

ISTITUTO D'ISTRUZIONE SUPERIORE "P. d'Aquileia"
ISTITUTO TECNICO AGRARIO STATALE "PAOLINO D'AQUILEIA"
Con ordinamento speciale per la Viticoltura e l'Enologia
Cividale del Friuli (UD)

ESAME DI STATO

a.s. 2013/2014

**CONTENITORI IN LEGNO: CARATTERISTICHE BOTANICHE, MECCANICHE E
COMPOSIZIONE CHIMICA DELLE PIÙ COMUNI ESSENZE LEGNOSE
UTILIZZATE NELL'AFFINAMENTO DEI VINI ROSSI**

Studente: Giacomo Nunin

Classe: 6^E

Corso: Sperimentale "Cerere" Viticolo-Enologico

Sommario

| | |
|---|-----------|
| 0.0 Premessa | 3 |
| 0.1 Ruolo dell'affinamento | 3 |
| 0.2 Fenomeni responsabili dell'evoluzione del vino | 3 |
| 0.3 Evoluzione della composizione fenolica durante l'affinamento | 4 |
| | |
| 1.0 Caratteristiche Botaniche | 8 |
| 1.0.1 Sezione trasversale di fusto in crescita secondaria | 8 |
| 1.1 Specie utilizzate | 8 |
| 1.2 Tassonomia | 8 |
| 1.2.1 Famiglia delle FAGACEAE..... | 8 |
| 1.2.2 Genere Quercus | 8 |
| 1.2.3 Quercus robur | 9 |
| 1.2.4 Quercus petraea | 9 |
| 1.2.5 Quercus alba..... | 10 |
| 1.3 Anatomia del legno | 10 |
| 1.3.1 Grana Del Legno..... | 11 |
| 1.3.2 Porosità..... | 11 |
| | |
| 2.0 Caratteristiche Meccaniche | 13 |
| 2.1 Il legno | 13 |
| 2.2 Diagramma tensioni-deformazioni..... | 13 |
| 2.3 Caratteristiche del legno per la produzione di barili (barriques) | 14 |
| 2.4 Caratteristiche del legno per la produzione di botti e tini..... | 14 |
| | |
| 3.0 Composizione Chimica | 16 |
| 3.1 Polimeri..... | 16 |
| 3.1.1 Cellulosa..... | 16 |
| 3.1.2 Emicellulosa..... | 16 |
| 3.1.3 Lignina | 16 |
| 3.2 Composti Estraiibili..... | 16 |
| 3.2.1 Tannini Ellagici..... | 16 |
| 3.2.2 Composti Aromatici..... | 18 |
| 3.2.3 Pigmenti | 19 |
| | |
| 4.0 Bibliografia | 21 |

CENNI STORICI

Fin dall'antichità, il legno è stato uno dei materiali naturali più utilizzati dall'uomo per la costruzione di utensili, strumenti da lavoro e da caccia, abitazioni e altri manufatti. Sebbene nelle diverse epoche storiche sia stato più volte sostituito da materiali più moderni ed affidabili, ancora oggi il legno trova numerosissimi impieghi nei più svariati settori.

In enologia, le prime testimonianze sull'uso di questo magnifico materiale risalgono al 2700 a.C. nell'antico Egitto, epoca in cui le botti erano costruite semplicemente scavando all'interno di pezzi di tronco, senza prestare eccessiva attenzione alle specie botaniche utilizzate. La necessità di facilitare le operazioni di trasporto e la maggiore resistenza dei contenitori in legno rispetto alla creta, infatti, furono i motivi principali dell'impiego di questo materiale, ancora prima di conoscere le favorevoli modificazioni che esso avrebbe apportato al vino. Dalla loro nascita presso le civiltà mediterranee, i fusti in legno raggiunsero grazie agli scambi commerciali tutti i principali centri di produzione vinicola mondiale, costituendo fino ai primi del 900 il principale contenitore per la conservazione e affinamento del vino.

Il XX secolo vede una graduale introduzione di nuovi materiali di costruzione per uso enologico, più idonei al contatto con il vino (più facilmente sanitizzabili, inerti nei confronti del prodotto), nonché più economici. Già alla fine dell'800, infatti, compaiono le prime vasche in muratura, anche grazie all'introduzione del cemento armato e dei primi rivestimenti in piastrelle di vetro. Più tardi, con l'abbassamento del costo dei prodotti petroliferi negli anni '60, fa il suo ingresso in campo alimentare il PRFV, seguito negli anni '70 dall'acciaio inox, materiale che per le sue caratteristiche registra da quel periodo un'enorme diffusione.

Tuttavia, grazie alle caratteristiche organolettiche e alle proprietà che riesce a conferire ai vini, il legno non scompare mai totalmente dallo scenario enologico e ancora oggi costituisce una buona parte dei contenitori che si possono comunemente trovare all'interno di una cantina.

0.0 PREMESSA

0.1 *Ruolo dell'affinamento in fusto*

L'impiego dei contenitori in legno nella conservazione dei vini presenta numerosi vantaggi nei confronti della qualità del prodotto. La limpidezza del vino è raggiunta più facilmente piuttosto che in serbatoi di altro materiale, in quanto i volumi sono inferiori; inoltre, si verificano fenomeni di adsorbimento ad opera del legno. Il vino in fusto è, inoltre, più sensibile alle variazioni di temperatura: in inverno, per effetto del freddo le precipitazioni dei sali e delle sostanze colloidali risulteranno più abbondanti. Queste reazioni di stabilizzazione interessano anche il colore e la limpidezza del vino. In seguito all'affinamento in legno, la composizione fenolica risulterà fortemente modificata, a causa della maggiore concentrazione di ossigeno: il colore aumenta di intensità per effetto delle reazioni tra tannini e antociani, la struttura e la reattività dei tannini evolve. Infine, le sostanze volatili estratte dal legno conferiscono una maggiore complessità aromatica al prodotto.

Il legno, quindi, svolge due effetti opposti, accentuando la durezza del vino attraverso la dissoluzione di costituenti fenolici ma ammorbidendo i tannini grazie alle reazioni di polimerizzazione; il risultato dipende dall'intensità di questi due fenomeni.

0.2 Fenomeni responsabili dell'evoluzione del vino

L'evoluzione del vino in fusto è dovuta essenzialmente a tre fenomeni: l'ossidazione, la dissoluzione dei costituenti volatili e di quelli non volatili del legno.

Durante la fermentazione alcolica, la presenza di ossigeno è necessaria per un adeguato sviluppo dei lieviti, assicurando la sintesi di steroli e acidi grassi insaturi indispensabili per la funzionalità delle membrane cellulari. Soprattutto per quanto riguarda i vini rossi, in questa fase l'ossigeno svolge un ruolo di particolare importanza sull'evoluzione dei polifenoli all'interno del mosto e sulla loro rapida stabilizzazione. Il vino è un liquido in grado di consumare rapidamente l'ossigeno disciolto e durante la conservazione ne contiene quantità modestissime, anzi è frequente l'instaurarsi di fenomeni riduttivi, percepibili dalle caratteristiche note sensoriali. Anche gli *ellagitannini* del legno partecipano in buona misura alla sua scomparsa; la loro concentrazione, infatti, diminuisce costantemente a causa dei fenomeni ossidativi che essi catalizzano. Se la quantità di ossigeno immessa non è superiore alla capacità di consumo del vino, si assiste ad un miglioramento della stabilità della materia colorante e a un'evoluzione gustativa. I polifenoli sono i principali responsabili del consumo di ossigeno nel vino e in seguito a ciò subiscono diverse trasformazioni chimiche.

L'ossigeno penetra attraverso i pori del legno (16%), attraverso gli spazi tra le doghe (63%) e attraverso il foro di cocchiume (21%).

Il legno del genere *Quercus* contiene numerose sostanze volatili, variabili in concentrazione a seconda della specie impiegata. Si tratta di lattoni, fenoli volatili quali l'eugenolo, aldeidi fenoliche come la vanillina e la siringaldeide, composti norisoprenoidi di cui il β -ionone. Tutti questi componenti si sviluppano principalmente durante le fasi di essiccazione e tostatura del legname. Il legno è anche responsabile della liberazione di composti non volatili. Tra questi ricordiamo lignine e cumarine, polisaccaridi costituiti in gran parte da emicellulose.

