori posti alla sinistra del fiume Misa e dei territori appartenenti ai comuni di Ostra e di Senigallia.

Le uve destinate alla vinificazione, devono assicurare ai vini a denominazione di origine controllata “Verdicchio dei Castelli di Jesi” i seguenti titoli alcolometrici volumici naturali minimi: 9% vol. per il “Verdicchio dei Castelli di Jesi” Spumante, 10,5 % vol. per la denominazione “Verdicchio dei Castelli di Jesi” e “Verdicchio dei Castelli di Jesi” Classico, 11,5 % vol. per la denominazione “Verdicchio dei Castelli di Jesi” Clas. Sup., ed infine 15 % vol. (dopo l’appassimento) della denominazione “Verdicchio dei Castelli di Jesi” Passito (Disciplinare di Produzione D.O.C Verdicchio dei castelli di Jesi)

2.2 - Relazione vite, condizioni climatiche e pedologiche

La denominazione di origine si fonda sul presupposto che le viti coltivate in aree geografiche differenti, nonostante la variabilità stagionale nelle fasi fenologiche e nel decorso meteorico, diano prodotti tra loro differenti per l’effetto che l’ambiente di coltivazione esercita sulla fisiologia delle piante, sulla maturazione dell’uva e sulla sua composizione (Palliotti et al., 2018).

La scelta delle zone di produzione è affidata allo studio della zonazione, un metodo di studio interdisciplinare molto diffuso in viticoltura che permette di mettere sotto osservazione i fattori che legano specifiche cultivar all’ambiente, estrinsecando al meglio il loro potenziale

genetico. Vengono esaminati i principali elementi naturali, ovvero il clima e il suolo, i due principali fattori di regolazione delle attività fisiologiche primarie, processi di crescita, sviluppo e maturazione dei frutti.

Il clima di una determinata zona può essere definito come l'insieme delle condizioni atmosferiche medie che si verificano nell'arco di lunghi periodi di tempo. Gli elementi principali che lo caratterizzano sono la temperatura, precipitazioni, pressioni atmosferica, radiazione solare, vento e umidità.

Questi elementi del clima sono sottoposti all'influenza di numerosi fattori, come:

- La variazione di latitudine si traduce in diversi angoli di incidenza della radiazione solare al suolo, e quindi, in linea generale, la temperatura diminuisce all'aumentare della latitudine e queste variazioni si ripercuotono sulla pressione atmosferica.
- La variazione di altitudine comporta modifiche sia della pressione atmosferica sia della temperatura. Infatti, all'aumentare dell'altitudine si riduce la densità dell'aria e di conseguenza, dato che la cessione del calore è prerogativa tipica del suolo, questa cessione è tanto più elevata quanto maggiore è la densità dell'aria.
- L'esposizione riguarda soprattutto le aree collinari e influenza la capacità di intercettazione della radiazione da parte del suolo, che può ripercuotersi sulla capacità del terreno di assorbire calore di giorno e rilasciarlo di notte.
- La presenza di rilievi svolge un ruolo di grande importanza non solo per gli effetti dovuti alle variazioni di quota e di esposizione, ma anche per l'azione che le alture esercitano sui fronti nuvolosi (Palliotti et al., 2018)

Per quanto riguarda il suolo, viene classificato in funzione della fertilità fisica e minerale, fattori preponderanti nell'equilibrio vegeto-produttivo. Una corretta valutazione del suolo si concretizza nella determinazione e nello studio di alcuni parametri fondamentali: tessitura, struttura, composizione minerale, contenuto di calcare, temperatura e capacità di riserva idrica (Palliotti et al., 2018).

In questo studio si prende in esame la zona geografica di produzione della D.O.C. "Verdicchio Castelli di Jesi" che dista 20 km dal mare e si sviluppa nelle colline poste attorno alla valle Esina che ha in Jesi una quota di mt 96 s.l.m. fino ai mt 630 s.l.m. di Cingoli. Le

caratteristiche pedoclimatiche di tale territorio sono il prodotto dell'influenza del mare, del sole, delle brezze, della piovosità e del riparo offerto dalle montagne che superano anche i 2000 metri di quota. Questo produce un clima temperato adatto alla coltivazione della vite (Disciplinare di Produzione D.O.C Verdicchio dei castelli di Jesi).

Le aree collinari, ove si sviluppa la denominazione, comprendono terreni costituiti da terreni pelitici depositati nel Pliocenè, più precisamente, partendo dalla costa venendo verso la dorsale appenninica abbiamo il pliocene superiore, medio ed inferiore.

Questi periodo di deposito hanno dato origine a terreni composti per lo più da argille marnose azzurre, siltose, talora lievemente sabbiose con intercalazioni di sabbie e arenarie alle volte debolmente cementate. Nelle aree della denominazione "Classico" troviamo sempre, intercalazioni di sabbie e arenarie alle volte cementate, alternati da strati di argilla.

Nel comune di Cupramontana e Staffolo possiamo trovare terreni depositati nel Miocene composti da un'alternanza di marne, marne calcaree e calcari marnosi bianco-grigiastri, con orizzonti di argille montmorillonitiche. Spostando l'attenzione nei terreni a fondo valle, più vicini ai fiumi Misa ed Esino, troviamo terreni alluvionali quasi sempre calcarei, ghiaiosi e parzialmente sabbiosi (I.S.P.R.A. - Dipartimento per il servizio geologico d'Italia).

In uno studio condotto su 66 stazioni pluviografiche delle Marche, relativamente al periodo 1992-2005, frutto di una collaborazione tecnico-scientifica fra l'OGSM e l'università di camerino riportano che, sul territorio marchigiano in media cadono 600-800 mm di acqua all'anno sulla zona costiera, da 850 a 1100 mm sulla fascia medio/basso collinare e 1100-1750 mm in alta collina e montagna.

Inoltre, durante l'anno, in media, la regione resta tra il livello termico dei 16-17 °C e quello dei 4-5 °C. La temperatura media annua, difatti, oscilla dai 13 ai 15 °C nelle zone costiere regionali, con una punta più elevata (16 °C) all'estremità meridionale. Lungo la fascia appenninica, invece, si registrano rapide variazioni spaziali della temperatura. Ne è causa principale l'influenza dell'orografia, che modifica le condizioni termiche delle masse d'aria che investono la regione, con conseguenti differenze climatologiche. Come prevedibile i livelli termici diminuiscono salendo di quota, arrivando ad una media annuale di 5 °C per i rilievi più alti dei monti sibillini (Centro di Ecologia e Climatologia – OGSM).

L'altitudine media dei vigneti che si riscontra nell'area delimitata del "Verdicchio dei castelli di Jesi" è per il 70% compresa tra mt 80 e 280 s.l.m., Il vigneto più alto è situato a quota mt 750 s.l.m.. La pendenza dei terreni nella stessa area varia da 0 al 70%, ma l'85% dei vigneti è posizionato nelle classi di pendenza 2-35%. L'esposizione dei vigneti nell'area delimitata raccoglie tutti i quattro punti cardinali comprese le posizioni intermedie; tuttavia, le esposizioni est-ovest superano in percentuale le esposizioni nord-sud. (Disciplinare di Produzione D.O.C Verdicchio dei castelli di Jesi).

CAPITOLO 3 – Storico dell'andamento di maturazione delle uve verdicchio

Lo studio è stato effettuato da un set di dati raccolti grazie alla collaborazione di cinque aziende (Tenuta Priori e Galdelli, Azienda Vitivinicola Venturi, Cantina Conti di Buscareto, Cantina Mencaroni e dall'Azienda Agricola Tarsi Roberto) e l'agenzia per l'innovazione nel settore agroalimentare e della pesca Marche (A.M.A.P).

Le cinque aziende hanno fornito ove possibile (dati raccolti da archivi aziendali) le date di raccolta delle uve verdicchio basandosi su una gradazione di 19 °Babo. Inoltre, presso l'A.M.A.P. sono stati richiesti i monitoraggi fenologici (2010-2023) situati su cinque aree diverse (Corinaldo, Moro d'Alba, Monsano, Montecarotto e Castelplanio) e le curve di maturazione di un'azienda situata presso Moro d'Alba.

I monitoraggi fenologici vengono identificati attraverso la scala BBCH (Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry), un sistema decimale ideato per codificare uniformemente i vari stadi fenologici:

- Stadio 0: Sviluppo delle gemme
- Stadio 1: Sviluppo delle foglie
- Stadio 5: Emergenza delle infiorescenze
- Stadio 6: Fioritura
- Stadio 7: Sviluppo dei frutti
- Stadio 8: Maturazione dei frutti
- Stadio 9: Senescenza, inizio della dormienza

Per quanto riguarda la caratterizzazione del clima nel areale di produzione della D.O.C. Verdicchio dei Castelli di Jesi, sono stati richiesti (A.M.A.P.) i dati rilevati dalle stazioni

meteorologiche di Corinaldo, Barbara, Castelplanio, Serra de conti, Moro d'Alba e Jesi, dal anno 2002 all'anno 2023, tranne per la stazione di Corinaldo dove i dati sono presenti solo fino all'anno 2014.

Per la caratterizzazione del clima della zona per il periodo 2002-2023 sono stati utilizzati i dati di temperatura minima, massima e media di ogni mese nel periodo riportato. Il dato di temperatura media mensile è stato utile anche per calcolare l'indice Gradi Giorni (GG), anche chiamato indice Amerine-Winkler (IAW). Questo indice bioclimatico dei gradi giorno è basato esclusivamente su dati termici ed è stato utilizzato per la prima volta da Amerine e Winkler (1944) in uno studio dell'adattabilità di numerosi vitigni alle condizioni colturali di diverse aree della California (Palliotti et al., 2018). I GG, anche noti come sommatorie termiche attive, vengono calcolati sull'arco di 7 mesi sommando le temperature attive giornaliere, ottenute sottraendo alla temperatura media dell'aria un valore soglia al di sotto della quale i fenomeni di crescita dei germogli sono minimi o nulli (T base). La temperatura base è di + 10 °C e la disponibilità termica è calcolata per il periodo compreso tra 1 aprile e 31 ottobre di ciascun anno (Palliotti et al., 2018).

La formula è la seguente: $GG = \sum_{01/04}^{31/10} (T_{med} - 10 \text{ } ^\circ\text{C})$ Se $T_{med} < 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ si considera valore 0

È possibile calcolare i GG anche a partire dai dati di temperatura media mensile, sottraendo 10 °C e poi moltiplicando per il numero dei giorni di ogni mese (Palliotti et al., 2018).

Nel corso della caratterizzazione bioclimatica condotta da Amerine e Winkler furono individuate 5 classi bioclimatiche, la più fredda (Regione 1, $GG \leq 1389 \text{ } ^\circ\text{C}$) alla più calda (Regione 5, $> 2222 \text{ } ^\circ\text{C}$) (Palliotti et al., 2018).

Regione	GG (° C)	Territorio
1	≤ 1 389	Geisenheim (D), Reims (F), Ginevra (CH), Digione (F), Vienna (A), Tasmania (Au), Yarra Valley (Au), Sonoma Valley (Ca, USA), Bordeaux (F)
2	1 390 - 1667	Napa Valley (Ca, USA), Barossa Valley (Au), Budapest (H), Asti (I), Fabriano (I)
3	1 668 – 1 944	Montpellier (F), Jesi (I), Calistoga e St. Helena in Napa Valley (Ca, USA), Clare Valley (Au), Modena e Reggio Emilia (I)
4	1 945 – 2 222	Venezia (I), Mendoza (RA), Conero (I)
5	> 2 222	Palermo (I), Fresno (Ca, USA), Hunter Valley (Au)

Tabella 1 – Regioni bioclimatiche in funzione dell'indice GG (Palliotti et al., 2018)

Per poter analizzare i dati qua sopra descritti, verrà utilizzato: il metodo statistico di regressione lineare e il coefficiente di correlazione, utili per poter interpretare l'andamento climatico della zona, il trend della data di raccolta e le varie relazioni tra clima e dati raccolti.

3.1 - Caratterizzazione del clima nell'areale della D.O.C.

L'elenco e la posizione delle sei stazioni meteorologiche sono riportati nella tabella 2, così da poter visualizzare la disposizione delle stazione all'interno della zona di produzione della D.O.C. Verdicchio dei Castelli di Jesi.

Stazione (COD)	Altitudine (m)	Latitudine (N)	Longitudine (E)
Corinaldo (ST 50)	160	43° 40' 27.732"	13° 3' 33.530"
Barbara (ST 58)	196	43° 35' 32.269"	13° 0' 54.968"
Moro d'Alba (ST 17)	116	43° 35' 26.556"	13° 13' 43.997"
Jesi (ST 45)	96	43° 32' 1.277"	13° 16' 38.269"
Castelplanio (ST 47)	330	43° 30' 13.637"	13° 5' 22.718"
Serra de Conti (ST 90)	87	43° 33' 33.466"	13° 4' 16.392''

Tabella 2 – Elenco e posizione delle 6 stazioni meteorologiche

I dati climatologi della zona presa in esame rappresentati dalle sei stazioni (Tabella 3) riportano una temperatura media pari a 15,0 °C durante il periodo 2002-2023. Durante questo periodo si riscontra un aumento della temperature media di 1,63 °C.

Analogamente, la sommatoria termica attiva (IAW) media nel periodo 2002-2023 è pari a 2143 unità ed ha mostrato una tendenza crescente pari a 285,8 unità con un valore medio massimo registrato nell'anno 2022 pari a 2413 unità. Se si vanno ad analizzare singolarmente le stazioni meteorologiche, si nota come la stazione di Barbara è quella che ha registrato una

maggior variazione della sommatoria termica attiva nel periodo 2002-2023 pari a 358,7 unit , contrariamente alla stazione di Serra dei Conti, che   quella con la minor variazione positiva pari a 199 unit . Per quanto riguarda il valore annuo massimo registrato, si riscontra sempre nell'anno 2022 nella stazione di Moro d'Alba (2571 unit ).

Per quanto riguarda le precipitazioni, in 22 anni, le precipitazioni medie annue sono di 842 mm, in linea con in periodo che va dal 1950-2000 con una media di precipitazioni di 850-900 mm a secondo della zona considerata (Studi clima e precipitazioni - Protezione Civile Marche). La stazione di Serra dei Conti   quella che ha registrato una media annua di precipitazioni pi  elevata nel periodo 2002-2023, pari a 930 mm.

Come riporta anche Palliotti et al. (2018) le precipitazioni nel corso degli ultimi 50 anni hanno mostrato una tendenza alla diminuzione in Italia, ma la riduzione   stata scarsa e non sempre significativa.

