



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η επίδραση των διαφορετικών ειδών ξύλου στη διαδικασία της
παλαίωσης και τα οργανοληπτικά χαρακτηρισικά των οίνων**

Ονοματεπώνυμο: Δημήτριος Παινέσης

ΑΜ: 161078

Επιβλέπων: Δρ Ευάγγελος Μπερής

ΑΘΗΝΑ, 2023



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA, SCHOOL OF FOOD SCIENCE,
DEPARTMENT OF WINE, VINE AND BEVERAGE SCIENCES**

BACHELOR THESIS

**The effect of various types of wood on the process of aging
wines and on their sensory characteristics**

Student: Dimitrios Painesis

Registration number: 161078

Supervisor: Dr Evangelos Beris

Athens, 2023

Διασαφήσεις εξεταστικής επιτροπής

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη διπλωματική εργασία με τίτλο «**Η επίδραση των διαφορετικών ειδών ξυλού στη διαδικασία της παλαίωσης και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των οίνων**» που παρουσιάστηκε από τον Δημήτριο Παινέση και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα Καθηγητή (1^ο Μέλους Επιτροπής)	
Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (2^ο Μέλους Επιτροπής)	
Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (3^ο Μέλους Επιτροπής)	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Δημήτριος Παινέσης του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 161078 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Οίνου, Αμπέλου και Ποτών δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

**Ονοματεπώνυμο & Υπογραφή Συγγραφέα Πτυχιακής Εργασίας
Δημήτριος Παινέσης**

Παινέσης

Περίληψη

Η παλαίωση του κρασιού είναι ένα κρίσιμο στάδιο στην εξέλιξη ενός οίνου και δύναται να περιλαμβάνει τόσο την οξειδωτική όσο και την αναγωγική παλαίωση. Αυτή η διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους και σε διάφορα μέσα όπως σε δρύινα βαρέλια, πήλινους αμφορείς, τσιμεντένιες ή ανοξείδωτες δεξαμενές, ακόμα και στην ίδια την φιάλη (αναγωγική παλαίωση). Τα δρύινα βαρέλια χρησιμοποιούνται συνήθως για παλαίωση, επηρεάζοντας τις οργανοληπτικές ιδιότητες, το άρωμα και το χρώμα του κρασιού. Το μέγεθος, η ηλικία και η επεξεργασία του βαρελιού παίζουν σημαντικό ρόλο στην παλαίωση του κρασιού. Τα μικρότερα βαρέλια οδηγούν σε ταχύτερη ωρίμανση, ενώ τα μεγαλύτερα είναι πιο οικονομικά. Τα νέα βαρέλια απελευθερώνουν περισσότερες τανίνες και οι οινοπαραγωγοί θα πρέπει να τα αντικαθιστούν κάθε 2-3 χρόνια. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός δρύινου βαρελιού μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη γεωγραφική προέλευση του ξύλου. Περιστασιακά χρησιμοποιούνται και άλλα είδη ξύλου, όπως η κερασιά, η ακακία και η καστανιά. Η επεξεργασία του ξύλου, όπως η θέρμανση και το μούλιασμα, επηρεάζει επίσης τη διαδικασία παλαίωσης. Η διάρκεια παλαίωσης ενός κρασιού εξαρτάται από τον τύπο του κρασιού και το επιθυμητό γευστικό προφίλ. Ορισμένα κρασιά προορίζονται να καταναλώνονται νεαρά, ενώ άλλα μπορούν να παλαιωθούν για αρκετά χρόνια ή και δεκαετίες. Τα παλαιωμένα κρασιά αποτελούν σημαντικό μέρος της παγκόσμιας οινοβιομηχανίας. Για το λόγο αυτό, εξετάζονται νέες δυνατότητες για την επέκταση της χρήσης διαφορετικών τύπων ξύλου και την επιτάχυνση της διαδικασίας. Η έρευνα βρίσκεται σε εξέλιξη για τον εντοπισμό και τον χαρακτηρισμό της κινητικής AC και του οξυγόνου στη γήρανση. Τα υποκατάστατα συστήματα μπορούν να μιμηθούν ή να ενισχύσουν το αισθητηριακό προφίλ επιταχύνοντας τη διαδικασία και μειώνοντας το κόστος. Ωστόσο, τα βαρέλια εξακολουθούν να είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος και είναι απίθανο να εξαφανιστούν εντελώς τα επόμενα χρόνια.