0.3 Evoluzione della composizione fenolica durante l'affinamento

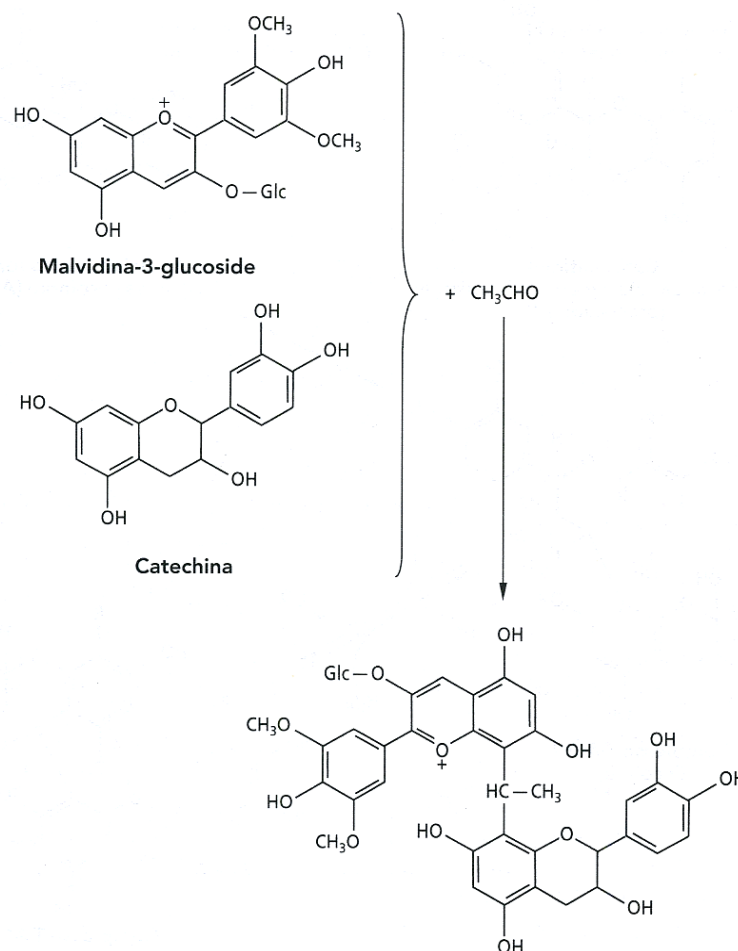
Durante il processo di invecchiamento del vino, si verifica una diminuzione degli antociani totali accompagnata, però, dal mantenimento o anche dall'aumento dell'intensità colorante (frazione di colore blu, DO_{620}). Questo è dovuto a condensazioni degli antociani e dei tannini che possono avvenire attraverso tre tipi di reazioni:

- *Condensazione con ponte etile* (reazione indiretta): durante l'affinamento in fusto, si ha la formazione di tracce di etanale per ossidazione dell'etanolo. L'etanale in mezzo acido forma un carbocatione che reagisce con le posizioni negative dei tannini; questo intermedio reagisce poi con gli A forma carbinolo con conseguente aumento di intensità del colore del vino (figura A);
- *Condensazione A-T*: gli A, sotto forma cationica, reagiscono sulle posizioni negative (δ^-) dei tannini (C 6 o 8) originando un flavene incolore; in presenza di ossigeno (al momento della svinatura), questo riassumerà la colorazione rossa nelle forme in equilibrio A^+-T e $AO-T$ (figura B);
- *Condensazione T-A*: i tannini sono in grado di formare un carbocatione in seguito a protonazione e di reagire con i δ^- delle molecole di A sotto forma carbinolo; il prodotto della reazione è incolore e assume un rosso aranciato dopo disidratazione, anche in assenza di ossigeno (figura C).

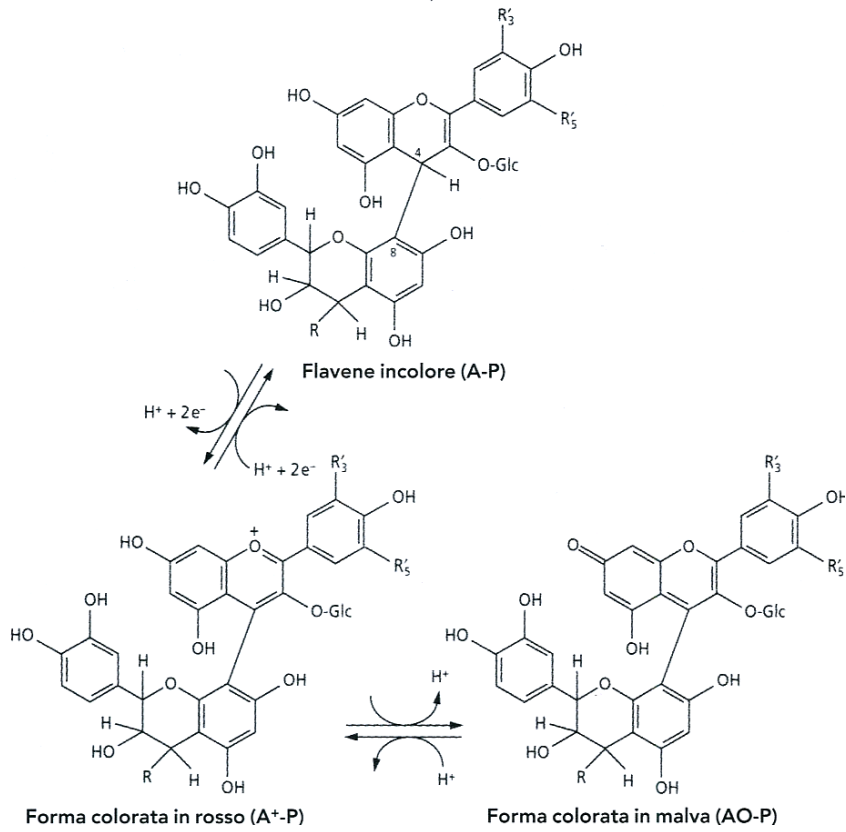
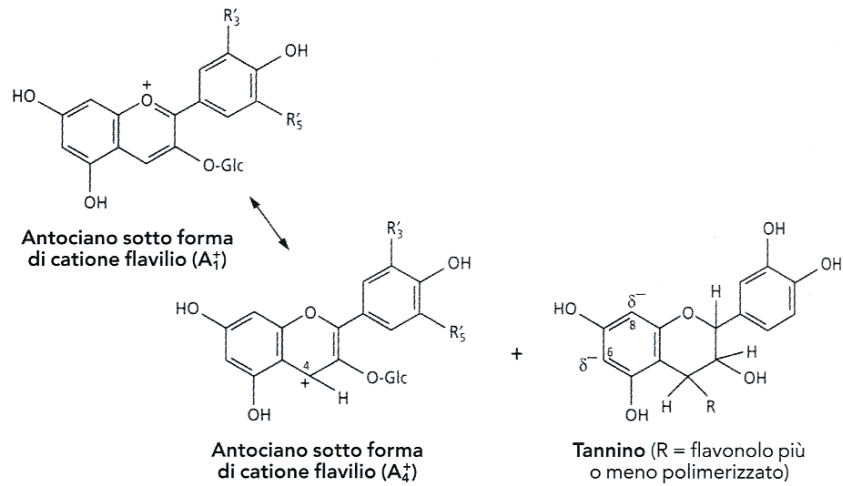
L'intensità colorante aumenta nettamente in caso di arieggiamento. In ogni caso, il rapporto molecolare T/A deve essere almeno pari a 2 (fino a 4); inoltre, le temperature non devono superare i 20°C. Se queste condizioni non sono rispettate, la degradazione degli antociani porta alla comparsa di una tonalità gialla.

I tannini, oltre a partecipare alla modificazione del colore, subiscono alcune trasformazioni che conducono ad un loro ammorbidimento. In ambiente acido danno origine a carbocationi che reagiscono con altri flavanoli, con conseguente perdita di reattività nei confronti della gelatina; in presenza di ossigeno, l'etanal è responsabile di ulteriori reazioni di polimerizzazione, che conducono a polimeri eterogenei.