	T� Media	IAW	TOT. Precipitazioni (mm /anno)
2002	14,5	1901	923,1
2003	14,8	2201	591,0
2004	14,1	2001	858,1
2005	13,4	1861	1016,5
2006	14,3	2001	809,6
2007	15,1	2113	660,1
2008	15,0	2151	856,7
2009	15,3	2234	661,2
2010	14,0	2003	1036,6
2011	15,2	2203	562,4
2012	15,2	2303	917,1
2013	14,5	2112	1031,0
2014	15,4	1984	1149,9
2015	15,2	2175	920,3
2016	14,9	1998	893,3
2017	15,4	2291	836,0
2018	15,2	2292	866,9
2019	15,6	2190	802,9
2020	15,4	2124	723,3
2021	15,4	2212	751,8
2022	16,0	2413	760,7
2023	16,3	2347	908,8

Tabella 3 – Valori medi annui delle 6 stazioni meteorologiche: temperatura media (T  Media), Indice Amerine & Winkler (IAW) e totale precipitazioni (mm/anno).

3.2 - Studio dell'andamento fenologico sulla varietà verdicchio

I monitoraggi fenologici recuperati dalla banca dati A.M.A.P riferiti agli anni 2010 – 2023, delle cinque aree prese in esame (Corinaldo, Moro d'Alba, Monsano, Montecarotto e Castelplanio) sono stati utilizzati per ricreare l'andamento fenologico di sei punti BBCH presi in esame. Nel grafico qua sotto (Grafico 1) sono riportati sei stadi BBCH, calcolati attraverso la media aritmetica delle date presenti nei monitoraggi. Le caratteristiche fenologiche per il periodo 2010 – 2023 hanno rilevato una data di rottura delle gemme (BBCH 8) media complessiva del 4 aprile, non mostrando nessuna tendenza rilevante, ma si nota una discreta variazione annuale. Per quanto riguarda i punti BBCH 53 e BBCH 57, si nota una diminuzione della tendenza del periodo di sviluppo delle infiorescenze, dove nel 2010 è pari a 27 giorni, rispetto ai 16 giorni del 2023; la linea di tendenza mostra come il punto BBCH 53 posticipi l'inizio dello sviluppo delle infiorescenze di 4 giorni, viceversa il punto BBCH 57 si anticipi di 7 giorni nel periodo esaminato.

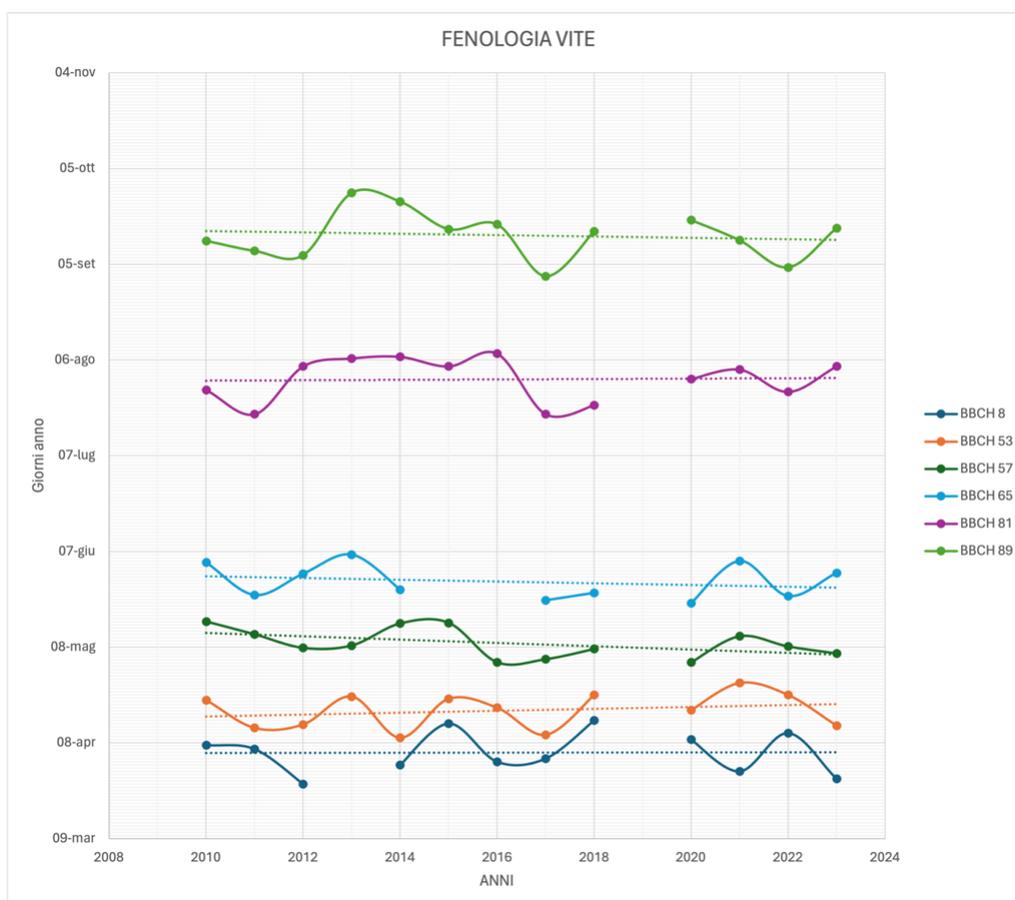


Grafico 1 – Andamento fenologico del periodo 2010 – 2023. BBCH 8: Rottura delle gemme; BBCH 53: Le infiorescenze sono chiaramente visibili; BBCH 57: Le infiorescenze sono pienamente sviluppate; BBCH 65: Piena fioritura; BBCH 81: Inizio invaiatura; BBCH 89: Grappoli maturi per la raccolta.

Per quanto riguarda il punto BBCH 65, che descrive il periodo di piena fioritura, seppur mancando dei dati negli anni 2015, 2016 e 2019 (dati non presenti nei monitoraggio delle aree prese in esame), grazie alla linea di tendenza si osserva un anticipo della fioritura di 4 giorni e una data media di fioritura del 28 maggio. L'inizio dell'invasatura (BBCH 81) non risulta avere nessuna tendenza nel periodo preso in esame, con una data media di inizio invasatura del 30 luglio. Per quanto riguarda le date di maturazione (BBCH 89) si ha una tendenza di anticipo di 3 giorni nel periodo 2010-2023, con una data media di maturazione del 14 settembre.

In uno studio effettuato nella regione Veneto su 18 cultivar si sono notate delle relazioni tra il clima e la fenologia delle varie cultivar. Partendo dal germogliamento, si è notato una buona correlazione con la media delle temperature da febbraio a marzo, mentre la fioritura è stata maggiormente correlata alle media delle temperature massime da aprile a giugno. Infine, la media delle temperature massime nel periodo che va da giugno ad agosto ha influenzato significativamente il periodo di invasatura (Tomasi et al. 2011).

Confrontando questa ricerca con i dati rilevati per questo studio, non sono emerse correlazioni rilevanti con la media delle temperatura massime nei vari periodi, si è riscontrata solo una correlazione con la temperatura media aprile – giugno e la fase fenologica della fioritura (BBCH 65) ($R^2 = 0,4241$), riportando una tendenza di anticipo di 4,5 giorni per 1 °C di variazione (Grafico 2).

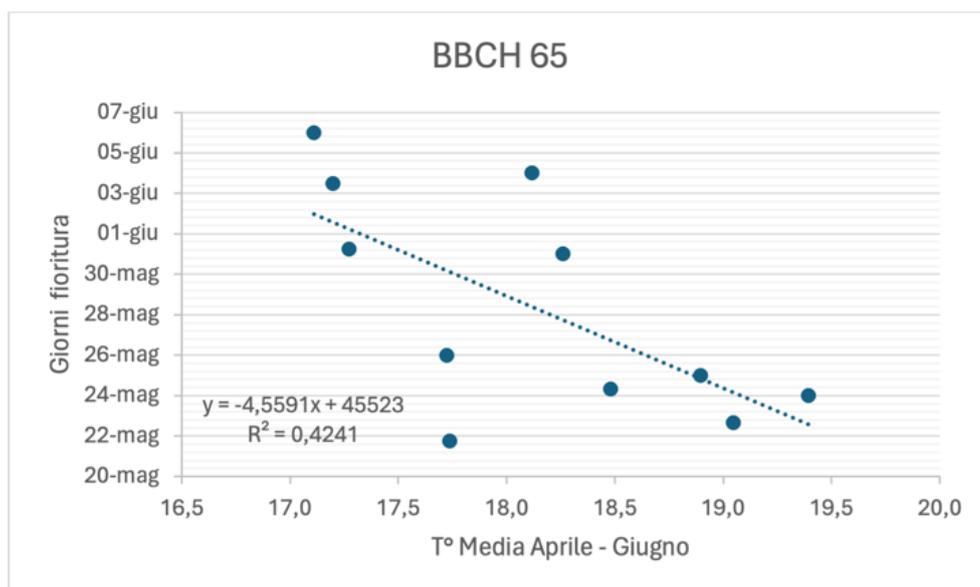


Grafico 2 – Correlazione temperatura media aprile – giugno e la media delle date di fioritura del periodo 2010 – 2023 (BBCH 65)

Le correlazioni temporali tra le varie fasi fenologiche hanno mostrato che la rottura delle gemme (BBCH 8) non è significativamente correlata con gli stadi di crescita successivi; d'altra parte, le date di piena fioritura (BBCH 65) sono correlate con le date di inizio invaiatura ($r = 0,5785$), così come le date di invaiatura con le date di maturità delle uve (BBCH 89) ($r = 0,6701$).

Andando ad analizzare le date medie di vendemmia delle 5 aziende prese in esame nel periodo 2003 – 2023 (grafico 3), seppur si nota una grande variabilità annuale nelle date medie di vendemmia, grazie alla linea di tendenza si osserva un anticipo di 9 giorni; se si prende in esame il periodo 2010 – 2023 si ha un anticipo di 6 giorni, tre giorni in più rispetto alla media di maturazione calcolata dai dati A.M.A.P. (BBCH 89).

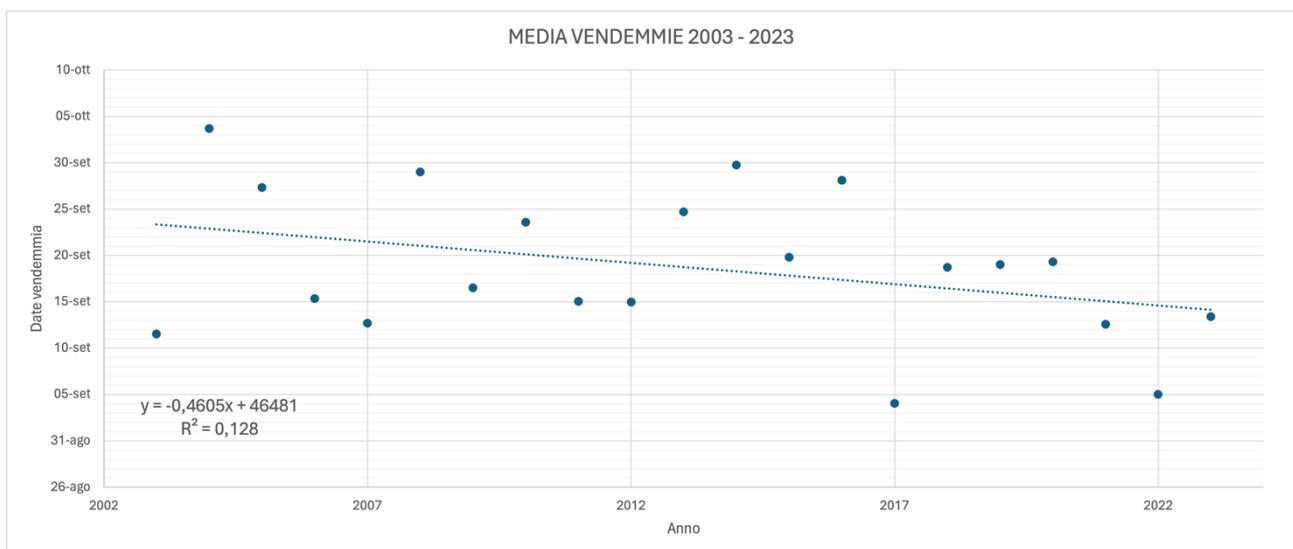


Grafico 3 – Andamento media vendemmie 2003 – 2023 (Tenuta Priori e Galdelli, Azienda Vitivinicola Venturi, Cantina Conti di Buscareto, Cantina Mencaroni e dall’Azienda Agricola Tarsi Roberto).

Analizzando le date medie di vendemmia si osservano delle buone correlazioni negative ($r = -0,7748$) con i gradi giorno calcolati nel periodo marzo – giugno (IAW) (grafico 4), dove con l’aumentare dei GG si ha un’anticipazione delle date medie di vendemmia, rispettivamente di 8 giorni ogni 100 unità IAW. Questi risultati vengono riscontrati anche in uno studi effettuato da Pallotti et al. (2022) nell’areale di produzione della D.O.C. Verdicchio di Matelica, dove viene presa in considerazione la serie temporale 1989 – 2016 nella quale si riscontra un’anticipazione di 7 giorni per un incremento di 100 unità IAW.

Similmente, Di Lena et al. (2019) in Abruzzo sul vitigno Montepulciano hanno riscontrato, con l'aumentare dei gradi giorno sempre nello stesso periodo (marzo – giugno) una anticipazione dell'inizio delle vendemmie. Quindi, un importante accumulo termico tra marzo e giugno può essere considerato un segno di un probabile raccolto precoce (Palliotti et al. 2022).

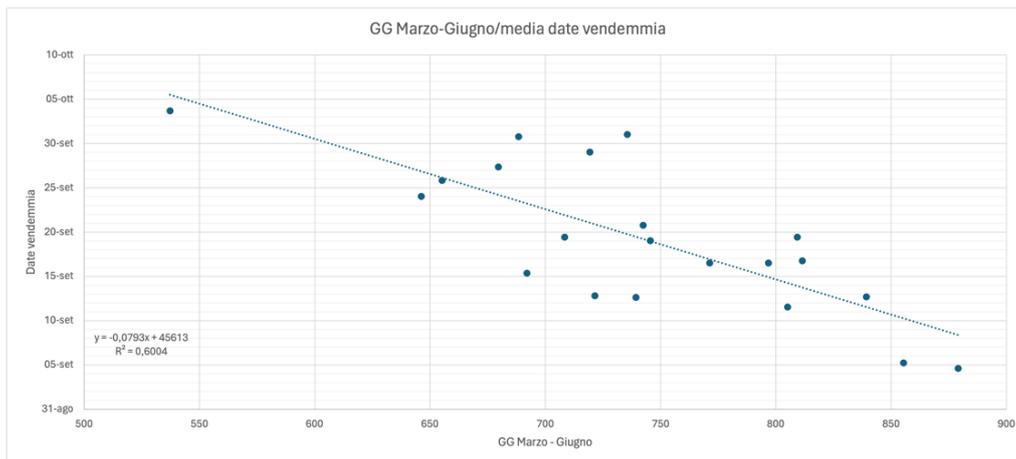


Grafico 4 – Correlazione Gradi Giorno (IAW) da marzo a giugno e media delle vendemmie

Inoltre, hanno riscontrato una correlazione negativa tra le date di raccolta e le temperature medie del periodo maggio-settembre. Come si evince nel grafico 5, questo fenomeno si registra anche in questo studio, con una correlazione negativa pari a $r = -0,8236$; all'aumentare della temperatura media nel periodo maggio – settembre si ha un anticipo della data media di vendemmia, più precisamente, con l'aumento di $+1\text{ }^\circ\text{C}$ si riscontra un anticipo di 7 giorni sulla data media di vendemmia.