Λέξεις κλειδιά: οίνος, δρύινο βαρέλι, παλαίωση κρασιού, καστανιά, κερασιά και ακακία στην παλαίωση του κρασιού

Abstract

Wine aging is a crucial stage regarding the development of a certain wine and can involve both oxidative and reductive aging. This process can be carried out in various ways, and in various media, including oak barrels, clay amphorae, cement or stainless-steel tanks, or even in the bottle (reductive aging). Oak barrels are commonly used for aging, affecting the organoleptic properties, aroma and color of the wine. The size, age and treatment of the barrel play an important role in the aging of the wine. Smaller barrels lead to faster maturation, while larger ones are more economical. New barrels release more tannins and winemakers should replace them every 2-3 years. The quality characteristics of an oak barrel can vary depending on the geographical origin of the wood. Other types of wood are occasionally used, such as cherry, acacia and chestnut. Treatment of wood, such as heating and soaking, also affects the aging process. How long a wine is aged depends on the type of wine and the desired flavor profile. Some wines are intended to be consumed young, while others can be aged for several years or even decades. Aged wines are an important part of the global wine industry. For this reason, new possibilities are being considered to expand the use of different types of wood and speed up the process. Research is ongoing to identify and characterize AC and oxygen kinetics in aging. Substitute systems can mimic or enhance the sensory profile, speeding up the process and reducing costs. However, barrels are still the most popular method and are unlikely to disappear completely in the coming years.

Key words: wine, oak barrel, wine aging, chestnut, cherry and acacia in wine aging

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	1
1.1. Σκοπός	4
1.2. Παλαίωση οίνου	4
1.2.1. Παλαίωση οίνου σε βαρέλι.....	6
1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν τον τρόπο παλαίωσης του οίνου.....	6
1.3.1. Η τεχνική για την παραγωγή οίνου	6
1.3.2. Οι ποικιλίες του κρασιού.....	7
1.4. Μεταβλητές που σχετίζονται με το βαρέλι.....	8
1.4.1. Είδη ξύλου.....	8
1.4.2. Η επεξεργασία του ξύλου	8
1.4.3. Το πορώδες του ξύλου.....	9
1.4.4. Το μέγεθος και η ηλικία των βαρελιών	9
1.4.5. Η διάρκεια παλαίωσης.....	10
1.4.6. Το περιβάλλον ωρίμανσης.....	10
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	12
2.1. Ο ρόλος της βελανιδιάς στην παλαίωση του οίνου ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της, την προέλευση και το είδος.....	12
2.1.1. Δάση βελανιδιάς της Γαλλίας.....	13
2.1.2. Ελληνικά είδη Δρυός.....	15
2.1.3. Ωρίμανση κρασιού και δρυς.....	18
2.1.4. Παραγωγή κρασιού με κομμάτια (τσιπς) ξύλου δρυός	21
2.1.5. Χρήση τσιπς δρυός στο λευκό κρασί	24
2.2. Επιδράσεις της βελανιδιάς στο λευκό κρασί.....	25
2.3. Επιδράσεις της βελανιδιάς στο κόκκινο κρασί.....	26
2.4. Άλλα είδη ξύλου που χρησιμοποιούνται στην παλαίωση	28
2.4.1. <i>Castanea Sativa Mill</i> (καστανιά).....	29
2.4.2. <i>Robinia Pseudoacacia L.</i> (False Acacia)/ (ακακία).....	30
2.4.3. <i>Prunus</i> (κερασιά).....	31
2.4.4. <i>Fraxinus</i> (τέφρα)	33
2.4.5. <i>Morus</i> (Mulberry) / (Μουριά)	34