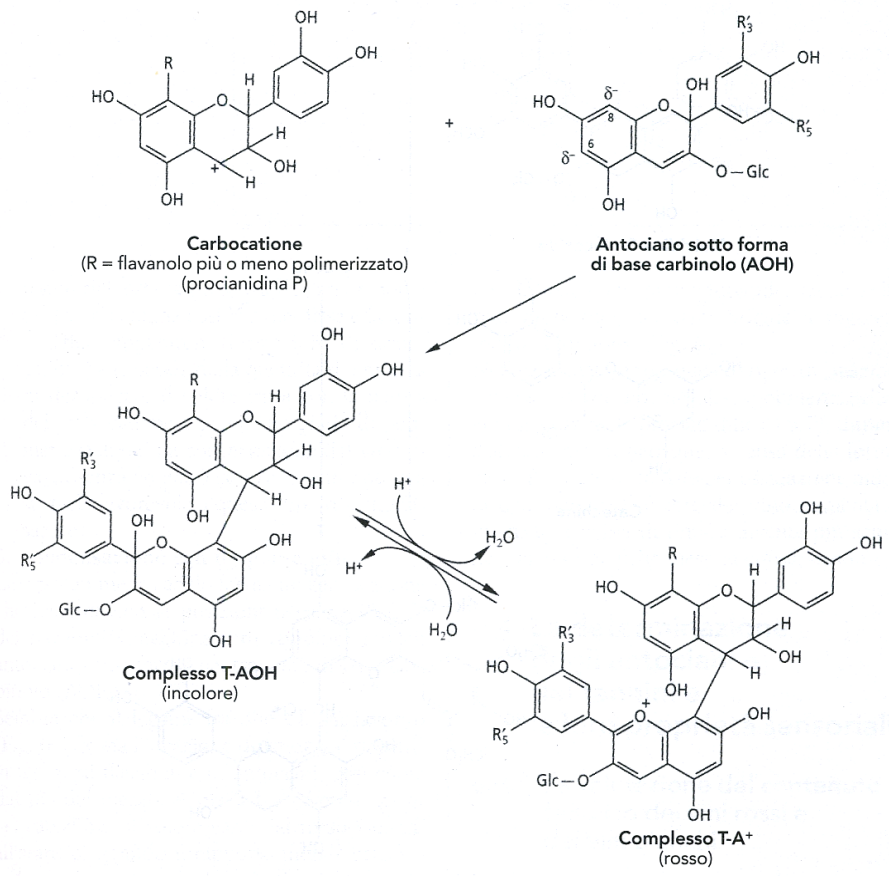
La velocità delle trasformazioni dipende dai tenori in solforosa libera, dalla durata dell'affinamento, ma soprattutto dalla temperatura e dalla disponibilità di ossigeno. In ambiente ossidante e a basse temperature (12-18°C), l'intensità aumenta per colorazione dei flavani e per formazione di combinazioni T/A. Ad alte temperature, seppur in presenza di ossigeno il colore evolve verso l'aranciato: gli antociani scompaiono per degradazione. L'arieggiamento deve essere effettuato nella fase iniziale dell'affinamento, per facilitare la formazione di questi composti di combinazione, per poi essere ridotto al fine di mantenere un potenziale di ossidoriduzione abbastanza elevato per l'evoluzione dei tannini.



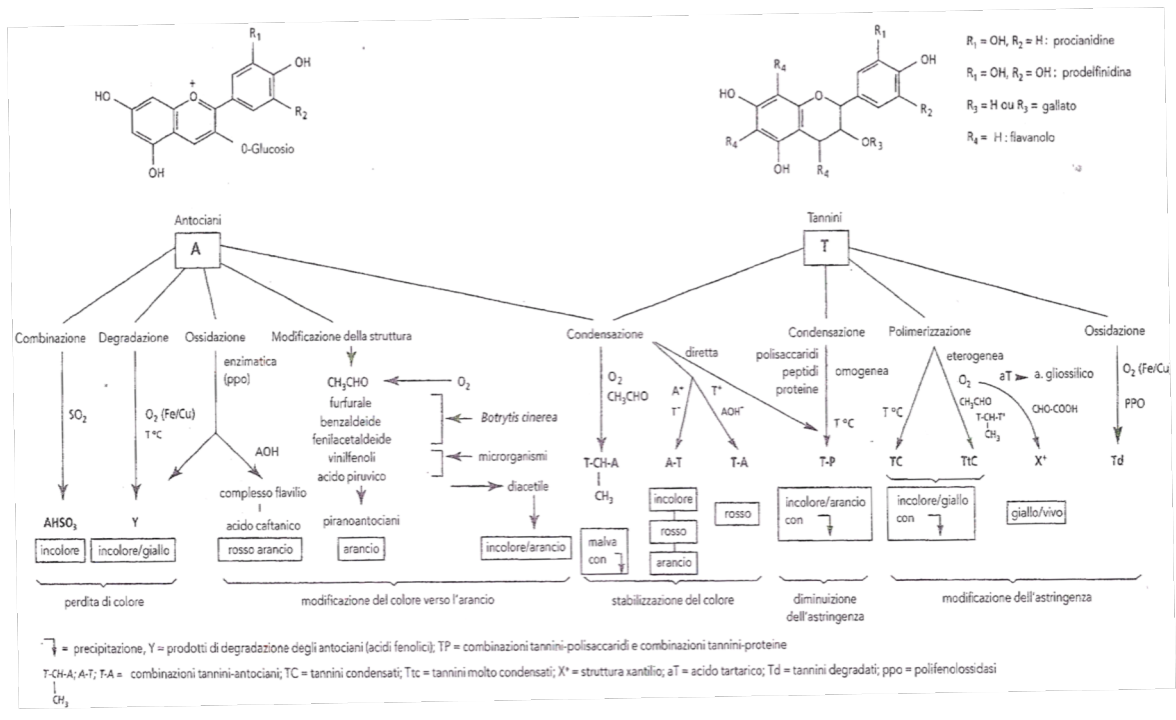
A) Reazione fra Catechina e Malvidina 3-glucoside in mezzo acido e in presenza di Etanale



B) Condensazione diretta degli Antociani e dei Tannini di tipo A-T

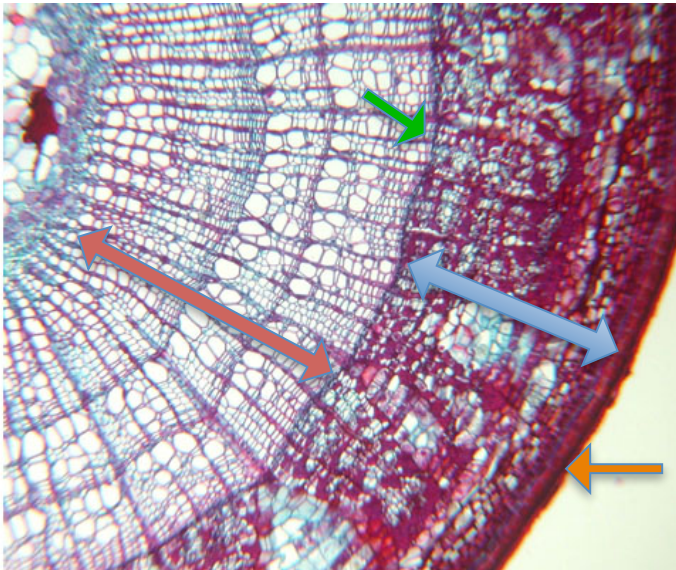


C) Condensazione diretta, tipo T-A, fra le Prociandine e gli Antociani



1.0 CARATTERISTICHE BOTANICHE

1.0.1 Sezione trasversale di fusto in crescita secondaria (Angiosperma, sifonostele, legno eteroxilo)



Cambio cribro-vascolare
Xilema secondario
Floema secondario
Periderma

1.1 SPECIE UTILIZZATE

Il legno utilizzato nella produzione di bottame deve possedere diverse caratteristiche: buone proprietà meccaniche, che conferiscano resistenza al contenitore; facile riduzione in assicelle, con il metodo tradizionale a spacco e per taglio; facile curvatura e giusto grado di porosità, in modo da permettere un certo passaggio di ossigeno; trasmettere al vino caratteristiche organolettiche gradite.