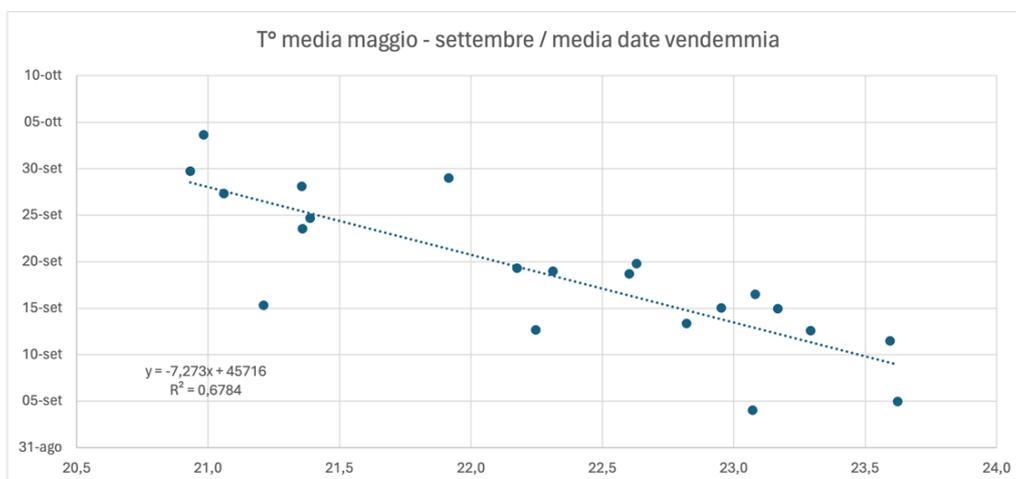


Grafico 5 – Correlazione T° media maggio – settembre / media date vendemmia

3.3 - Analisi delle curve di maturazione

In questo capitolo saranno analizzate le curve di maturazione di un vigneto situato a Moro d'alba (dati A.M.A.P.). I dati raccolti sono suddivisi in due gruppi: gradazione zuccherina espressa in gradi Babo (Tabella 4) e acidità totale espressa in grammi/litro in acido Tartarico (Tabella 5). Per quanto riguarda la gradazione zuccherina, il periodo preso in esame va dal 2002 al 2020, invece, il periodo preso in esame per l'acidità totale va dall'anno 2002 al 2015 a causa della mancanza di dati dal 2016 al 2020.

Per poter studiare meglio l'andamento della maturazione e avere un modello più rappresentativo, ogni periodo di maturazione è stato suddiviso in cinque settimane:

- 1° settimana: 25/08 – 31/08
- 2° settimana: 01/09 – 07/09
- 3° settimana: 08/09 – 14/09
- 4° settimana: 15/09 – 21/09
- 5° settimana: 22/09 – 28/09

	settimana 1	settimana 2	settimana 3	settimana 4	settimana 5
2002		14,28	14,88	17,68	
2003	16,2		17,9		
2004	14,9	14	17,5	16,9	20
2005		16,8	16,8	19,4	18,6
2006		18,59	19,4	19,1	20,1
2007	16,86	18,4			
2008		14,71	16,75	17,68	18,79
2009	18,24	18	16,8	21,1	19,4
2010	15,1	15,6	16,58	19,9	18,5
2011	20,7	21			
2012		17,9	19		
2013		15,7	17,9	18,7	20,3
2014	15	17,4	18,7	18,2	19,6
2015		20,1	20,7		
2016		17,7	19,2		
2017					
2018		19,4	20,4	21,6	
2019		18,2	19,4		
2020		16,7	17,9		

Tabella 4 – Dati gradazione zuccherina espressa in gradi Babo, località Moro d'Alba, periodo 2002-2020 (A.M.A.P.)

Per poter descrivere l'evoluzione della gradazione zuccherina nel periodo 2002 – 2020, i dati sono stati esaminati suddividendoli per settimane (grafico 6). La prima settimana (25/08 – 31/08) e la quinta settimana (22/09 – 28/09) non sono stati presi in esame perché poco rappresentativi, visto la minor quantità di dati presenti.

Per tutte e tre le settimane si nota una tendenza media di aumento della gradazione zuccherina pari a + 0,17 °Babo per anno nel periodo descritto. Parlando del periodo 2002 – 2020 la linea di tendenza mostra un aumento di +2,98 °Babo per la 2° settimana (01/09 – 07/09), +3,03 °Babo per la 3° settimana (08/09 – 14/09) e +3,09 °Babo per la 4° settimana (15/09 – 21/09).

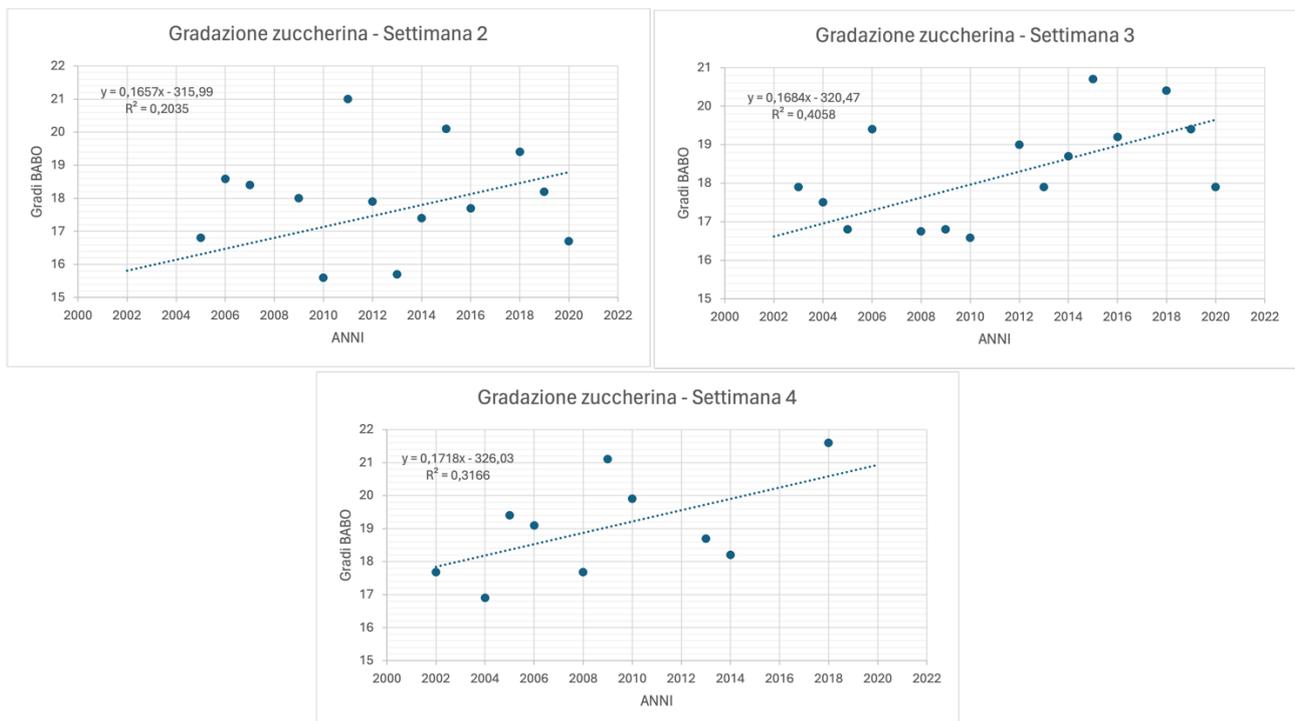


Grafico 6 – Andamento della gradazione zuccherina settimana 2 – settimana 3 – settimana 4
Località Moro d'Alba, periodo 2002 – 2020

Prendendo sempre come riferimento le tre settimane qua sopra riportate, si è messo in relazione la gradazione zuccherina con la sommatoria gradi giorno (IAW) del periodo che va da giugno ad agosto. Anche qua come nello studio effettuato da Pallotti et al. (2022), l'accumulazione degli zuccheri nella bacca è influenzata dall'aumento di calore in questo periodo, più precisamente, nello studio effettuato nella zona di Matelica si è visto come un incremento di 100 unità IAW siano associate ad un aumento della gradazione zuccherina di +0,66 °Babo. Similmente, come si può notare dai grafici qua sotto riportati (Grafico 7), si nota un aumento +0,78 °Babo ogni 100 unità IAW, rispetto alle +0,52 e +0,65 °Babo per la terza e quarta settimana.

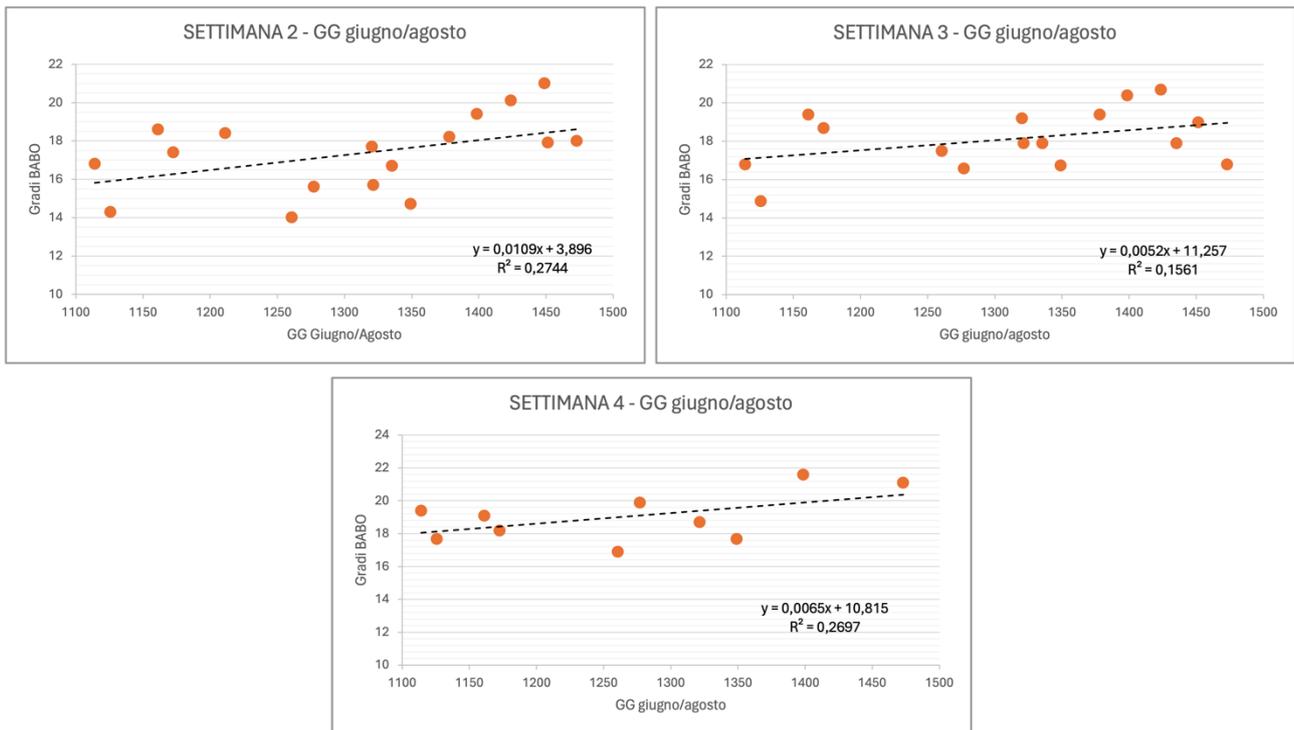


Grafico 7 – Correlazione Gradi Giorno (GG) giugno/agosto e gradazione zuccherina (°Babo)
Località Moro d’Alba periodo 2002-2020

Anche per quanto riguarda l’andamento dell’acidità totale (g/l in acido tartarico), il range di tempo della maturazione è stato suddiviso in cinque settimane, che corrispondono alle settimane prese in esame per lo sviluppo della gradazione zuccherina. Le settimane che si andranno ad analizzare sono la seconda e la terza settimana, quelle che risultano essere più rappresentative del periodo riportato.

	settimana 1	settimana 2	settimana 3	settimana 4	settimana 5
2002		8,48	8,55	7,5	
2003	6,75		6,53		
2004	10,4	10,2	9,23	8,8	10,05
2005		8,65	9,95	6,79	7,11
2006		10,4	8,3	7,8	6,85
2007	6,87	5,7			
2008		8,1	8	5,5	6,4
2009	6,77	6,53	4,58	4,67	4,35
2010	3,1	9,07	8,1	8,21	7,27
2011	9,7	6,6			
2012	7,69	6,36	6,73		
2013		9,35	8,04	6,17	
2014	12,45	8,7	7,35	7,5	6,6
2015		6,9	6,15		

Tabella 5 – Dati acidità totale espressa in grammi/litro, località Moro d’Alba, periodo 2002-2015
(A.M.A.P)

Nelle due settimane prese in analisi (Grafico 8), la linea di tendenza descrive un andamento decrescente nel periodo 2002 – 2015 in entrambe le settimane. Nella seconda settimana si ha una perdita di acidità totale pari a 1,60 g/l in acido tartarico (0,12 g/l per anno), mentre nella terza settimana si ha una perdita di 1,81 g/l in acido tartarico (0,14 g/l per anno).

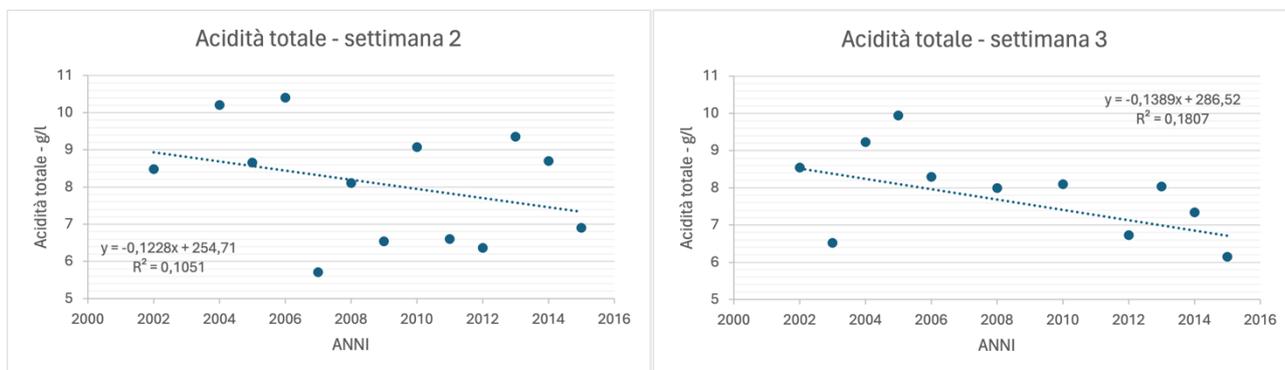


Grafico 8 – Andamento dell'acidità totale (g/l) settimana 2 – settimana 3

Località Moro d'Alba, periodo 2002 – 2015

Come per la gradazione zuccherina, anche per l'andamento dell'acidità totale si è visto come le alte temperature influenzano negativamente la composizione acidica delle bacche (Costa et al. 2020). Come riporta Costa et al. (2020) le correlazioni tra alte temperature e l'acidità totale aumenta costantemente con il progredire della stagione, raggiungendo il picco ad agosto. Come si nota nel grafico 9 qua sotto riportato, anche in questo caso si hanno delle buone correlazione per entrambe le settimane prese in esame (2° settimana - 3° settimana), tra la temperatura media da giugno ad agosto e l'acidità totale.