2.5. Χημική Σύνθεση του Εκχυλίσμου Κλάσματος των Διάφορων Ξύλων	36
2.6. Σύγκριση των ειδών του ξύλου ως προς την καταλληλότητα τους για την παλαίωση των οίνων και ανάλυση των παραγόντων που διαμορφώνουν το τελικό αποτέλεσμα (seasoning, toasting, barrel size)	40
2.6.1. Η επίδραση των εκχυλισμάτων βελανιδιάς στη γεύση του κρασιού	62
2.6.2. Αρωματικές ουσίες βελανιδιάς	63
2.6.3. Μικροοξυγόνωση	65
2.6.4. Οι επιπτώσεις της ελεγχόμενης οξείδωσης στην ποιότητα του κρασιού	66
2.7. Συγκριτική Ανάλυση Τεχνολογιών Γήρανσης	71
2.8. Νομοθεσία	73
Αποτελέσματα - Συμπεράσματα	74
Βιβλιογραφία	76

1. Εισαγωγή

Η παλαίωση των οίνων είναι μια διαδικασία η οποία ξεκίνησε χιλιάδες χρόνια πριν, από τους πρώτους κιάλας πολιτισμούς οι οποίοι ασχολήθηκαν με την παραγωγή του οίνου και με την τοποθέτησή του σε διάφορα δοχεία. Ευρήματα αρχαιολόγων αποδεικνύουν ότι η τοποθέτηση κρασιού σε πήλινα δοχεία ξεκίνησε από τους Ασσύριους και από άλλους λαούς της Μεσοποταμίας 5000 χρόνια πριν τη γέννηση του Χριστού (Tao et al., 2014).

Το δρύινο βαρέλι είναι αναμφισβήτητα ένας παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα του κρασιού και κατά συνέπεια, την πληρότητα του οργανοληπτικού του χαρακτήρα. Η διάρκεια ζωής του κόκκινου κρασιού επηρεάζεται κυρίως από τη συγκέντρωση φαινολικών συστατικών και τον βαθμό οξύτητάς του. Η βελανιδιά από την Ανατολική Ευρώπη προτιμά ξηρά, εύκρατα κλίματα και ασβεστόχρα εδάφη. Μετά τις Ηνωμένες Πολιτείες, η Γαλλία είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος παραγωγός βαρελιών στον κόσμο. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός δρύινου βαρελιού μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη γεωγραφική προέλευση του ξύλου. Περιστασιακά χρησιμοποιούνται και άλλα είδη ξύλου, όπως η κερασιά, η ακακία και η καστανιά (*Castanea sativa*). Η *Acacia Rovinia* μπορεί να βρεθεί στη Γαλλία, την Ιταλία, τις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ελλάδα (Tao et al., 2014).

Η επεξεργασία του ξύλου, το πορώδες του ξύλου, το μέγεθος και η ηλικία των βαρελιών, και το άρωμα των ακατάλληλα παρασκευασμένων κρασιών είναι όλοι σημαντικοί παράγοντες για την παλαίωση του κρασιού. Το ξύλο με χαμηλό πορώδες είναι κατάλληλο για παλαίωση κρασιού, ενώ το παράκτιο ξύλο έχει μεγαλύτερους πόρους. Το άρωμα των ακατάλληλα παρασκευασμένων κρασιών οφείλεται στην παραγωγή αιθανόλης, ενώ η ρυθμισμένη και σταδιακή οξείδωση μέσα στο βαρέλι προκαλεί την παραγωγή αναγωγικών χημικών ουσιών. Η διαδικασία παλαίωσης του κρασιού επηρεάζεται από το μέγεθος του βαρελιού, το οποίο καθορίζει την έκταση της επιφάνειας επαφής μεταξύ του ξύλου και του κρασιού. Η οικονομία παραγωγής ευνοεί τα μεγαλύτερα βαρέλια, ενώ η ευκολία μετακίνησης και η ταχύτερη ωρίμανση ευνοούν τα μικρότερα βαρέλια. Χρειάζεται τουλάχιστον ένας χρόνος για να παλαιώσει το κρασί στο βέλτιστο επίπεδο, με τη μέγιστη εκχύλιση ελλαγιταννινών και φουρφουράλης να