Le essenze legnose che maggiormente soddisfano tali requisiti appartengono al genere *Quercus*; queste sono la Farnia, il rovere europeo e il rovere americano.

1.2 TASSONOMIA

1.2.1 Famiglia delle FAGACEAE

La famiglia delle Fagacee riunisce unicamente piante legnose, distribuite nelle regioni temperate dell'Eurasia e delle Americhe con i generi *Castanea*, *Quercus*, *Fagus*. I fiori sono unisessuali monoici: i maschili sono raccolti in amenti o capolini con perianzio con 4-6 lobi e 8-20 stami; i fiori femminili sono in gruppi da 1 a 3 circondati da un involucri di brattee. L'impollinazione è per lo più anemogama, ma è entomogama in *Castanea*. Il frutto è una noce provvista di una cupola.

1.2.2 Genere *Quercus*

Il genere *Quercus* comprende circa 300 specie diffuse prevalentemente nelle regioni temperate dalle pianure fino a 1000 m, dove formano la componente principale dei boschi misti. Le specie più comuni sono rappresentate dalla Farnia (*Quercus robur* L.), dal Rovere (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), dalla Roverella (*Quercus pubescens* Willd.) e dal Leccio (*Quercus ilex*).

Le foglie delle querce sono oblunghe, normalmente dentate, di colore verde scuro sulla pagina

superiore e biancastro su quella inferiore. Possono essere sempreverdi, semipersistenti o caduche. I fiori femminili sbocciano sui giovani germogli, mentre quelli maschili in lunghi amenti gialli, che compaiono in aprile-maggio.

Il frutto è una ghianda, coperta fino a metà o per due terzi da una cupola squamosa. La germinazione è ipogea.

Il polline delle querce è trizonocolpato. Viene liberato in grandissime quantità, è molto leggero e facilmente diffusibile per dispersione anemogama.

La distinzione delle diverse specie non è sempre agevole, perché molte specie sono interfertili; gli ibridi sono, infatti, molto comuni nelle regioni in cui specie diverse crescono insieme

1.2.3 *Quercus robur* - FARNIA



La Farnia è diffusa in tutta l'Europa, dalle zone di pianura fino a 1000 m di altitudine. Possiede una buona adattabilità a terreni diversi, anche se predilige quelli freschi, profondi calcarei e fertili. Teme la siccità: consuma, durante la stagione vegetativa, fino a 54 Kg di acqua ogni 100 g di foglie. È, inoltre, molto esigente in fatto di luce.

La farnia è un albero alto dai 20 a 40 m, con tronco robusto e presto ramificato in grosse branche irregolari. La chioma è molto ampia, ovata e irregolare. La corteccia è liscia, grigia nei primi anni per poi diventare di colore marrone scuro, profondamente fessurata in solchi longitudinali. Il sistema radicale è fittonante, robusto e molto espanso a causa delle numerose radici laterali. Le foglie alterne e caduche sono semplici, obovatolobate e con 5-7 paia di lobi ampi. Sono strette alla base e asimmetriche per l'ineguale sviluppo dei due lobi basali ("orecchiette"). Il colore è verde chiaro, lucido sulla pagina superiore. Il picciolo è molto breve (3-5 mm).

La Farnia è una pianta monoica con fioritura contemporanea alla fogliazione. Le infiorescenze maschili sono raggruppate in amenti lassi e penduli di 2-4 cm, di colore verde-giallastro con stami ad antere glabre. Quelle femminili sono solitarie o a 2-5 riunite in spighe, all'ascelle delle foglie superiori. I singoli fiori sono sferici, bruni con stimma rosso, con fioritura tra aprile e maggio.

I frutti, portati da un lungo peduncolo, sono ghiande ovali allungate di 1,5-4 cm la cui cupola a squame appressate le ricopre per 1/3-1/4 del frutto.

1.2.4 *Quercus petraea* - ROVERE

Pianta autoctona della macchia mediterranea, cresce dalla pianura ad oltre 1000 m; non si spinge a Nord quanto *Q. robur*. Predilige terreni aridi e silicei, meno dotati e anche acidi. Teme le gelate tardive, in quanto entra in vegetazione prima della Farnia. Spesso si ibrida con alberi dello stesso genere.

Il tronco è robusto, con le branche che si inseriscono ad un'altezza superiore che nella farnia. I rami, molto nodosi, formano una chioma ampia, densa e regolare. La corteccia è grigia e liscia fino ai 20 anni, poi fessurata con solchi longitudinali, più stretti e meno profondi che nella farnia. Il sistema radicale è molto sviluppato e fittonante.

Le foglie sono alterne, semplici, caduche, con la massima larghezza



a metà della loro lunghezza. Rispetto alla farnia, i lobi sono meno profondi, il picciolo è lungo 1-2 cm e il margine basale della foglia si restringe a "V" (lobato ad "orecchietta" nella farnia). La Rovere è una pianta monoica a fiori unisessuali. Le infiorescenze maschili formano radiamenti penduli color verdigiallastro lunghi 6-7 cm; i fiori femminili sono solitari o riuniti in corte spighe in posizione terminale o sull'ascella fogliare. La fioritura avviene a maggio. I frutti sono ghiande sessili, tozze e ovato-oblunghe, solitarie o a gruppi di 2-6. Si differenzia dalla roverella per le maggiori dimensioni del fusto e per il lato inferiore della foglia che si presenta glabro.

1.2.5 Quercus alba – QUERCIA BIANCA AMERICANA



La quercia bianca cresce in un vasto areale del continente Americano, che comprende gran parte della costa orientale degli Stati Uniti, alcuni stati centrali e raggiungendo a nord le zone canadesi del Quebec e dell'Ontario. Cresce nelle pianure e fino ad oltre i 1000m, prediligendo i versanti settentrionali o orientali. Q. alba si sviluppa su una vasta varietà di terreni, quando questi non sono siccitosi o superficiali. Il fusto cresce dai 20 a 40m circa, con diametri che raggiungono i 120cm; gli individui sono molto longevi e presentano uno sviluppo molto lento. L'apparato radicale è profondo e ben sviluppato, fittonante nei primi anni di sviluppo.

È una pianta monoica che fiorisce da fine Marzo a Maggio, a seconda della latitudine; i fiori maschili sono raccolti in amenti giallastri, mentre quelli femminili in corte spighe. I fiori femminili sono molto sensibili alle condizioni ambientali in fioritura; umidità elevata, basse temperature e venti secchi determinano un'abbondante abscissione, con conseguente ridotta produzione di ghiande. Queste maturano circa quattro mesi dopo l'impollinazione; hanno germinazione ipogea, favorita da temperature tra i 10-16°C.

1.3 ANATOMIA DEL LEGNO

La parte del tronco utilizzata dal bottaio è il *duramen* (o legno massello), che corrisponde alla zona centrale della sezione, costituita da xilema. Questa subisce il processo di *duramificazione* e sarà costituita da cellule morte ricche di sostanze quali oli, gomme, polisaccaridi, acidi organici, tannini, sali minerali, fenoli. In questa parte di legno i vasi un tempo funzionanti vengono occlusi progressivamente da *corpi tillosi*, estroflessioni membranose prodotte da cellule parenchimatiche, che vanno ad occupare il lume del vaso. Questo processo garantisce la sostanziale tenuta del legno al passaggio di liquido. Non sono, quindi, utilizzabili per la fabbricazione di botti le specie in cui non avviene la formazione di tille (ad esempio Quercus rubra). In Quercus alba, le tille sono più numerose e più voluminose che nelle specie europee e questo rende il legno più duro condizionando le modalità del taglio per l'ottenimento delle doghe.

Viene scartato invece l'alburno, parte viva e funzionante esterna al durame, dove scorre la linfa grezza che proviene dall'apparato radicale; l'alburno è ovviamente privo di tille.

La classificazione dei vari tipi di legno impiegati per l'affinamento dei vini viene effettuata principalmente attraverso l'analisi di due parametri: *grana* e *porosità*.

1.3.1 Grana del legno

Con grana del legno intendiamo l'ampiezza dell'anello annuo d'accrescimento della pianta, risultato dell'attività del cambio in senso radiale. Ha relazione con la porosità, la quantità e la qualità degli estraibili che saranno ceduti al vino.