La linea di tendenza mostra come all'aumentare di 1°C della T° media giugno/agosto si ha una diminuzione di - 0,82 g/l in acido tartarico per la seconda settimana e - 0,64 g/l in acido tartarico per la terza settimana.

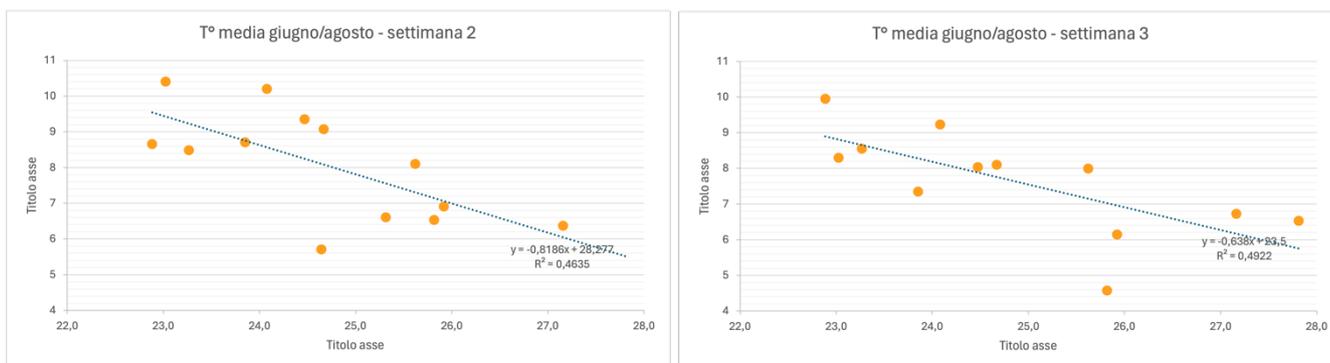


Grafico 9 – Correlazione T° media giugno/agosto e l'acidità totale (g/l)

Località Moro d'alba, periodo 2002 – 2015

CAPITOLO 4 – Gestione del sistema vitivinicolo e possibili soluzioni

Come descritto nei capitoli precedenti, il cambiamento climatico ha un impatto significativo sul settore vitivinicolo, influenzando la fenologia delle viti e la composizione dei mosti.

La storia del Verdicchio e la relazione tra la vite e le condizioni climatiche sono state analizzate per comprendere meglio queste dinamiche; lo studio dell'andamento di maturazione delle uve Verdicchio ha evidenziato come le variazioni climatiche influenzino le varie fasi fenologiche e di conseguenza le tempistiche di raccolta. La maturazione dell'uva è generalmente accelerata in base all'incremento dell'accumulo di zucchero negli acini e un più rapido esaurimento degli acidi organici nel mosto, con un conseguente impatto sulle successive tecniche di vinificazione. Di fronte a queste sfide, è ormai consolidato che numerose ricerche e pratiche innovative sono state sviluppate e continuano ad essere sviluppate per gestire efficacemente questo complesso sistema in rapida evoluzione.

4.1 - Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici nei vigneti

Attualmente, si stanno cercando nuove strategie di gestione del "sistema vigneto", nel medio-lungo termine questi fattori influenzeranno probabilmente la distribuzione geografica della viticoltura offrendo anche nuove opportunità che possono derivare, ad esempio, dallo sfruttamento delle aree a quote più elevate o con esposizioni diverse. Se in passato era preferibile scegliere esposizioni esposte a sud ed elevazioni miti per soddisfare le esigenze termiche di una data varietà, oggi potrebbe essere più opportuno scegliere esposizioni che comportino una minore intercettazione della radiazione solare e/o impiantare vigneti ad altitudini leggermente più elevate. In altre parole, il mantenimento di una qualità eccellente in alcuni "terroir" può richiedere il riposizionamento dei vigneti (Palliotti et al. 2014).

Sempre per quanto riguarda il medio-lungo termine va riconsiderata anche la scelta dei portainnesti optando per quelli di vigoria medio-elevata e in grado di indurre un aumento della resa della vite ed un rallentamento della maturazione delle bacche come: 110 Richter, 140 Ruggeri, 779 e 1103 Paulsen. Inoltre, grande considerazione dovrà essere data ai nuovi portainnesti recentemente selezionati e caratterizzati da elevata tolleranza alla siccità, come il gruppo Börner e M4, tenendo conto delle interazioni marza/portainnesti. L'adozione di cloni più produttivi e di portainnesti più vigorosi dovrebbe ovviamente essere associata ad una

revisione degli spazi tra i filari e nel interfila, che potrebbero essere leggermente ampliati (Palliotti et al. 2014) rispetto a quelli attualmente consigliati.

Mentre nel breve termine sono necessarie nuove tecniche di gestione in grado di mitigare questi impatti negativi di anno in anno, generalmente circoscritte ad una stagione di crescita. La maggior parte di queste tecniche agisce sulla maturazione tecnologica delle uve poiché rimodulano in modo calibrato il processo fotosintetico, portando a posticipare l'epoca di vendemmia. In numerosi studi sono state affrontati gli effetti di diverse modalità e tempistiche della potatura (Palliotti et al., 2017; Silvestroni et al., 2018a), della defogliazione (Silvestroni et al., 2016, 2018b), variazioni del rapporto foglie/frutti, tecniche di irrigazione (Lanari et al., 2014), l'utilizzo di reti ombreggianti e l'applicazione di sostanze filmogene (Silvestroni et al., 2020) e di sostanze regolatrici della crescita.

In uno studio effettuato presso l'areale di produzione della DOC verdicchio dei castelli di Jesi più precisamente presso il comune di San Paolo di Jesi (AN) è stato sperimentato da E. Dottori (2023) un nuovo sistema di allevamento chiamato High Cane system (HC) e messo a confronto con un Guyot monolaterale (Dottori 2023).

Questa ricerca è stata effettuata su viti impiantate nel 2017 con talee certificate virus-free di cv Verdicchio (clone VLVR20) innestate su portainnesto 420A, con un orientamento nord-nord/est a sud-sud/ovest con un sesto d'impianto di 1,10 m sulla fila e di 3 m tra le file con una densità d'impianto di 3030 viti/ha. Il vigneto è condotto in agricoltura biologica certificata (Dottori 2023).

Le viti allevate a Guyot monolaterale sono state fissate a circa 90 cm dal suolo sul filo di banchina predisponendo uno o due speroni per il rinnovo dell'anno successivo, garantendo così una parete vegetativa sovrastante di circa un metro di altezza. Invece per quanto riguarda il sistema HC il filo di banchina è stato portato ad 110 cm dal suolo ottenendo così una parete fogliare più contenuta in altezza, il tutto mantenendo la stessa altezza dello sperone per il rinnovo, e quindi la stessa altezza dei tronchi. In questo modo il sistema di allevamento HC ha ridotto l'altezza della chioma e aumentato il numero di gemme per vite, posizionando la zona fruttifera più in alto con possibili ripercussioni sul suo microclima (Dottori 2023).

Il metodo di allevamento HC ha migliorato il carico colturale delle viti, ha ridotto l'area totale delle foglie e cambiato l'architettura del baldacchino; grazie a questi fattori c'è stato un ritardo della maturazione dell'uva e quindi i mosti hanno mostrato un minore contenuto zuccherino, un pH inferiore e una maggiore acidità totale (Dottori 2023).

Diversi fattori hanno influenzato la riduzione del TSS e del pH delle uve HC: la diminuzione del rapporto TLA-to-yield (superficie fogliare TOT/rendimento) e la diminuzione dell'esposizione dei grappoli alla radiazione solare diretta dovuta al maggiore spessore della chioma. Inoltre, gli effetti combinati di una parete fogliare più spessa e la riduzione del rapporto TLA-to-yield sono tecniche efficaci anche per una maggiore acidità totale (Dottori 2023). Come riferisce anche Friedel et al. (2015) una maggiore ombreggiatura nella zona fruttifera migliora l'acidità totale, il contenuto di acido malico e diminuisce il pH del mosto. È noto anche che, un rapporto tra superficie fogliare e resa intorno a 0,8 e 1,2 m²/kg è appropriato per la piena maturazione dell'uva (Kliewer e Dokoozlian, 2005). Pertanto, se riduciamo questo rapporto, ritarderemo la maturazione tecnologica e i mosti avranno un contenuto solido solubile più basso (Stoll et al., 2010).

Però va considerato anche che lo YAN (Yeast Assimilable Nitrogen) nel metodo di allevamento HC è risultato essere più basso in tutte le stagioni rispetto al metodo GY. Probabilmente a causa dell'elevato carico colturale (Reeve et al. 2016).

In uno studio condotto nell'arco di tre stagioni in un vigneto biologico, Horak et al. (2021) hanno esaminato tre varietà (Riesling Renano, Pinot Grigio, Sauvignon Blanc) rimuovendo tre diverse quantità di foglie dalla chioma (0%, 40% e 70%). Hanno riscontrato una correlazione positiva tra la superficie fogliare e i solidi solubili totali (TSS), osservando che la dimensione della superficie fogliare influenzava l'accumulo di zuccheri nell'uva, mentre il contenuto e il rapporto di acidi non è stato influenzato in modo significativo. Per ciascuna delle tre varietà, la rimozione del 70% della superficie fogliare ha portato all'accumulo di minori quantità di zucchero nelle uve. Questo studio mostra anche la complessità del rapporto tra foglie, produzione di zuccheri e acidità delle uve, sottolineando come qualsiasi manipolazione relativa alla superficie fogliare potrebbe essere soggetta ad altre considerazioni non tenendo conto solo delle circostanze specifiche del sito di prova e delle relative condizioni climatiche, ma anche alle caratteristiche varietali intrinseche (Horak et al., 2021).

Oltre alle pratiche qua sopra elencate, è opportuno tenere in considerazione anche l'utilizzo di cover crops seminate nell'interfilare, le quali in primis forniscono servizi ecosistemici indispensabili in un'ottica di sostenibilità come questo, un concetto che non possiamo ignorare. Le cover crops o colture di servizio proteggono il suolo dall'erosione idrica, migliorano la stabilità degli aggregati del suolo, prevengono la formazione di croste e l'impermeabilizzazione del suolo, mantengono una struttura e una porosità favorevoli, migliorano l'infiltrazione dell'acqua e il riempimento delle riserve durante la stagione delle piogge. Infine, l'umidità e la capacità di ritenzione idrica del suolo aumentano grazie ad una migliore struttura e ad un potenziale aumento della materia organica del suolo (Garcia et al., 2018). Ritornando però nell'ottica della mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici, le cover crops sembrano aumentare il contenuto di YAN nei mosti, regolare il vigore delle viti e di conseguenza avere degli impatti positivi su TSS, acidità totale e pH.

In un'altra ricerca condotta da E. Dottori (2023) sono stati studiati tre tipi di cover crops:

- T1: miscela pluriennale graminacee-leguminosa → Loietto perenne (*Lolium perenne*), Festuca rossa (*Festuca rubra*) (Graminacee), trifoglio bianco (*Trifolium repens*) e ginestrino (*Lotus corniculatus*) (Leguminose),
- T2: trifoglio annuale (*Trifolium Alexandrinum*)
- T3: copertura naturale

La prova è stata effettuata in due stagioni consecutive, 2021 e 2022, in un vigneto impiantato nel 2012 con talee certificate virus-free di Cv verdicchio (clone VLVR20) innestate su portinnesto 1103 Paulsen, orientato Nord-Nord/Est a Sud-Sud/Ovest con un sesto d'impianto di 1,10 m sulla fila e 3 m tra le file (densità 3030 viti/ha). Il sistema di allevamento è lo stesso che è stato descritto nella parte precedente, tramite un Guyot monolaterale.

Come previsto, le colture di copertura contenenti leguminose hanno migliorato il vigore della vite e la resa: 6,84 - 6,41 - 4,09 kg/vite nel 2021, 5,15 - 5,80 - 2,73 kg/vite nel 2022 rispettivamente per T1, T2 e T3.

Anche i parametri qualitativi delle bacche sono stati influenzati al momento della raccolta, il *Trifolium Alexandrinum* (T2) e la miscela graminacee-leguminosa (T1) hanno mostrato un contenuto di solidi solubili totali inferiori rispetto alle tesi T1: -3.85 e -3.36 Brix, rispettivamente per T1 e T2 nel 2021 e -4.14 e -5.09 Brix rispettivamente per T1 e T2 nel

2022, e una significativa riduzione del pH, con valori rispettivamente di 3.01, 3.05, 3.13 nel 2021 e 2.97, 2.97, 3.08 nel 2022 per T1, T2 e T3. Questi valori sono stati associati ad un aumento dell'acidità totale, pari a + 0,58 g/l e + 0,52 g/l nel 2021 per T1 e T2 rispetto a T3 e + 0,36 g/l e + 0,60 g/l nel 2022 per T1 e T2 rispetto a T3. Inoltre, il contenuto YAN nel mosto è stato migliorato in T1 e T2 rispetto a T3 in entrambi gli anni di prove.

L'uso di colture di copertura contenenti leguminose potrebbe essere considerato una possibile strategia per rallentare il processo di maturazione dell'uva, nonché una strategia per migliorare il contenuto di YAN e fornire servizi ecosistemici in vigna (Dottori 2023).

4.2 - Gestione degli zuccheri e dei gradi alcol tramite tecniche di vinificazione

Nei capitoli precedenti, abbiamo esaminato l'impatto del cambiamento climatico sul ciclo di maturazione delle uve e le strategie di adattamento a livello agronomico per mitigare tali effetti. Tuttavia, le sfide non si esauriscono al momento della raccolta, come si è visto il cambiamento climatico influenza anche le caratteristiche qualitative delle uve: incremento del contenuto di zucchero, minor quantità di acidi organici e modificazione della qualità dei composti aromatici e fenolici. Di conseguenza si richiede un adeguamento delle tecniche di vinificazione per mantenere l'eccellenza del prodotto finale.

In questo capitolo si andranno ad approfondire delle nuove pratiche enologiche utili per poter gestire l'incremento del contenuto zuccherino e la minor quantità di acidi organici nei mosti.

Come abbiamo visto, nell'ultimo periodo si sta osservando un incremento del contenuto zuccherino, questo vuol dire ottenere un vino con un maggior grado alcolico, il quale porterebbe a diversi aspetti negativi: stress chimico per i lieviti causando rallentamenti o blocchi fermentative e squilibrio della qualità sensoriale, poiché un alto contenuto di etanolo altera la percezione della complessità aromatica (Goldner et al., 2009). Un altro aspetto da tenere in considerazione è l'aumento di consumatori che richiedono dei vini con un più basso contenuto alcolico (Gobbi et al., 2014).

Numerose linee di ricerca sono quindi finalizzate a una riduzione del contenuto di etanolo nei vini, andandosi quindi a concentrare sulle pratiche di vinificazione e come abbiamo visto, sulla gestione dei vigneti.

Le pratiche di cantina in grado di poter gestire l'elevato contenuto zuccherino dei mosti e di conseguenza le elevate gradazioni alcoliche si possono suddividere in due tipologie: strategie tecnologiche e strategie microbiologiche. Nelle prime si fa riferimento all'utilizzo di strumenti di separazione con sistemi a membrane filtranti, distillazione (sottovuoto o pressione atmosferica) ed evaporazione parziale sottovuoto. Le tecniche più adoperate per la separazione dell'alcol dal vino avvengono grazie all'utilizzo di membrane semipermeabili (Aguera et al., 2010) e tra queste la più applicata è l'osmosi inversa (RO).

Quest'ultima viene preferita perché lavora a basse temperature e non influisce in maniera particolarmente negativa sulle qualità sensoriali. Durante questa operazione, l'acqua viene rimossa insieme all'alcol e quindi andrebbe reintegrata nel sistema; essendo questa pratica illegale, la tecnica RO deve essere combinata con la distillazione a vapore per separare dal permeato l'acqua dall'etanolo (Bes et al., 2010). Ogni metodo elencato finora, però, causa perdite di aroma e di componenti all'interno del vino in proporzione alla quantità di alcol rimossa (Aguera et al., 2010).

Un'alternativa, perciò, alle modalità di intervento appena citate è quella di avvalersi di strategie microbiologiche. Si fa riferimento all'utilizzo di diversi ceppi di lievito selezionati capaci di ridurre la quantità di etanolo prodotto grazie alla loro proprietà di convertire gli zuccheri in minor quantità di alcol reindirizzando il metabolismo verso la produzione di altri composti. Tra le varie ricerche, sono state proposte diverse strategie che utilizzano lieviti geneticamente modificati per la produzione di vini a basso contenuto alcolico. Tuttavia, l'uso di questi lieviti nel settore vitivinicolo sono oggetto di dibattito, e pertanto per evitarne l'uso, più recentemente sono state studiate strategie basate sull'evoluzione dei ceppi già esistenti (Gobbi et al., 2014). Grazie all'ingegneria evolutiva si è sfruttato la capacità dei microrganismi di adattarsi a nuove condizioni, in questo caso stress iperosmotici per diverse generazioni (Tilloy et al., 2015).

Un altro approccio per ridurre il contenuto di etanolo, si basa sull'impiego di lieviti non-convenzionali di tipo non-Saccharomyces, isolati e selezionati dalla microflora normalmente presente sulle uve, durante la fermentazione. Questi lieviti usati in combinazione con il *S. cerevisiae*, in fermentazioni multi-starter controllate sono stati proposti anche per migliorare il profilo complessivo del vino. Ad oggi, uno dei più recenti progressi biotecnologici in vinificazione è la pratica del coinoculo con colture selezionate di lieviti non-Saccharomyces accoppiati con un ceppo starter *S. cerevisiae* (Ciani et al. 2017).

Ciani et al. (2017) ha condotto una ricerca sulle tecniche di fermentazione mediante l'impiego di lieviti non-convenzionali condotte in duplicato a 25 °C in mosto sintetico contenente 220 g/L di zucchero e in mosto naturale della varietà Verdicchio contenente 202 g/L di zucchero in condizioni statiche (anaerobiosi). La limitazione dell'utilizzo di lieviti non-Saccharomyces sta nella differenza di velocità di fermentazione; il lievito starter per definizione ha un'alta velocità di fermentazione, mentre il lievito non-convenzionale generalmente possiede una velocità di fermentazione più bassa. Questo deficit, come viene spiegato nello studio, può essere superato utilizzando lieviti non-Saccharomyces in forma immobilizzata. Infatti, tra i vantaggi nell'uso di lieviti immobilizzati, c'è quella di avere una maggiore efficienza dovuta ad una concentrazione cellulare più elevata. Nello studio vengono utilizzati cellule immobilizzate di quattro ceppi di lievito non-convenzionali: *Hanseniaspora osmophila*, *Hanseniaspora uvarum*, *Starmerella bombicola*, *M. pulcherrima* con il ceppo starter di *S. cerevisiae* (EC 1118). Le prove di controllo sono state effettuate con cellule di *S. cerevisiae* libere. I lieviti non-convenzionali sono stati inoculati e dopo 48h e 72h le cellule immobilizzate sono state rimosse e il substrato è stato inoculato con cellule libere di *S. cerevisiae*, ed inoltre, sono state effettuate prove senza la rimozione dei lieviti immobilizzati.

Tutte le fermentazioni sequenziali effettuate da lieviti non-convenzionali immobilizzati hanno mostrato una significativa riduzione del contenuto di etanolo rispetto alle prove di controllo. In particolare, le fermentazioni sequenziali in mosto sintetico a 48h hanno mostrato un consumo di zuccheri che va dal 11% al 21% determinando una riduzione di etanolo finale da 0.8% v/v al 1.2% v/v. Un aumento del tempo di inoculo da 48h a 72h del *S. cerevisiae* ha determinato l'aumento del consumo di zuccheri ed una ulteriore riduzione del contenuto di etanolo con l'eccezione della fermentazione sequenziale con *H. uvarum* (Ciani et al. 2017).

Per quanto riguarda le prove di fermentazione in mosto naturale con la rimozione delle cellule immobilizzate nelle prime 72h, ha confermato sia il consumo di zucchero, che la riduzione di etanolo mostrato in mosto sintetico. In queste condizioni non sono state mostrate differenze significative tra le varie fermentazioni sequenziali. Inoltre, è interessante notare, che durante la prova in mosto naturale senza rimozione delle cellule immobilizzate, al momento del secondo inoculo di *S. cerevisiae* (72 h) è stata ottenuta una ulteriore riduzione del contenuto di etanolo. Questo andamento è stato più marcato in fermentazioni sequenziali con *M. pulcherrima* e *S. bombicola*. Tutte le prove hanno inoltre completato la fermentazione alcolica con meno di 2 g/l di zuccheri residui (Ciani et al. 2017).

Come atteso, tutte le fermentazioni sequenziali con le specie di lievito non-convenzionali, nelle diverse condizioni di fermentazione, evidenziano una maggiore o comparabile produzione di glicerolo rispetto al campione di controllo (Ciani et al. 2017).

Passando invece alla gestione dell'acidità del vino, sta diventando sempre di più una sfida, in primis nelle regioni vinicole calde che tradizionalmente mostrano una bassa acidità, ma il problema si sta verificando soprattutto in quelle regioni considerate un modello per l'acidità dei vini.

Ricordiamo che i principali acidi che determinano l'acidità totale del vino sono l'acido tartarico, malico, lattico e citrico. Dal punto di vista sensoriale, l'acido tartarico e citrico influenzano le sensazioni di freschezza, mentre l'acido malico è agro. Tuttavia, la loro influenza dipende dalla concentrazione. Diverse strategie vengono utilizzate per aumentare l'acidità, principalmente si interviene con aggiunte di acidi di origine chimica, come ad esempio acido tartarico, malico e citrico al fine di garantire freschezza e bevibilità al vino. Naturalmente queste aggiunte sono regolamentate dall'organizzazione internazionale della vigna e del vino (OIV) e dall'unione europea così da garantire un limite di utilizzo di questi prodotti. Le aggiunte possono essere effettuate sia su mosto che su vino, ma con diverse condizioni. Ogni acido ha diverse caratteristiche e diversi poteri acidificanti e viene scelto in base alle varie tecniche di vinificazione e al tipo di vino prodotto. Ci sono altre tecniche per ridurre l'acidità: l'acidificazione mediante resine a scambio cationico, l'elettrodialisi e l'utilizzo di microrganismi acidificanti.

La prima consiste in delle reazioni a scambio ionico che avvengono tramite l'impiego di resine insolubili, costituite da polimeri attivati con diversi gruppi funzionali capaci di cedere ioni H^+ e quindi produrre un'acidificazione. Esistono diverse resine con differente potenza scambiatrice espressa in meq di cationi scambiati/g. In enologia questo strumento viene utilizzato per le stabilizzazioni andando a rimuovere Ca^{++} e K^+ , evitare la casse ferrica Fe^+ e acidificare aggiungendo ioni H^+ . Ciò avviene mediante inserimento diretto delle resine nel vino, oppure messe in colonne e fatte attraversare dalla soluzione da trattare (Ribéreau-Gayon et al. 2018 Tome 2).

L'elettrodialisi, invece, è un metodo di separazione che si applica alle soluzioni ioniche. Sfrutta un campo elettrico che rappresenta la forza motrice per il trasporto degli ioni in soluzione e membrane permeabili agli ioni che assicurano la selettività del trasporto ionico e consentono di estrarre una parte della carica ionica delle soluzioni. Il principio si basa sulle proprietà che hanno le membrane selettive di trasferire esclusivamente cationi o anioni.

In questa tesi entreremo più nello dettaglio per quanto riguarda l'acidificazione biologica; una tecnica che utilizza lieviti in grado di trasformare parte degli zuccheri in acidi durante la fermentazione alcolica. Durante tale processo, ceppi specifici di *S. cerevisiae* possono produrre quantità moderate di acido malico inferiori a 1 g/L. I lieviti producono acido L-(-)-malico attraverso la via del fumarato catalizzata dalla fumarasi, o tramite acido ossalacetico catalizzato dalla malato deidrogenasi (Yéramian et al., 2007). Yéramian et al. (2007) riporta che 10 ceppi su 283 di *S. cerevisiae* possiedono la capacità di produrre acido malico durante la fermentazione alcolica (da 0,39 a 0,76 g/l), mentre la maggior parte di *S. cerevisiae* lo consuma (Yéramian et al., 2007).

I ceppi che provengono da regioni calde tendono a conservare o produrre acido malico, mentre quelli provenienti da regioni fredde hanno tendenza al consumo. Si nota anche che le condizioni di fermentazione influenzano la produzione di acido malico. Invece, per quanto riguarda la produzione di acido lattico, *S. cerevisiae* ne produce solo delle tracce a causa dell'inefficienza della lattato deidrogenasi (LDH) nei mitocondri; quindi, la produzione di acido lattico è molto bassa e non influisce in modo significativo sull'acidità totale (Vicente et al., 2022).

Negli ultimi anni, la vinificazione moderna, come abbiamo già visto per la riduzione del contenuto alcolico dei vini, si sta concentrando sull'utilizzo di nuove specie di lievito non *Saccharomyces* in grado di produrre una serie di prodotti secondari di fermentazione. Le applicazioni dei lieviti non *Saccharomyces* variano a seconda delle specie per risolvere sfide attuali, tra le quali il controllo dell'acidità.

I principali lieviti non *Saccharomyces* che troviamo in commercio sono: *Torulasporea delbrueckii*, *Schizosaccharomyces pombe*, *Metschnikowia pulcherrima* e *Pichia kluyveri*. Tuttavia, troviamo anche altri lieviti non *Saccharomyces* che mostrano proprietà interessanti come ad esempio: *Candida zemplinina*, *Kloeckera apiculata*, *Hanseniaspora vineae*, *Hanseniaspora uvarum*, *C. stellata*, *Kazachstania aerobia*, e *Schizosaccharomyces japonicus* (Benito 2018).

Tra i lieviti non *Saccharomyces*, *Lachancea thermotolerans* viene considerato il più popolare nelle aree viticole che soffrono di mancanza di acidità a causa della sua capacità di generare acido lattico durante la fermentazione alcolica attraverso il metabolismo degli zuccheri. La specie *L. thermotolerans* è viene considerata tra le migliori opzioni biologiche per acidificare il vino poiché la maggior parte degli articoli scientifici riporta acidificazioni e riduzioni di pH significative a causa della produzione di acido lattico. L'aspetto interessante sta nel fatto che la produzione di acido lattico avviene senza consumare in modo significativo acido malico o aumentare l'acidità totale (Vicente et al., 2022).

Benito (2018) in una sua ricerca sul impatto dei lieviti *L. thermotolerans* in vinificazione riporta che ci può essere una piccola degradazione di acido malico, con una percentuale che varia dal 8% a circa il 26% in alcuni casi, ma che in altre specie, come *S. cerevisiae*, si può arrivare ad un degrado di acido malico fino a circa il 40%, a seconda del ceppo studiato. Tuttavia, precisa che in tutti i casi dove si è utilizzato *L. thermotolerans* si è avuto un aumento di acidità totale e una diminuzione del pH finale (Benito 2018).

La capacità acidificante descritta nella letteratura scientifica per la specie *L. thermotolerans* varia da 1 a 9 g/L in acido lattico e da 1 a 6 g/L in acidità totale e una riduzione di pH che variano da 0,1 a 0,5 unità. Queste variazioni dipendono principalmente dal ceppo selezionato e non sempre alte produzioni di acido lattico sono positive; si è visto che in alcuni casi fermentazioni con *L. thermotolerans* portavano ad ottime acidità titolabili e pH ma con alti

livelli di zucchero residuo, rispetto al campione di controllo fermentato con *S. cerevisiae* (Benito 2018). *L. thermotolerans* ha un potere fermentativo moderato, ha una fermentazione molto lenta sotto a 20° C e non può fermentare in concentrazioni di etanolo superiori al 9% - 10% (v/v). Sebbene questo potere fermentativo sia superiore a quello della maggior parte degli altri non *Saccharomyces*, non è sufficiente per fermentare un normale vino secco, questa limitazione obbliga a combinarlo con un altro genere di lievito più fermentativo, come *Saccharomyces* per garantire la fermentazione totale degli zuccheri del mosto. Un'altra importante limitazione è la resistenza all'anidride solforosa, che raramente supera i 20 mg/L di anidride solforosa libera (Vicente et al., 2022).

Oltre a *L. thermotolerans*, esistono altri lieviti non convenzionali che presentano aspetti positivi su una particolare produzione di acido o sull'acidità totale, come ad esempio *Candida zemplinina*, *Candida stellata* o *Lactiplantibacillus plantarum*.

C. zemplinina è stata isolata per la prima volta su uve da vino Tokaj, alcuni ceppi hanno un'elevata tolleranza all'alcol, sono osmotolleranti e acidogene, il che rende *C. zemplinina* piuttosto adatta alla fermentazione del vino dolce. Si è visto che in condizioni anaerobiche è un importante produttore di acido piruvico a causa della sua preferenza per la via glicerolo-piruvica. Le fermentazioni combinate tra *C. zemplinina* e *S. cerevisiae* su quattro mosti di uva bianca hanno mostrato contrazioni finali di acidità totale più elevate rispetto al controllo (Vicente et al., 2022).