Grana e struttura del legno sono legate alla velocità di crescita della pianta; più veloce è la crescita annua della pianta, più grossa sarà la grana, meno poroso sarà il legno.

Il legno prodotto in un anno, sia di quercia sessile che pedunculata, è costituito da una zona più tenera e porosa provvista di grossi vasi per il trasporto di linfa grezza, chiamata legno di primavera. Una seconda zona, invece, presenta maggiore compattezza e minore porosità, è ricca in strutture di sostegno (fibre), vasi molto piccoli e parenchima longitudinale, che nel legno giovane possiede ancora cellule vive capaci di elaborare sostanze che intervengono nel processo di *duramificazione*; questa seconda porzione viene chiamata legno d'estate.

Quando la pianta accelera la propria crescita, producendo anelli annui più larghi, lo fa in particolar modo nella fase estiva, mentre la porzione di legno primaverile rimane sostanzialmente la stessa. Ciò porta a un aumento della densità del legno, della sua durezza e la colorazione appare più scura. In accrescimenti più lenti, invece, xilema di primavera e xilema estivo si equivalgono, il legno presenta maggior numero di grossi vasi e minore quantità di fibra e il legno appare chiaro e poroso.

I legni di grana grossa, quindi, presentano minore porosità; ciò si traduce in termini enologici in minor scambio vino-ossigeno, quindi in fenomeni evolutivi a carico dei polifenoli del vino più lenti e meno pronunciati. Rilasciano, invece, in maggiore quantità e in maniera più rapida sostanze estraibili: composti fenolici, cumarine, aldeidi fenoliche. Questi, però, presentano un potenziale aromatico più basso, soprattutto per quanto concerne le note dolci e vanigliate.

I legni a grana più fine invece, pur rilasciando al vino una minore quantità di composti, possiedono un'aromaticità più spiccata, sono più ricchi in aldeidi benzoiche (vanilica e siringica) e lattoni.

La quercia sessile tende a crescere più lentamente rispetto alla pedunculata; tuttavia, le caratteristiche del terreno e le condizioni climatiche prevalgono sul fattore genetico.

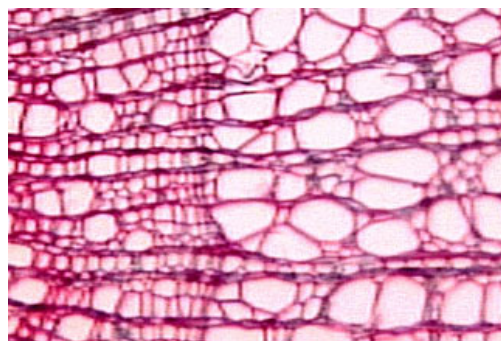
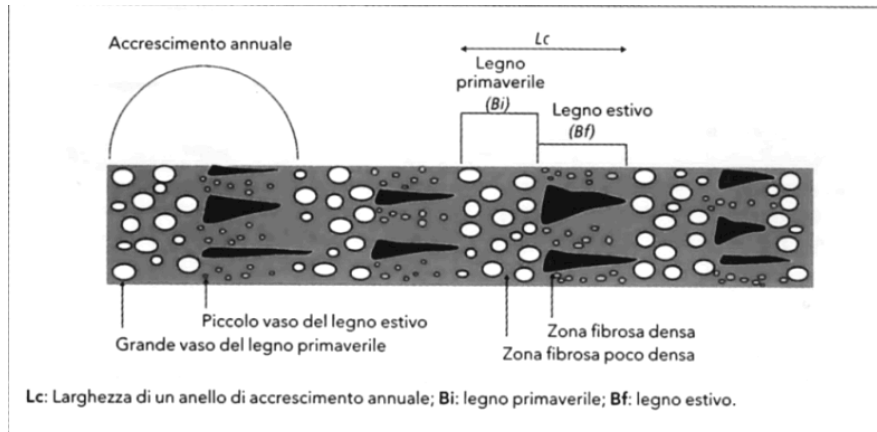
1.3.2 Porosità

Il legno è costituito da un insieme di spazi vuoti (lumi cellulari) e spazi pieni (pareti cellulari), ciò è definibile come un sistema poroso. La porosità totale del sistema può essere definita come il rapporto tra volume degli spazi vuoti e il volume totale del sistema.

La percentuale di grossi vasi è inversamente proporzionale alla larghezza dell'anello di accrescimento annuo, mentre la densità del legno aumenta all'aumentare della larghezza dell'accrescimento annuo dell'anello. Maggiore è il numero di grossi vasi conduttori (macroporosità), minore sarà la larghezza dell'anello di accrescimento annuo. Di conseguenza, si può affermare che i legni a elevata densità presentano minore porosità.

Il legno della *Farnia* presenta alborno biancastro o giallastro e duramen più scuro, con anelli annuali ben distinti e raggi altrettanto evidenti. È abbastanza simile a quello della rovere, sia per struttura che aspetto. La differenza principale è costituita dalla pesantezza: la farnia, infatti, è leggermente più porosa ed elastica di *Q. petraea*, e quindi più leggera e di facile lavorazione. La rovere è quindi reputata meno idonea per lavori fini. La Farnia è una delle specie più ricercate per i suoi molteplici usi.

Il *rovere americano* ha un legname più denso di quello europeo e con vasi legnosi maggiormente occlusi da formazioni tillose; di conseguenza, ha una maggior impermeabilità e si presta meglio alla realizzazione delle doghe con la tecnica del taglio, più economica e di maggior resa. È questo uno dei motivi che contribuiscono maggiormente al minor costo delle barriques americane.



2.0 CARATTERISTICHE MECCANICHE

2.1 Il legno

Il legno è un materiale *anisotropo* nei confronti di tutte le proprietà meccaniche, in quanto queste variano con la direzione anatomica considerata. È, inoltre, un materiale *non omogeneo* che non possiede, quindi, caratteristiche sempre costanti.

Le proprietà meccaniche di uno stesso provino di legno, infatti, variano in funzione di:

- temperatura: all'aumentare della temperatura corrisponde (a parità di altri fattori) una diminuzione di resistenza; anche la durata dell'esposizione ad una temperatura elevata (ad es. un trattamento termico) può sortire effetti negativi sulla resistenza del materiale: a 200 °C si ha un peggioramento delle caratteristiche meccaniche dopo pochi minuti, a causa del parziale degradamento chimico di alcuni costituenti della parete cellulare;
- la durata del carico;
- l'umidità del legno: è questo il parametro in funzione del quale si registrano le più sensibili variazioni di resistenza in uno stesso provino; le massime caratteristiche meccaniche del legno (ad eccezione della resilienza) si riscontrano allo stato secco, mentre quelle minime si rilevano allo stato fresco.

I fattori che invece determinano differenze meccaniche tra legni di specie diverse sono:

- spessore degli anelli;
- massa volumica: i legni più pesanti sono anche i più resistenti (relazione quasi lineare);
- inclinazione della fibratura: all'aumentare dell'inclinazione della fibratura, le resistenze si abbassano sensibilmente.

In una dogia soggetta a sollecitazioni esterne, si instaurano i seguenti equilibri:

sollecitazioni esterne (azioni + reazioni) ↔ deformazioni ↔ tensioni interne.

In statica si definisce tensione "la forza che si trasmette attraverso una superficie unitaria". Le tensioni sono, da un punto di vista dimensionale, assimilabili alle pressioni, per cui vengono espresse in N/m², unità di misura che prende il nome di Pascal (Pa).