C. stellata è un lievito che appare regolarmente in quantità considerevoli nella maggior parte delle fermentazioni spontanee. Sebbene non abbia un grande potere fermentativo, a volte può rimanere attivo fino a fine fermentazione alcolica. È un lievito suscettibile a pH bassi, il che va in conflitto con l'obiettivo dell'acidificazione, ma si è visto che può produrre acido succinico fino a 1,83 g/L (a confronto con il controllo di *S. cerevisiae* con un massimo di 0,45 g/L). Nel caso di fermentazione sequenziale si è conclusa con una concentrazione finale di 1,10 g/L di acido succinico (Vicente et al., 2022).

Infine, *Lactiplantibacillus plantarum* conosciuto per la sua capacità di ridurre l'acidità dovuta ai processi di fermentazione malolattica, alcuni studi lo descrivono come un'opzione di acidificazione biologica. Si è visto che la produzione di acido lattico può avvenire sia dalla

degradazione dell'acido malico, sia dal metabolismo degli zuccheri (Vicente et al., 2022), che può essere ricollegato anche ad una possibile riduzione della concentrazione finale di etanolo.

4.3 - Aspetti socio-economici, prospettive future

Il vino rappresenta a livello agro-alimentare uno dei più importanti comparti di eccellenza del panorama italiano. Ad oggi, secondo i dati I.S.M.E.A, il settore vitivinicolo è caratterizzato da 241 mila imprese viticole, 33 mila aziende vinificatrici e 675 mila ha di superficie vitate. Questo indotto nel 2023 ha fatturato 13,8 miliardi di euro (10% del fatturato agro-alimentare) (I.S.M.E.A). La produzione dell'anno 2023 è stata di 42 milioni di ettolitri (vino no mosti), purtroppo un - 21 % rispetto al 2022 (poco meno di 50 milioni di hl) (www.Inumeridelvino) a causa di ingenti perdite di produzione soprattutto nel centro e sud Italia dovute principalmente da attacchi peronosporici causati dall'eccesso di piogge infestanti del mese di maggio, che hanno portato all'impossibilità di una difesa appropriata e, nelle regioni del nord, sono diventate vere e proprie alluvioni. La regione Marche nell'anno 2023 ha avuto una produzione pari a 578 mila ettolitri (vino no mosti), il - 59 % rispetto al anno precedente e il - 40 % rispetto alla media degli anni. A parte alcuni anni particolari, sia la produzione italiana che Marchigiana risulta essere costante (www.Inumeridelvino).

	Vino no mosti (hl/1000)							
(hl/1000)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	23/22	22/med
Abruzzo	3,112	3,088	3,087	3,087	3,129	1,787	-43%	-41%
Basilicata	86	86	86	86	86	86	0%	-11%
Calabria	337	305	294	270	270	268	-1%	-19%
Campania	1,376	1,391	1,412	1,451	1,476	819	-44%	-42%
EmiliaRomagna	7,340	5,766	6,611	5,907	6,139	6,215	1%	-3%
FriuliVeneziaGiulia	1,709	1,709	1,839	2,019	2,209	1,711	-23%	-1%
Lazio	1,289	1,443	1,481	1,489	1,429	982	-31%	-31%
Liguria	78	84	89	80	73	84	15%	14%
Lombardia	1,719	1,327	1,505	1,370	1,210	1,263	4%	-9%
Marche	878	878	878	878	1,398	578	-59%	-40%
Molise	467	451	488	512	513	527	3%	36%
Piemonte	2,658	2,525	2,571	2,507	2,413	1,949	-19%	-21%
Puglia	9,806	9,773	9,667	9,595	10,846	6,859	-37%	-19%
Sardegna	841	629	630	630	684	542	-21%	-21%
Sicilia	4,989	5,685	5,796	6,169	5,881	4,802	-18%	-11%
Toscana	2,597	2,627	2,601	2,185	2,439	1,799	-26%	-30%
TrentinoAltoAdige	1,355	1,153	1,133	1,126	1,325	1,226	-7%	3%
Umbria	630	629	644	582	597	360	-40%	-45%
Valledaosta	20	19	19	16	19	19	3%	28%
Veneto	12,866	10,293	11,038	10,927	11,870	10,624	-10%	4%
Italia	54,150	49,859	51,916	50,885	54,005	42,499	-21%	-13%
Nord	27,744	22,875	24,804	23,952	25,257	23,091	-9%	-2%
Centro	5,393	5,576	5,651	5,133	5,862	3,718	-37%	-34%
Mezzogiorno	21,013	21,407	21,460	21,800	22,886	15,690	-31%	-21%

fonte: inumeridelvino.it su dati ISTAT

Tabella 6 - La produzione di vino in Italia nel 2023 (www.inumeridelvino.it)

La produzione nazionale deriva dalla complessa combinazione tra condizioni geografiche, geo-pedologiche, climatiche, ecologiche e vasta varietà di cultivar legate alla più ampia biodiversità non solo mediterranea ma globale. Ad aggiungersi a queste complesse combinazioni troviamo molteplici tecniche di coltivazione e vinificazione frutto di una storia millenaria. Si associa poi la definizione di terroir, considerato come un ecosistema interattivo in un determinato territorio che include: il clima, il suolo, la vite e le varie interazioni umane che permettono di ottenere prodotti unici. (van Leeuwen e Seguin, 2006).

Quindi, come si può ben capire, i cambiamenti climatici possono andare ad influire in maniera preponderante su quello che è l'aspetto del terroir. Sommando la riduzione del ciclo vegetativo, le variazioni delle caratteristiche organolettiche, i mutamenti nei profili aromatici, l'aumento delle gradazione alcoliche dovute ad un maggior contenuto in zuccheri delle uve; si creano perdite di identità e produttività delle attuali aree di coltivazione (Teslic et al., 2017). I sistemi agricoli tradizionali e i piccoli produttori sono particolarmente vulnerabili al rischio dei cambiamenti climatici in quanto meno resilienti alle mutazioni così repentine (Salpina e Pagliacci, 2022). Secondo la rivista "I numeri del vino" basata su un censimento I.S.T.A.T del 2021, la media delle superfici vitate per azienda in Italia si attesta a 2,5 ha, se si considera la regione Marche scendiamo a 1,7 ha frutto di orografia e storia agricola. Se si entra più nello specifico considerando solo le superfici vitate D.O.C/I.G.T, la media italiana è di 4,1 ha mentre saliamo a 5 ha nella regione Marche (Tabella 7 - I numeri del vino). Molto interessante lo sforzo imprenditoriale nella regione Marche volta a valorizzare la qualità a partire dai primi anni '60, che rischia di essere vanificata dai cambiamenti climatici. Le D.O.C, sono da considerate ancor di più a rischio poiché, rispetto ai sistemi agroalimentari più convenzionali risentono di ulteriori vincoli. In primo luogo, non possono essere facilmente delocalizzati ed ogni modifica di qualsiasi pratica è codificata all'interno dei disciplinari di produzione estremamente rigidi (Salpina e Pagliacci, 2022).

Vite per la produzione di vino - aziende e superficie							fonte: Censimento ISTAT		
DATI 2021	Aziende			Superficie (ha)			Dim Media (ha/aziende)		
	DOP/IGT	Altri	Totale	DOP/IGT	Altri	Totale	DOP/IGT	Altri	Totale
Piemonte	8,810	4,311	13,121	39,334	3,254	42,588	4.5	0.8	3.2
Valle d'Aosta	409	232	641	362	57	419	0.9	0.2	0.7
Lombardia	4,196	1,605	5,801	23,055	1,395	24,450	5.5	0.9	4.2
Liguria	856	1,124	1,980	966	356	1,322	1.1	0.3	0.7
Trentino-Alto Adige	8,833	1,040	9,873	15,884	539	16,423	1.8	0.5	1.7
Veneto	18,743	7,695	26,438	89,986	10,340	100,326	4.8	1.3	3.8
Friuli-Venezia Giulia	2,832	1,798	4,630	23,597	2,123	25,720	8.3	1.2	5.6
Emilia-Romagna	8,622	7,417	16,039	36,504	17,521	54,025	4.2	2.4	3.4
Toscana	7,283	8,080	15,363	51,273	5,979	57,252	7.0	0.7	3.7
Umbria	1,440	5,349	6,789	6,407	2,693	9,100	4.4	0.5	1.3
Marche	2,177	6,240	8,417	10,851	3,060	13,911	5.0	0.5	1.7
Lazio	2,688	8,173	10,861	10,141	5,000	15,141	3.8	0.6	1.4
Abruzzo	7,079	7,011	14,090	21,644	7,342	28,986	3.1	1.0	2.1
Molise	264	3,383	3,647	934	2,705	3,639	3.5	0.8	1.0
Campania	6,004	15,117	21,121	11,506	9,659	21,165	1.9	0.6	1.0
Puglia	11,146	19,635	30,781	31,818	39,519	71,337	2.9	2.0	2.3
Basilicata	803	4,323	5,126	1,662	1,624	3,286	2.1	0.4	0.6
Calabria	1,313	7,237	8,550	3,234	3,313	6,547	2.5	0.5	0.8
Sicilia	15,273	11,246	26,519	64,756	12,754	77,510	4.2	1.1	2.9
Sardegna	2,985	7,927	10,912	9,035	7,388	16,423	3.0	0.9	1.5
ITALIA	111,756	128,943	240,699	452,949	136,621	589,570	4.1	1.1	2.4

Tabella 7 - La dimensione media delle aziende vinicole italiane (www.inumeridelvino.it)

Alla luce delle varie pratiche di adattamento che stanno via via emergendo è cruciale individuare le barriere che ostacolano il processo di sviluppo. Uno studio condotto da Salpina e Pagliacci (2022) nella regione Veneto sono state individuate cinque barriere che possono ostacolare questo processo di sviluppo: barriere comportamentali, barriere socio-economiche, barriere politiche e legate alla governance, barriere informative e barriere strutturali (Salpina e Pagliacci, 2022).

Tra le barriere comportamentali va considerata la correlazione tra la percezione del rischio di cambiamento climatico e l'attuazione di misure di adattamento. Alcuni percepiscono il rischio di cambiamento climatico per la loro produzione solo come un rischio a lungo termine (Salpina e Pagliacci, 2022), mentre al contrario la dinamica dei cambiamenti climatici è repentina e gli eventi catastrofici risultano essere frequenti.

Per quanto riguarda l'aspetto socio-economico, si sottolinea il fatto che in numerose interviste fatte durante lo studio, i partecipanti riferiscono che l'età media dei produttori è troppo alta. In particolare, i produttori più anziani sono meno inclini all'introduzione di nuove pratiche.

Un'età media più elevata degli agricoltori può essere raggruppata sia come barriera comportamentale all'adattamento sia come barriera legata alle caratteristiche socio-economica (Salpina e Pagliacci, 2022). L'osservatorio RRN-Ismea in una ricerca sull'imprenditorialità giovanile in agricoltura mostra la distribuzione delle aziende agricole per classe d'età del capo d'azienda. Osservando la regione Marche si nota come nel 2020 su un totale di 33.660 imprenditori, il 47,7 % a più di 65 anni, il 39,3 % a tra i 45-64 anni, il 7,8 % tra i 35 - 44 anni ed infine solo il 5,2 % fino a 34 anni (www.ismeamercati.it)

Parlando invece delle barriere politiche e legate alla governance, vengono sottolineati molti ostacoli legati agli incentivi economici e alle complessità burocratiche, che colpiscono particolarmente i giovani produttori e le piccole aziende, rendendo difficile l'accesso a questi fondi. (Salpina e Pagliacci, 2022). Nella regione Marche le imprese vitivinicole totali nel 2023 sono 1.001 (Figura 3), di cui 936 imprese con codice ATECO 01.21 (agricoltura – coltivazione di uva) e 65 imprese con codice ATECO 11.02 (industria – produzione di vini da uve); il 26 % del totale delle aziende (260 imprese) si trova nella provincia di Ancona e muovono il 70 % del fatturato (www.fondazionemerloni.it).

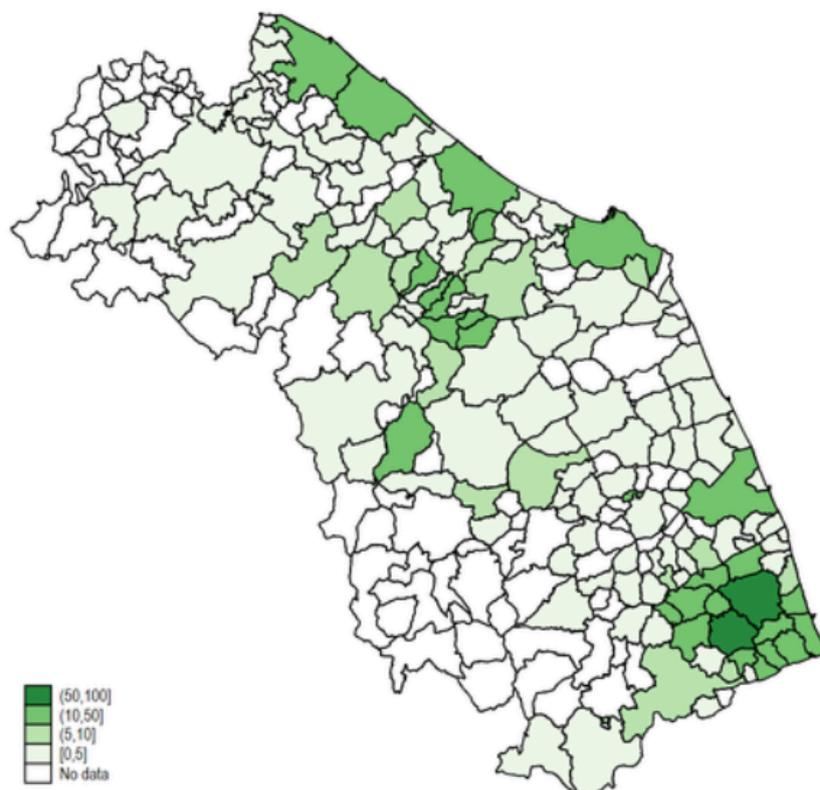


Figura 3 – Distribuzione territoriale delle imprese vitivinicole nella regione Marche (2023)

(www.fondazionemerloni.it)

Se si osservano le imprese da un punto di vista giuridico troviamo il 67 % di imprese individuali, il 18 % di società semplici, l'8% di Società di capitale ed il restante 7 % sotto altre forme (www.fondazionemerloni.it). In uno studio effettuato dalla fondazione Merloni (Focus aprile 2024) vengono analizzate 63 imprese suddivise dai seguenti criteri: far parte di società di capitali, società cooperative o consorzi, avere un codice ATECO 01.21 o 11.02, ed infine avere almeno 100 mila euro di fatturato nel 2022. lo studio evidenzia un'alta percentuale di imprese di piccole dimensioni (con meno di 1 milione di euro di vendite) a conferma dell'elevata frammentazione del settore vitivinicolo (Grafico 10) (www.fondazionemerloni.it). Fa eccezione la provincia di Ancona che annovera le prime cinque aziende della regione Marche per dimensione quantitative e di fatturato (www.fondazionemerloni.it).

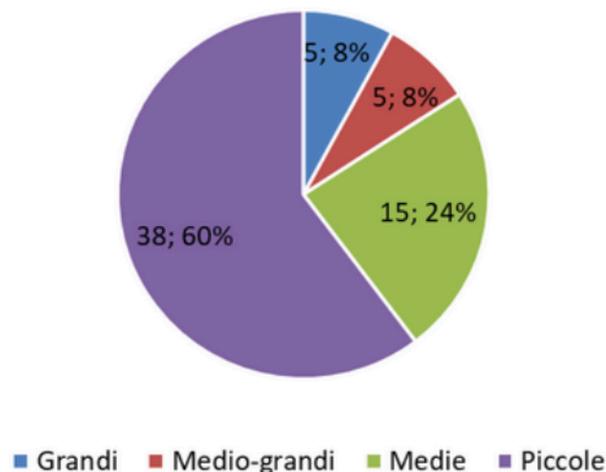


Grafico 10 – Distribuzione delle società per classe dimensionale su valori di bilancio 2022 (www.fondazionemerloni.it): grandi, imprese con vendite > 10 milioni di euro; medio-grandi, imprese con vendite da 5 a 10 milioni di Euro; medie, imprese con vendite da 1 a 5 milioni di Euro; piccole, le imprese con meno di 1 milione di Euro di vendite.

È noto il peso della intermediazione commerciale che influisce pesantemente sulla sostenibilità economica dei produttori e di conseguenza la possibilità degli investimenti e dello sviluppo diminuisce (Salpina e Pagliacci, 2022). Sono inoltre evidenziate numerose barriere anche nella governance. Da un lato, la mancanza di networking e lobbying su scala regionale con interazioni limitate e scarsa inclusività nelle decisioni regionali; dall'altra la mancanza di collaborazione tra i consorzi di tutela, CAA e organizzazioni sindacali del settore che porta poi ad una scarsa adesione ad essi (Salpina e Pagliacci, 2022). Per la D.O.C.

Verdicchio dei Castelli di Jesi non è presente un consorzio di tutela, nella regione vi è un Maxiconsorzio “l’Istituto Marchigiano di tutela dei vini” che rappresenta 519 aziende (www.imtdoc.it).

All’interno del territorio della regione Marche troviamo ben 15 D.O.C. di cui 8 bianchi per una rivendicazione media di 3350 ha e 7 rossi per una rivendicazione media di 2.000 ha, e 5 D.O.C.G. di cui ben 4 sono bianchi per una rivendicazione media di 750 ha e 1 solo rosso per una rivendicazione media di 160 ha. All’interno delle D.O.C e delle D.O.C.G. troviamo quattro denominazioni caratterizzate da ampie differenze territoriali, ma accomunate dalla coltivazione della stessa cultivar: il “Verdicchio” con 2700 ha di D.O.C. mediamente rivendicati che rappresentano il 43 % dell’intera superficie delle D.O.C. mediamente rivendicate ogni anno (Casini 2019).

Il Verdicchio dei Castelli di Jesi rappresenta comunque circa l’86 % dell’intera superficie rivendicata a Verdicchio ed è per storia e vocazione il motore dell’economia vitivinicola marchigiana. Per declinare meglio la realtà è opportuno mettere in evidenza alcuni aspetti strutturali che stanno mettendo in difficoltà un comparto così vitale come quello vitivinicolo Marchigiano (Casini 2019).

Regione	D.O.C. in hl				I.G.P. in hl			
	Bianco	Rosato	Rosso	Totale D.O.C.	Bianco	Rosato	Rosso	Totale I.G.P.
Marche	298.127	678	276.118	574.922	148.950	15.300	164.649	328.899
PU	15.467	380	12.777	28.624	10.035	826	12.661	23.522
AN	173.080	297	93.529	266.906	33.137	5.017	21.617	59.772
MC	41.975	1	18.786	60.762	14.963	2.616	21.015	38.594
AP	64.854	0	147.325	212.180	84.432	6.363	102.872	193.667
FM	2.751	0	3.700	6.451	6.383	478	6.483	13.344

Tabella 8 – Giacenze al 31 gennaio 2024 (MASAF – Cantina Italia)

I dati del MASAF al 31 gennaio 2024 circa la giacenza complessiva dei vini a DOP/IGP indicano uno squilibrio tra l’offerta potenziale delle cantine e la media delle vendite degli ultimi 10 anni; potenzialmente la giacenza è più che doppia rispetto all’intero volume delle rivendicazioni vendemmiali. Infatti, la media delle vendite degli ultimi anni si aggira intorno ai 400.000 ettolitri rispetto agli oltre 900.000 attualmente giacenti e la redditività delle aziende, in particolare quelle agricole mostra debolezze strutturali evidenti (ICQRF).

L’analisi del conto economico delle maggiori imprese marchigiane produttrici di vino (oltre 100.000 € di fatturato) che la Fondazione Aristide Merloni ha realizzato nell’aprile 2024

confrontando i bilanci 2022 sul 2021 indicano un arretramento di tutti gli indici più significativi (Margine Operativo Lordo, Risultato operativo al netto di ammortamenti e oneri finanziari, Risultato d'esercizio) (ICQRF).

Questo elemento strutturale necessita quindi di uno sforzo progettuale di tutta la filiera produttiva, commerciale, istituzionale, di comunicazione che nel medio-lungo periodo assicuri da un lato la tutela del reddito degli agricoltori e delle imprese vitivinicole, dall'altro il superamento dei rischi climatici.

Per quanto riguarda le barriere informative sono evidenti le assenze sui rischi dei cambiamenti climatici nei settori di produzione, nonché la disponibilità e l'affidabilità delle nuove tecnologie per l'adattamento ai cambiamenti climatici e infine la mancanza di consulenza e supporto tecnico. Tuttavia, a causa di elevati carichi di lavoro e piccoli profitti dei produttori, il tasso di partecipazione a molteplici attività e corsi di formazione organizzati da associazioni di settore è molto basso (Salpina e Pagliacci, 2022).

Infine, anche le barriere strutturali delle aree e dei sistemi di produzione sono un ostacolo all'adattamento. Ad esempio, alcune pratiche agronomiche (inerbimento totale, siccità) in alcune zone possono far fatica ad essere implementate e messe in atto con costanza, influenzate soprattutto dalla geografia delle zone di produzione (Salpina e Pagliacci, 2022).

Conclusioni

Il cambiamento climatico rappresenta una delle sfide più significative per il settore vitivinicolo del XXI secolo. Questo studio ha analizzato in dettaglio l'impatto del cambiamento climatico sull'area di produzione della D.O.C. Verdicchio dei Castelli di Jesi, evidenziando come le variazioni climatiche influenzino la fenologia della vite, la composizione dei mosti e le tecniche di vinificazione in uno degli ambienti pedoclimatici più ostili della regione Marche.

I dati raccolti e analizzati mostrano chiaramente una tendenza all'anticipo delle fasi fenologiche della vite, inclusa la maturazione delle uve e la vendemmia. Questo fenomeno è principalmente attribuito all'aumento delle temperature medie durante i mesi cruciali della crescita della vite, da marzo a settembre. L'incremento dei gradi giorno (IAW) e l'aumento delle temperature medie mensili accelerano il processo di maturazione, influenzando non solo la tempistica della vendemmia ma anche la qualità finale delle uve e dei vini prodotti.

Le analisi delle curve di maturazione hanno confermato che un aumento della temperatura media di 1,63 °C durante i mesi estivi determina un anticipo della vendemmia di circa 7 giorni. Questo anticipo ha conseguenze dirette sulla concentrazione degli zuccheri e sull'acidità delle bacche e sugli equilibri acidi, elementi fondamentali per la produzione di vini di qualità. Inoltre, l'aumento delle temperature comporta una diminuzione dell'acidità totale, influenzando negativamente il profilo organolettico delle uve e dei vini Verdicchio.

Per affrontare queste sfide, il settore vitivinicolo deve adottare strategie di adattamento innovative e sostenibili; qua sotto riporto le possibili soluzioni a breve, medio e lungo termine:

Soluzioni a breve termine (massimo 1 anno):

- Anticipo della raccolta delle uve;
- Uso di filmogeni (caolino) o di reti ombreggianti per la protezione del grappolo dalle scottature;
- Gestione del verde attraverso l'utilizzo delle varie pratiche che vanno ad influire sulla composizione delle bacche (cimature, sfemminellature, defogliazioni);
- Correzione dell'acidità in fase di vinificazione;

- Ottimizzazione delle tecniche di vinificazione: utilizzo di nuove tecniche per mantenere la qualità del vino nonostante le variazioni nelle caratteristiche delle uve

Soluzioni a medio termine (2/3 anni):

- Gestione della potatura riducendo la parete fogliare, aumentando il numero di gemme e lo spessore della parete fogliare.
- Gestione del suolo sviluppando processi di consociazione di specie (leguminose e graminacee) che migliorano la struttura del terreno, la percentuale di sostanza organica e la ritenzione idrica.
- Sensibilizzazione dei giovani agricoltori, gli unici in grado di rappresentare il futuro sugli aspetti riguardanti i cambiamenti climatici;
- Creare un consorzio nell'area della D.O.C. Verdicchio dei Castelli di Jesi con l'obiettivo di valorizzare, tutelare e promuovere attività tecnico-scientifiche, al fine di favorire una maggiore coesione nell'intera filiera produttiva e unire l'intero sistema attorno a obiettivi chiari;
- Promuovere la ricerca e la collaborazione tra istituti di ricerca, viticoltori e produttori di vino per sviluppare e implementare soluzioni efficaci che garantiscano la sostenibilità del settore vitivinicolo.

Soluzioni a lungo termine (circa 5-10 anni)

- Utilizzo di portinnesti più resistenti alla siccità e con una vigoria medio-alta;
- Sistemi d'impianto più espansi dotati di irrigazione;
- Cambiare la distribuzione geografica della viticoltura, modificando l'altitudine e cambiando l'esposizione (favorendo esposizioni a Nord-Est piuttosto che a Sud-Ovest) creando nuove zone di coltivazione;
- Estirpazione delle aree non più vocate;
- Creare bacini collettivi di accumulo delle risorse idriche per ridurre la dispersione attuale, considerando l'incremento degli eventi estremi legati sia alla pioggia intensa che ai lunghi periodi di siccità.

BIBLIOGRAFIA

1. Aguera, E., V. Athès-Dutour, M. Bes, S. Caillé, P. Cottereau, J. L. Escudier, M. Mikolajczak, A. Roy, J. M. Sablayrolles, e A. Samson. «Reduction of wine alcohol content: a comparative study of different technologies.» *Bulletin de l'OIV* 83, fasc. 947/948/949 (2010): 31–42.
2. Benito, Santiago. «The impacts of *Lachancea thermotolerans* yeast strains on winemaking». *Applied microbiology and biotechnology* 102 (2018): 6775–90.
3. Bes, Magali, Evelyne Aguera, Violaine Athes, Axelle Cadriere, Philippe Cottereau, Sylvie Dequin, Michel Mikolajczak, et al. «Les différentes stratégies microbiologiques et technologiques de production de vin à teneur réduite en alcool». *La revue des œnologues et des techniques vitivinicoles et œnologiques* 135 (2010): 9–11.
4. Bonada, Marcos, Víctor Sadras, Martin Moran, e Sigfredo Fuentes. «Elevated temperature and water stress accelerate mesocarp cell death and shrivelling, and decouple sensory traits in Shiraz berries». *Irrigation Science* 31 (2013): 1317–31.
5. Casini, L'editoriale di Anna. «Il patrimonio enologico marchigiano per raccontare la bellezza e la forza di un territorio straordinario.», 2019.
6. Ciani, Maurizio, Laura Canonico, Francesca Comitini, e Lucia Oro. «Fermentazioni sequenziali mediante l'impiego di lieviti non-convenzionali per la riduzione del contenuto di etanolo nel vino». *L' Enologo*, fasc. 1 (2017): 89–92.
7. Costa, Cátia, António Graça, Natacha Fontes, Marta Teixeira, Hernâni Gerós, e João A. Santos. «The interplay between atmospheric conditions and grape berry quality parameters in Portugal». *Applied Sciences* 10, fasc. 14 (2020): 4943.
8. Des Gachons, Catherine Peyrot, Cornelis Van Leeuwen, Takatoshi Tominaga, Jean-Pierre Soyer, Jean-Pierre Gaudillère, e Denis Dubourdieu. «Influence of Water and Nitrogen Deficit on Fruit Ripening and Aroma Potential of *Vitis Vinifera* L Cv Sauvignon Blanc in Field Conditions». *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85, fasc. 1 (15 gennaio 2005): 73–85.
9. Di Lena, Bruno, Oriana Silvestroni, Vania Lanari, e Alberto Palliotti. «Climate Change Effects on Cv. Montepulciano in Some Wine-Growing Areas of the Abruzzi Region (Italy)». *Theoretical and Applied Climatology* 136, fasc. 3 (1 maggio 2019): 1145–55.
10. «Disciplinare di produzione - Verdicchio dei Castelli di Jesi», s.d.

11. Dottori, Edoardo. «Adaptation Strategies to Climate Change in Vineyard: innovation in vine training and pruning system, and cover crops», 2023.
12. Duchêne, Eric, e Christophe Schneider. «Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace». *Agronomy for Sustainable Development* 25, fasc. 1 (2005): 93–99.
13. Friedel, Matthias, Manfred Stoll, C. D. Patz, F. Will, e H. Dietrich. «Impact of light exposure on fruit composition of white 'Riesling' grape berries (*Vitis vinifera* L.)». *Vitis-Journal of Grapevine Research* 54, fasc. 3 (2015): 107–16.
14. Garcia, Léo, Florian Celette, Christian Gary, Aude Ripoché, Héctor Valdés-Gómez, e Aurélie Metay. «Management of service crops for the provision of ecosystem services in vineyards: A review». *Agriculture, Ecosystems & Environment* 251 (2018): 158–70.
15. Georgieva, Katya, Tsonko Tsonev, Violeta Velikova, e Ivan Yordanov. «Photosynthetic activity during high temperature treatment of pea plants». *Journal of Plant Physiology* 157, fasc. 2 (2000): 169–76.
16. Gershenzon, Jonathan, e Natalia Dudareva. «The Function of Terpene Natural Products in the Natural World». *Nature Chemical Biology* 3, fasc. 7 (luglio 2007): 408–14.
17. Gobbi, Mirko, Luciana De Vero, Lisa Solieri, Francesca Comitini, Lucia Oro, Paolo Giudici, e Maurizio Ciani. «Fermentative aptitude of non-*Saccharomyces* wine yeast for reduction in the ethanol content in wine». *European Food Research and Technology* 239 (2014): 41–48.
18. Goldner, María Cristina, María Clara Zamora, Paola Di Leo Lira, Hernando Gianninoto, e Arnaldo Bandoni. «EFFECT OF ETHANOL LEVEL IN THE PERCEPTION OF AROMA ATTRIBUTES AND THE DETECTION OF VOLATILE COMPOUNDS IN RED WINE». *Journal of Sensory Studies* 24, fasc. 2 (aprile 2009): 243–57.
19. Horák, Miroslav, Josef Balík, e Monika Bieniasz. «Effect of Leaf Area Size on the Main Composition in Grape Must of Three Varieties of *Vitis vinifera* L. in an Organic Vineyard». *Sustainability* 13, fasc. 23 (2021): 13298.
20. Jones, Gregory V., Michael A. White, Owen R. Cooper, e Karl Storchmann. «Climate Change and Global Wine Quality». *Climatic Change* 73, fasc. 3 (1 dicembre 2005): 319–43.