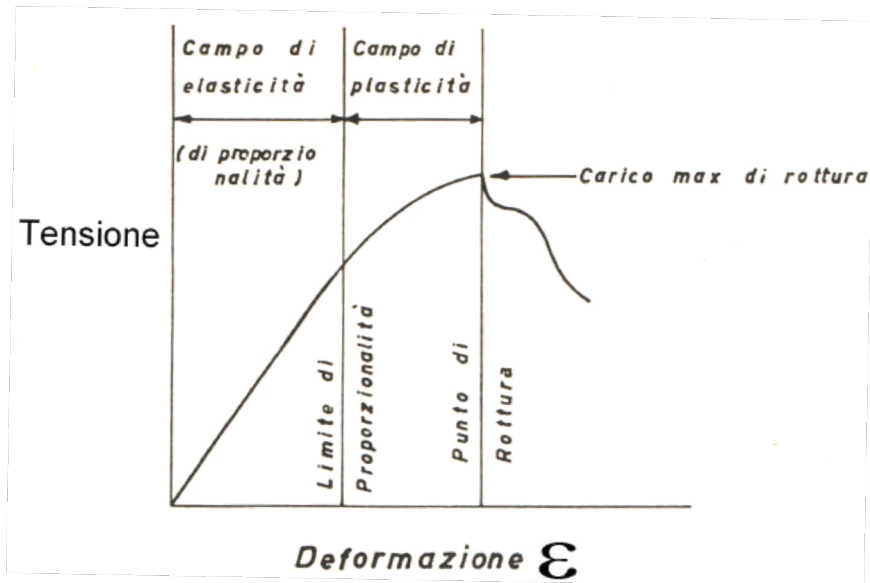
Esistono fondamentalmente due tipi di tensioni:

- le *tensioni normali*, indicate generalmente con la lettera greca sigma (σ), orientate perpendicolarmente all'elemento di superficie considerato;
- le *tensioni tangenziali*, indicate generalmente con la lettera greca tau (τ), orientate parallelamente all'elemento di superficie considerato.

Le tensioni normali possono essere di trazione oppure di compressione; in una trave esse possono essere generate sia da sollecitazioni di trazione o di compressione (ed in tali casi se applicate al baricentro si possono considerare costanti in tutta la sezione), sia da sollecitazioni di flessione (ed in tal caso sono distribuite in modo più complesso).

Le tensioni tangenziali possono essere provocate da sollecitazioni di taglio oppure di torsione e tendono a spostare il materiale in direzioni opposte.

2.2 Diagramma tensioni-deformazioni per il legno



La curva parte dall'origine degli assi e nel primo tratto OA è rettilinea, il che indica una proporzionalità diretta tra tensione e deformazione del provino. In questo tratto vale la cosiddetta legge di Hooke: $\sigma = E \cdot \varepsilon$

La costante di proporzionalità E prende il nome di modulo di elasticità (o modulo di Young), indicata con la sigla MOE (*modulus of elasticity*).

Geometricamente esprime la pendenza (cioè il coefficiente angolare) del tratto rettilineo della curva tensioni-deformazioni: quanto più E è elevato, tanto più la retta iniziale si avvicinerà alla verticale e tanto più rigido sarà il legno.

All'aumentare della tensione, la curva abbandona l'andamento lineare per assumere quello di una curva. La legge di Hooke in questo secondo tratto non vale più ed un aumento della tensione comincia a causare deformazioni permanenti nel provino: siamo dunque entrati in regime di plasticità.

Oltre il limite di plasticità si giunge al limite di rottura, oltre il quale il legno cede. La tensione corrispondente al limite di rottura prende il nome di resistenza del legno (*strength*) a quel determinato tipo di sollecitazione.

2.3 CARATTERISTICHE DEL LEGNO PER LA PRODUZIONE DI BARILI (BARRIQUES)

Le doghe sono ottenute mediante la fessurazione (o spaccatura: di qui il nome di legno spaccato o di spacco) del tronco seguendo la fibra del legno. In tal modo i vasi midollari non vengono interrotti e quindi si può essere certi in modo quasi assoluto della tenuta e impermeabilità dei recipienti.

2.4 CARATTERISTICHE DEL LEGNO PER LA PRODUZIONE DI BOTTI E TINI

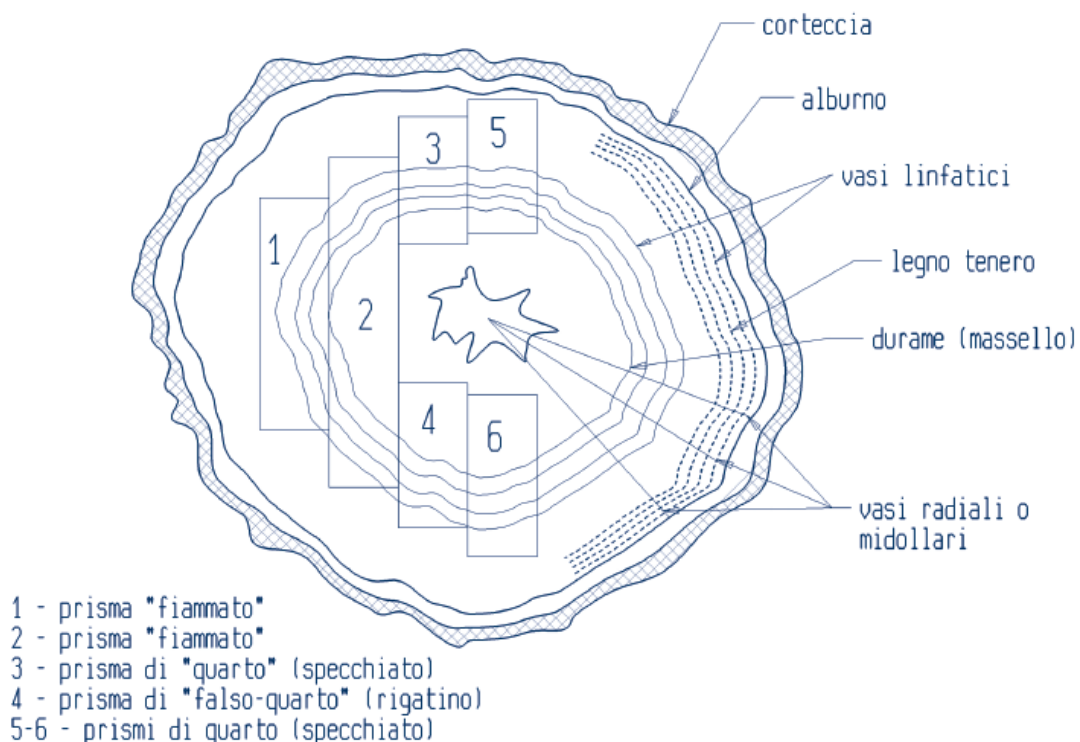
Il termine botte viene utilizzato per indicare quei contenitori con capacità di almeno 12/15 ettolitri.

Le doghe (inclusi i pezzi che compongono i fondi) vengono prodotte dal taglio del tronco mediante sega, non potendo per ragioni di dimensione e costo ricavarle per fessurazione come detto per i barili. I fusti sono tagliati in senso longitudinale, ottenendo più sezioni parallele.

Nella sezione trasversale sono presenti legni aventi diverse caratteristiche meccaniche; distinguiamo a riguardo la sezione suddividendola in prismi:

- A. prisma n°1: parzialmente interessato da legno tenero e nuovo, conduttore di linfa. La doga n°2 non lo è se non in parte trascurabile. Questo taglio si dice "di fianco" oppure "fiammato" per la forma che si nota sulla faccia. Appunto perché legno conduttore di linfa, le sostanze cedute al vino sono assai meno pregiate di quelle ottenute dal durame. Il legno tenero contiene la parte più aspra dei tannini e più povera di sostanze aromatiche. Questo taglio di fianco ha anche la caratteristica di avere i vasi midollari perpendicolari e/o obliqui rispetto all'asse di taglio, ovvero alle facce delle doghe, permettendo un considerevole fenomeno di ossidazione del contenuto. La caratteristica del taglio di fianco è anche negativa sotto il profilo statico della doga, perché la rende soggetta a tensioni e torsioni che possono provocare ondulazioni o deformazioni;
- B. prisma n°4: quasi totalmente interessato da legno detto durame o massello. Questa parte del tronco si dice anche di taglio (eseguito sempre nel senso longitudinale) di falso-quarto o rigatino. I vasi radiali sono obliqui rispetto alle facce delle doghe;
- C. prismi n°3-5-6: interessati, come per il rigatino, di legno detto durame o massello. Questa parte del tronco si dice anche di taglio di quarto. I vasi radiali sono paralleli rispetto alle facce delle doghe e quindi non ci possono essere né tensioni né trazioni. Questa forma di taglio riproduce esattamente quella della doga ottenuta per fessurazione (a spacco) usata per le barriques.

Solo le doghe ottenute con taglio sul quarto e sul falso-quarto danno la massima affidabilità sotto il profilo statico; inoltre, queste sono dotate di maggiore impermeabilità al liquido, di aromi più equilibrati e tannini meno aspri.



3.0 COMPOSIZIONE CHIMICA

Il durame di quercia è composto mediamente da:

- cellulosa: 40%
- lignina: 25%
- emicellulosa: 20%
- tannini ellagici: 10%
- Osi, lipidi, steroli, sostanze volatili e minerali: 5%

I composti chimici presenti nel legno grezzo, quindi, possono essere ricondotti a due grandi categorie di molecole: i *polimeri* e i *composti estraibili*.

3.1 POLIMERI

Le macromolecole polisaccaridiche (cellulosa, emicellulosa) e polifenoliche (lignine) costituiscono l'85% del legno. Su questo gruppo di costituenti, si notano poche variazioni tra le principali specie di querce utilizzate per la fabbricazione di botti.

3.1.1 Cellulosa

È un polimero costituito da catene lineari di cellobiosio, un disaccaride formato da due molecole di glucosio legate in β 1-4. Tali catene tendono ad associarsi in miofibrille, le quali sono la base scheletrica delle pareti cellulari. Lungo le fibrille, si possono distinguere delle zone cristalline e delle zone amorfe; le prime conferiscono rigidità alla struttura, le seconde elasticità. La cellulosa ha la tendenza a formare legami intra (legami H) e intermolecolari; si ritrova spesso, infatti, legata a emicellulose o alla lignina. Durante la maturazione del vino, in seguito a idrolisi acida del polimero si può verificare la liberazione di unità di cellobiosio, possibile nutrimento per *Brettanomyces*.

3.1.2 Emicellulosa

A differenza della cellulosa, è costituita da catene polisaccaridiche più corte ma ramificate. Si tratta di un eteropolisaccaride, in quanto risulta formato da monomeri di diversa natura: ramnosio, galattosio, arabinosio, mannosio. Ha una maggiore solubilità rispetto alla cellulosa, di cui funge da legante tra le fibrille. In alcuni siti risultano acilati, di conseguenza si verifica la liberazione di piccole quantità di metanolo e acido acetico. Durante il processo di degradazione termica, gli zuccheri che vengono liberati si trasformano in molecole caratterizzanti dal punto di vista organolettico, quali aldeidi furaniche come il furfurale (mandorla tostata).

3.1.3 Lignine

Rappresentano la frazione fenolica delle pareti cellulari. Presenta una complessa struttura reticolare, derivata dalla polimerizzazione di unità di fenil-propani (legame tra C6-C3). La lignina di quercia è formata da due unità costitutive: unità siringile e guaiacile. Avvolge cellulosa ed emicellulosa, legandosi a quest'ultima tramite legami etere-estere. Conferisce alla parete cellulare durezza e rigidità; in presenza di acqua, assume comportamento plastico, fatto fondamentale nella curvatura delle doghe. Sono all'origine di una serie di molecole aromatiche, tra cui l'aldeide vanillica e alcuni fenoli volatili.

3.2 COMPOSTI ESTRAIBILI

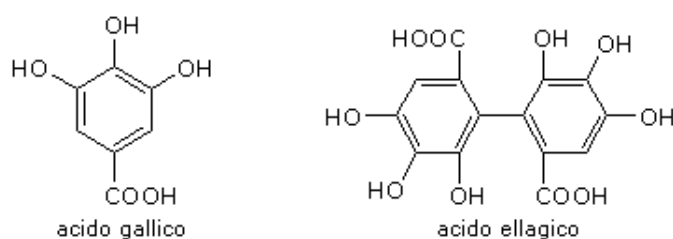
Il contenuto tannico e aromatico è in relazione sia alla specie che alla composizione chimica del terreno e alle ricombinazioni genetiche nelle stesse specie. Solo nel caso in cui gli alberi di rovere della stessa specie provenissero da regioni aventi lo stesso clima, la stessa morfologia

del suolo, la stessa composizione chimica del terreno, lo stesso corredo genetico, avrebbero le stesse sostanze nobili e conferirebbero lo stesso *boisé*.

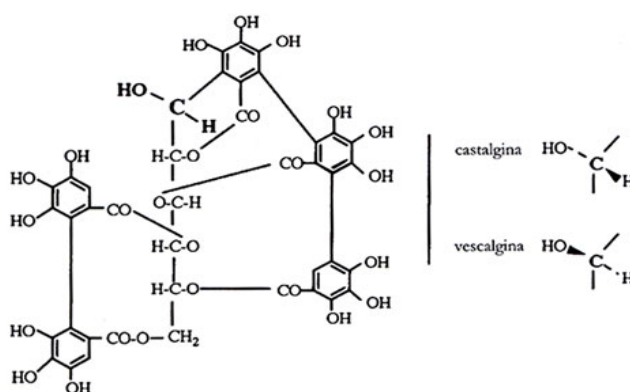
La composizione biochimica del durame varia notevolmente dall'interno alla periferia, ed anche nel senso della lunghezza del tronco per cui le singole doghe possono presentare un diverso comportamento nei confronti delle cessioni.

3.2.1 TANNINI ELLAGICI

I tannini ellagici appartengono alla categoria degli idrolizzabili. Si trovano soprattutto nel legno non ancora completamente stagionato sotto forma di esteri e glucosidi dell'acido D-gallico e conferiscono un caratteristico sapore amaro ed astringente poco gradevole.



I tannini ellagici più abbondanti nelle querce europee *Quercus robur* e *Quercus sessilis* sono la *castalagina* e la *vescalagina* (3-10 mg/g nel legno secco):

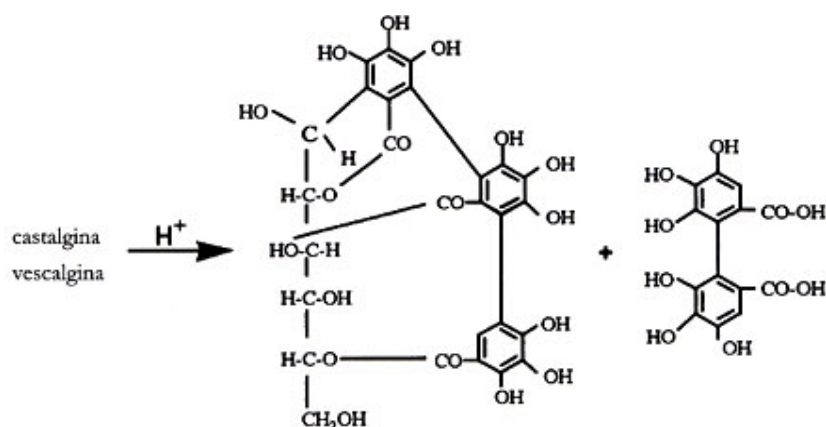


La *castalagina* e la *vescalagina* sono composte da cinque anelli di acido gallico esterificati ad una molecola di glucosio, nella sua forma a catena aperta. I due composti sono *epimeri* in C1 del glucosio.

Con il completamento della stagionatura e durante il periodo di conservazione e utilizzo della botte, l'acido D-gallico viene scisso dall'*enzima depsidasi* in acido gallico libero, caratterizzato da un sapore dolce e gradevole. Allo stesso modo evolvono altri tannini gallici idrosolubili, consentendo al legno di continuare a cedere sostanze polifenoliche gradevoli che influiscono positivamente anche sul corpo del vino contenuto.