21. Kliewer, W. Mark, e Nick K. Dokoozlian. «Leaf area/crop weight ratios of grapevines: Influence on fruit composition and wine quality». *American Journal of Enology and Viticulture* 56, fasc. 2 (2005): 170–81.
22. Koch, Bruno, e Fritz Oehl. «Climate Change Favors Grapevine Production in Temperate Zones», marzo 2018.
23. Lanari, Vania, Alberto Palliotti, Paolo Sabbatini, G. Stanley Howell, e Oriana Silvestroni. «Optimizing deficit irrigation strategies to manage vine performance and fruit composition of field-grown ‘Sangiovese’(Vitis vinifera L.) grapevines». *Scientia Horticulturae* 179 (2014): 239–47.
24. Masson-Delmotte, Valérie, Panmao Zhai, Hans-Otto Pörtner, Debra Roberts, Jim Skea, Priyadarshi R. Shukla, Anna Pirani, Wilfran Moufouma-Okia, Clotilde Péan, e Roz Pidcock. «Global warming of 1.5 C». An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1 (2019): 93–174.
25. Mira de Orduña, Ramón. «Climate change associated effects on grape and wine quality and production». *Food Research International, Climate Change and Food Science*, 43, fasc. 7 (1 agosto 2010): 1844–55.
26. Palliotti, Alberto, Tommaso Frioni, Sergio Tombesi, Paolo Sabbatini, Juan Guillermo Cruz-Castillo, Vania Lanari, Oriana Silvestroni, Matteo Gatti, e Stefano Poni. «Double-pruning grapevines as a management tool to delay berry ripening and control yield». *American Journal of Enology and Viticulture* 68, fasc. 4 (2017): 412–21.
27. Palliotti, Alberto, Stefano Poni, e Oriana Silvestroni. *Manuale di viticoltura*. Il Sole 24 Ore Edagricole srl, 2018.
28. Palliotti, Alberto, Sergio Tombesi, Oriana Silvestroni, Vania Lanari, Matteo Gatti, e Stefano Poni. «Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: A review». *Scientia Horticulturae* 178 (23 ottobre 2014): 43–54.
29. Pallotti, Luca, Roberto Potentini, Tiziano Casturà, Vania Lanari, Tania Lattanzi, Edoardo Dottori, e Oriana Silvestroni. «Analysis of Verdicchio Harvest Data in Matelica Appellation Area during the 1989-2016 Time Series». A cura di E. Peterlunger, P. Sivilotti, e R. Falchi. *BIO Web of Conferences* 44 (2022): 02009.

30. Pieri, P., N. Brisson, e F. Levrault. «Changement climatique, agriculture et forêt en France: simulations d'impacts sur les principales espèces», 2010.
31. Reeve, Alison L., Patricia A. Skinkis, Amanda J. Vance, Jungmin Lee, e Julie M. Tarara. «Vineyard floor management influences 'Pinot noir' vine growth and productivity more than cluster thinning». *HortScience* 51, fasc. 10 (2016): 1233–44.
32. Ribéreau-Gayon, P., D. Dubourdieu, B. Doneche, e A. Lonvaud. *Traité d'Oenologie. Tome 1: Microbiologie du Vin. 4e editin.*, 2017.
33. Ribéreau-Gayon, Pascal, Yves Glories, Alain Maujean, e Denis Dubourdieu. *Traité d'œnologie: Tome 2-Chimie du vin. Stabilisation et traitements. 4e editin.*, 2018.
34. Roberto Potentini. *Il Verdicchio di Matelica DOC e il Verdicchio di Matelica. Retecamera*, 2010.
35. Rogiers, S.y., S.j. Clarke, e L.m. Schmidtke. «Elevated Root-Zone Temperature Hastens Vegetative and Reproductive Development in Shiraz Grapevines». *Australian Journal of Grape and Wine Research* 20, fasc. 1 (2014): 123–33.
36. Salpina, Dana, e Francesco Pagliacci. «Are we adapting to climate change? Evidence from the high-quality agri-food sector in the Veneto region». *Sustainability* 14, fasc. 18 (2022): 11482.
37. Scuterini, Carlo, e Dott Maurizio Di Marino. «Caratterizzazione climatologica delle Marche: campo medio della temperatura per il periodo 1950-2000». Consultato 12 aprile 2024.
38. Silvestroni, O., V. Lanari, T. Lattanzi, E. Dottori, e A. Palliotti. «Effects of Anti-transpirant Di-1- p -menthene, Sprayed Post-veraison, on Berry Ripening of Sangiovese Grapevines with Different Crop Loads». *Australian Journal of Grape and Wine Research* 26, fasc. 4 (ottobre 2020): 363–71.
39. Silvestroni, O., V. Lanari, T. Lattanzi, e A. Palliotti. «Delaying Winter Pruning, after Pre-Pruning, Alters Budburst, Leaf Area, Photosynthesis, Yield and Berry Composition in Sangiovese (Vitis Vinifera L.): Grapevine Responses to Late Pruning». *Australian Journal of Grape and Wine Research* 24, fasc. 4 (ottobre 2018): 478–86.
40. Silvestroni, O., V. Lanari, T. Lattanzi, A. Palliotti, J. Vanderweide, e P. Sabbatini. «Canopy Management Strategies to Control Yield and Grape Composition of

- Montepulciano Grapevines: Canopy Management on Montepulciano Grapevines». *Australian Journal of Grape and Wine Research* 25, fasc. 1 (gennaio 2019): 30–42.
41. Silvestroni, Oriana, Vania Lanari, Tania Lattanzi, Alberto Palliotti, e Paolo Sabbatini. «Impact of crop control strategies on performance of high-yielding Sangiovese grapevines». *American Journal of Enology and Viticulture* 67, fasc. 4 (2016): 407–18.
42. Stoll, Manfred, M. Lafontaine, e Hans R. Schultz. «Possibilities to reduce the velocity of berry maturation through various leaf area to fruit ratio modifications in *Vitis Vinifera* L. Riesling.», 2010.
43. Teslić, Nemanja, Mirjam Vujadinović, Mirjana Ruml, Gabriele Antolini, Ana Vuković, Giuseppina P. Parpinello, Arianna Ricci, e Andrea Versari. «Climatic shifts in high quality wine production areas, Emilia Romagna, Italy, 1961-2015». *Climate Research* 73, fasc. 3 (2017): 195–206.
44. Tilloy, Valentin, Axelle Cadière, Maryam Ehsani, e Sylvie Dequin. «Reducing alcohol levels in wines through rational and evolutionary engineering of *Saccharomyces cerevisiae*». *International journal of food microbiology* 213 (2015): 49–58.
45. Tomasi, Diego, Gregory V. Jones, Mirella Giust, Lorenzo Lovat, e Federica Gaiotti. «Grapevine Phenology and Climate Change: Relationships and Trends in the Veneto Region of Italy for 1964–2009». *American Journal of Enology and Viticulture* 62, fasc. 3 (settembre 2011): 329–39.
46. Torres, Nazareth, Johann Martínez-Lüscher, Etienne Porte, e S. Kaan Kurtural. «Optimal ranges and thresholds of grape berry solar radiation for flavonoid biosynthesis in warm climates». *Frontiers in plant science* 11 (2020): 553662.
47. Van Leeuwen, Cornelis, e Philippe Darriet. «The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality». *Journal of Wine Economics* 11, fasc. 1 (maggio 2016): 150–67.
48. Van Leeuwen, Cornelis, e Gerard Seguin. «The concept of terroir in viticulture». *Journal of wine research* 17, fasc. 1 (2006): 1–10.
49. Vicente, Javier, Yasemin Baran, Eva Navascués, Antonio Santos, Fernando Calderón, Domingo Marquina, Doris Rauhut, e Santiago Benito. «Biological management of acidity in wine industry: A review». *International Journal of Food Microbiology* 375 (2022): 109726.

50. Webb, L. B., P. H. Whetton, e E. W. R. Barlow. «Observed Trends in Winegrape Maturity in Australia». *Global Change Biology* 17, fasc. 8 (2011): 2707–19.
51. Webb, Leanne, Penny Whetton, Jonas Bhend, Rebecca Darbyshire, Peter Briggs, e Edward Barlow. «Earlier wine-grape ripening driven by climatic warming and drying and management practices». *Nature Climate Change* 2 (1 aprile 2012): 259–64.
52. Yéramian, N., C. Chaya, e J. A. Suárez Lepe. «L-(-)-malic acid production by *Saccharomyces* spp. during the alcoholic fermentation of wine (1)». *Journal of agricultural and food chemistry* 55, fasc. 3 (2007): 912–19.

SITOGRAFIA

1. «AIS Marche - I vini delle Marche certificati con il marchio di origine controllata». Consultato 17 aprile 2024. <https://www.aismarche.it/denominazioni-DOCG-DOC-e-IGT-dei-vini-marchigiani.cfm>.
2. «Centro di Ecologia e Climatologia - OGSM». Consultato 20 aprile 2024. <http://www.geofisico.it/studi.htm>.
3. «FOCUS DI SETTORE - Fondazione Aristide Merloni». Consultato 21 giugno 2024. <https://www.fondazionemerloni.it/attivita/osservatorio-imprese/focus-di-settore/>.
4. «I Numeri Del Vino», 24 settembre 2023. <https://www.inumeridelvino.it>.
5. «I.S.P.R.A. - Dipartimento per il servizio geologico d'Italia». Consultato 19 aprile 2024. <https://sgi.isprambiente.it/geologia100k/centro.aspx>.
6. «Registro Nazionale delle Varietà di Vite». Consultato 18 aprile 2024. <http://catalogoviti.politicheagricole.it/scheda.php?codice=254>.
7. Istituto Marchigiano di Tutela Vini. «IMT Il Vino al Plurale». Consultato 21 giugno 2024. <https://imtdoc.it/imt-il-vino-al-plurale/>.
8. www.ismea.it, Ismea-. «Osservatori RRN - Imprenditoria giovanile - Dati strutturali - Dati nazionali e regionali Istat». www.ismeamercati.it. Consultato 21 giugno 2024. <https://www.ismeamercati.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/7874>.
9. www.ismeamercati.it, Ismea Mercati-. «Vino - Analisi e studio filiera vinicola». www.ismeamercati.it. Consultato 24 giugno 2024. <https://www.ismeamercati.it/vino>.
10. www.politicheagricole.it. «ICQRF - Ispettorato centrale repressione frodi». Consultato 24 giugno 2024.

RINGRAZIAMENTI

Desidero innanzitutto ringraziare il mio relatore, il Prof. Cleto Pirazzoli, per il suo inestimabile supporto durante la stesura della mia tesi. La sua disponibilità e flessibilità sono state fondamentali per il completamento di questo lavoro. La sua guida e i suoi consigli mi hanno aiutato a superare numerose difficoltà e a migliorare significativamente il mio lavoro.

Un ringraziamento va alle seguenti aziende che mi hanno fornito i dati necessari per il mio studio: Tenuta Priori e Galdelli, Azienda Vitivinicola Venturi, Cantina Conti di Buscareto, Cantina Mencaroni e dall'Azienda Agricola Tarsi Roberto. La loro collaborazione è stata essenziale per la realizzazione di questa ricerca. Inoltre, desidero ringraziare l'agenzia AMAP e Michele Lillini per la loro disponibilità e prontezza.

Un ringraziamento speciale va alla mia famiglia: mio padre, mia madre e mio fratello. Grazie per essere sempre stati al mio fianco e per avermi sostenuto in ogni mia scelta. Anche nei momenti in cui non credevo in me stesso, voi ci siete sempre stati, insegnandomi che il duro lavoro alla fine ripaga sempre. E un grazie speciale va a mio fratello: anche se siamo due opposti, riesci sempre a strapparmi una risata con le tue cavolate.

Non posso dimenticare i miei nonni, presenti e non. Se oggi sono qui è anche grazie a loro, ai valori che mi hanno trasmesso e all'amore incondizionato che mi hanno sempre dato.

Un ringraziamento va poi alla mia seconda famiglia, i miei coinquilini: Alessio (Cheru), Chiara (Chiaretta) e Francesco (coinquilino acquisito). Siete stati sempre presenti, sia nei momenti belli che in quelli più difficili. Con voi ho trovato un'altra famiglia, mi avete fatto sempre sentire come a casa, non potevo chiedere di meglio: grazie di cuore.

E come non ringraziare tutto il gruppo di amici di Cesena? Con voi ho condiviso serate epiche, feste indimenticabili, pranzi e cene fuori dal comune, compleanni senza limiti, spaghettonate alle due di notte, spritz fatti nei secchi per lavare i pavimenti e le migliori carbonare cucinate nella bacinella dei panni. Abbiamo fatto le peggiori cavolate e i migliori viaggi insieme. Siete stati il miglior gruppo che potessi desiderare per questi anni di università.

Ora è il momento di ringraziare il mio migliore amico, Marco. Sei la persona che mi conosce meglio di tutti. Ci conosciamo da quando ho memoria e abbiamo condiviso tutto fino alla maturità. Anche se le nostre strade si sono divise con l'inizio dell'università, basta un "Oooo"

come messaggio per parlare come se ci fossimo sentiti un'ora prima. Sei quella persona su cui posso sempre contare, indipendentemente dalla distanza o dal tempo che passa.

Un altro gruppo importante da ringraziare è quello delle Marche. Anche se non ci vediamo spesso perché le nostre strade sono diverse, so che bastano quattro chiamate per organizzare una cena il sabato sera e ritrovarci a parlare del più e del meno davanti a una pizza.

Ringrazio tutti gli zii, i cugini e i nipotini che ci sono sempre stati. Siete quelli che quando ho un problema basta una chiamata e mi risolvete tutto, quelli che se ho bisogno di una mano ci siete sempre.

Vorrei ringraziare anche Roberto, Andrea e tutto il gruppo di lavoro, che per quattro estati mi hanno sopportato e supportato. Per me non è stato un semplice lavoro, ma una passione che mi ha permesso di staccare la testa dall'università.

Infine, voglio ringraziare me stesso per aver raggiunto questo grande obiettivo, uno dei tanti.