Non si rilevano differenze significative nei loro contenuti (totale e individuale) tra le due specie di quercia, neanche nella posizione del taglio delle doghe (parte alta dell'albero o orientamento radiale). L'unico fattore che incide sul contenuto di tannini ellagici è l'età del legno dell'albero, vale a dire la distanza dall'alburno. Nel durame, la concentrazione diminuisce verso il centro dell'albero, quindi il maggiore contenuto di tannini ellagici si riscontra negli anelli più giovani (senza includere l'alburno il cui contenuto in tannini ellagici è molto ridotto). Di questi è stata recentemente scoperta la forte attività fungistatica. I tannini

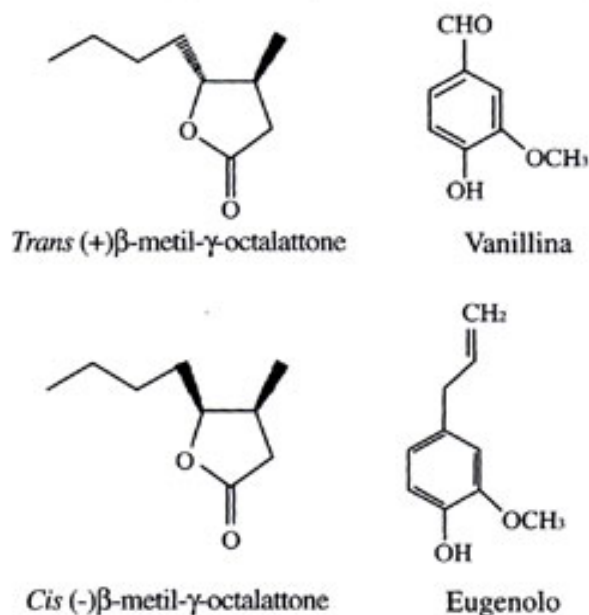
ellagici idrolizzabili possono essere soggetti ad idrolisi al pH del vino, prima ad acido difenico e castalagina + vescalgina e poi a glucosio e acido gallico:



3.2.2 COMPOSTI AROMATICI

Le sostanze aromatiche cedute dal legno che maggiormente contraddistinguono i vini rossi di pregio dopo la maturazione in barili sono:

- *metil-octalattone*: noce di cocco-albicocca; vi sono due isomeri, la forma cis ha soglie di percezione più basse ed è presente in concentrazioni maggiori in Q. alba; la forma trans conferisce una generica nota di legno. Queste differenze olfattive sono dovute alla diversa configurazione della molecola, alla quale i recettori della mucosa del naso sono sensibili.
- *eugenolo*: fenolo volatile presente in concentrazioni elevate, conferisce note di chiodi di garofano
- *vanillina*: aldeide fenolica che conferisce note vanigliate; sempre appartenenti alla classe delle aldeidi, ricordiamo la siringaldeide (a. benzoica), la coniferaldeide e la sinapaldeide (a. cinnammiche, le quali si formano in seguito a riscaldamento dai rispettivi acidi).



A seconda delle sue origini, il legno può risultare più o meno profumato; gli odori

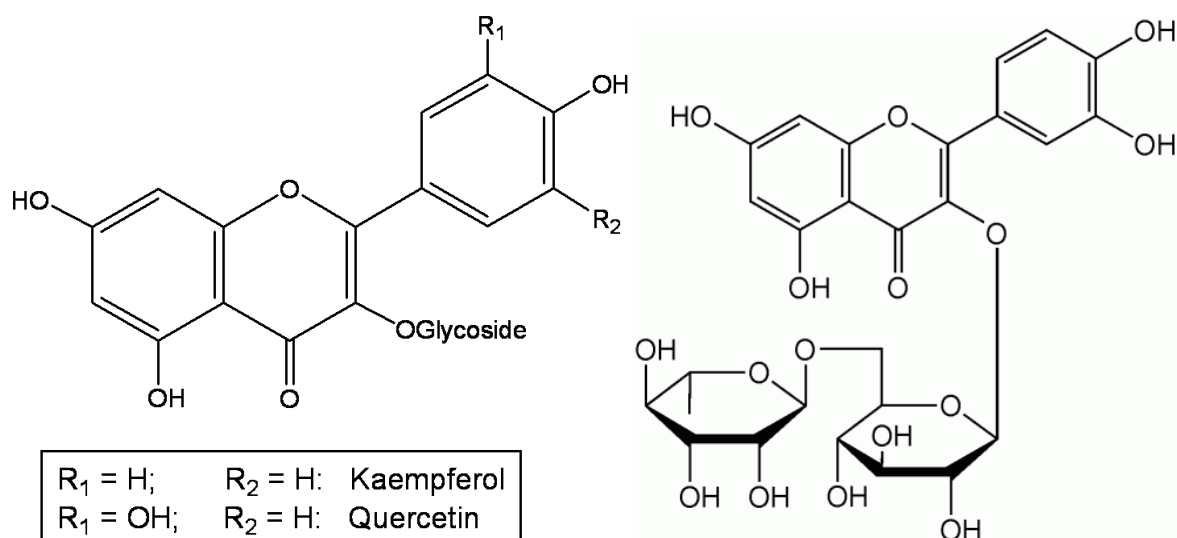
caratteristici, comunque, si sviluppano soprattutto durante la fase di essiccamento delle doghe. La *Quercus petraea-sessilis* che contiene tali composti nelle proporzioni più equilibrate è quella proveniente, in particolar modo, dalle regioni: Centre (dipartimento dello Cher), Bourgogne (dipartimento della Nièvre con capoluogo Nevers), Auvergne (dipartimento dell'Allier con la celebre foresta di Tronçais) e Vosges della Francia.

È ovvio che nel rovere impiegato per la costruzione di recipienti per vino debba essere presente anche una parte che possa cedere sostanze tanniche, al fine di garantire un giusto ed equilibrato affinamento (dalla specie *Quercus robur-pedunculata*). Questa miscelazione di doghe delle due specie di *Quercus* avviene in modo naturale perché in tutte le regioni boschive coesistono alberi di rovere sia pedunculata che sessile.

Composti volatili e fissi, in funzione dell'origine botanica del legno

| Parametri | <i>Quercus sessilis</i> | <i>Quercus pedunculata</i> | <i>Quercus alba</i> |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------|
| Estraibili totali (mg/g) | 57 | 90 | 140 |
| Polifenoli estraibili (DO 280) | 22 | 30 | 17 |
| Ellagitannini (mg/g) | 8 | 15 | 6 |
| Catechine (µg/g) | 300 | 600 | 450 |
| Metil octalattone (µg/g) | 77 | 16 | 158 |
| Eugenolo (µg/g) | 8 | 2 | 4 |
| Vanillina (µg/g) | 8 | 6 | 11 |

3.2.3 PIGMENTI



Il legno di quercia contiene una quantità non indifferente di pigmenti gialli (flavonoidi) quali quercetina e rutina, che vengono solubilizzati già nelle prime fasi di contatto, apportando colore ai vini bianchi.

Nel legno fresco sono presenti anche dei carotenoidi, dai quali si originano composti *norisoprenoidi*. Queste molecole, molto ossidabili, conferiscono al legno un colore rosato. Scompaiono dopo il taglio e l'esposizione per alcune settimane all'aria.

Nel legno è presente, inoltre, una frazione minerale rappresentata prevalentemente da calcio, potassio e magnesio. Sono presenti alcuni metalli, ad esempio il ferro, il rame, l'alluminio, lo zinco, il piombo, il nichel, il bario, il cobalto, il molibdeno.

4.0 Bibliografia

- Botanica Forestale (Volume II) – Romano Gellini, Casa editrice Dott. Antonio Milani;
- Tecnologia del legno (Volume III) – Guglielmo Giordano, Unione Tipografico-Editrice Torinese;
- Rovere d'eccellenza per grandi vini – *Opuscolo Gamba (fabbrica barili, botti e tini)*;
- Caratteristiche del legno e affinamento del vino - J. H. D'Orglandes, D. Lenoir, H. Husson, (*Forêt-entreprise n° 173 Marzo 2007*);
- Uso del legno in enologia: specie botaniche utilizzate, anatomia e classificazione – Giacomo Citron (*Informatore Agrario, 50/2003*);
- Uso del legno in enologia: i componenti del legno di quercia – Giacomo Citron (*IA, 36/2004*);
- Proprietà meccaniche del legno: www.sfera-group.it/_modules/download/download/.../02-A-05.pdf;
- Trattato di enologia II: Chimica del vino, Stabilizzazione, Trattamenti – P. Ribéreau Gayon, Y. Glories, A. Maujean, D. Dubourdieu;
- Ruolo dell'ossigeno e del legno nell'espressione dei caratteri varietali - Roberto Zironi, Franco Battistutta, Lara Tat, Piergiorgio Comuzzo, Laura Brotto (*Dipartimento di Scienze degli Alimenti, Università di Udine*);