διαρκεί δύο μήνες. Η συγκέντρωση τανίνης του κρασιού υπερβαίνει αυτή του ξύλου του βαρελιού είναι κρίσιμο στοιχείο επιτυχίας (Belwal et al., 2018).

Η χρήση τσιπς δρυός στην οινοποίηση είναι ένα πρακτικό υποκατάστατο της παλαίωσης του κρασιού σε βαρέλι. Παρέχουν τα πλεονεκτήματα των γρήγορων χρόνων εφαρμογής, του συνεχούς ελέγχου της θερμοκρασίας, δεν απαιτείται καθαρισμός του βαρελιού, δεν υπάρχει κίνδυνος κρασιού από ανεπιθύμητα βακτήρια και καμία απώλεια κρασιού λόγω εξάτμισης. Ο Διεθνής Οργανισμός Αμπέλου και Οίνου (OIV) και η Ευρωπαϊκή Ένωση ενέκριναν πρόσφατα την εναλλακτική οινοποίηση δρυός, η οποία έχει αυξήσει την ανάγκη για ξύλο βελανιδιάς. Οι κύριες μεταβλητές που επηρεάζουν τις οργανοληπτικές ιδιότητες του κρασιού σε επαφή με κομμάτια ξύλου δρυός είναι ο τύπος της βελανιδιάς, η περιοχή προέλευσης, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του ξύλου δρυός, η επεξεργασία του ξύλου, η χημική σύνθεση, οι δόσεις του πατατάκια, το ψήσιμο του ξύλου και ο χρόνος επαφής με το κρασί. Η διαδικασία εξαγωγής χημικών αρωματικών ουσιών από τσιπς βελανιδιάς διαρκεί από μία έως τέσσερις εβδομάδες (Stadler & Fischer, 2020).

Αξιολογήθηκαν εμπορικά δείγματα αμερικανικών και γαλλικών τσιπς δρυός για την παρουσία και την περιεκτικότητα σε παράγωγα φουρανίου, φαινολικά οξέα και φαινολικές αλδεΐδες. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα τσιπς γαλλικής βελανιδιάς περιέχουν περισσότερες χημικές ουσίες γεύσης από τα τσιπς αμερικανικής βελανιδιάς και ότι η αύξηση της ποσότητας του φρυγανίσματος με ξύλο αύξησε τη συγκέντρωση φαινολικών χημικών ουσιών συνολικά.

Έχουν προταθεί υποκατάστατα ξύλου για τη δρυ, όπως *Castanea sativa* Mill. (καστανιά), *Robinia pseudoacacia* L. (ψευδοακακία), *Prunus savium* L. και *Prunus cerasus* L., *Fraxinus excelsior* L., *F. Americana* L., *Morus alba* L. και *Morus nigra* L. *Leucodermis*, *Prunus armeniaca*, *Fagus Sylvania* και *Alnus glutinosa*. Το *Castanea Sativa* Mill. είναι το μόνο είδος που έχει εγκριθεί για χρήση από τον OIV και έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς για οινολογικούς σκοπούς στην περιοχή της Μεσογείου. Η χρήση βαρελιών από ξύλο καστανιάς στην παλαίωση διαφόρων ποτών γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλής λόγω των υψηλών επιπέδων ολικών φαινολών, των ενώσεων χαμηλού μοριακού βάρους και της αντιοξειδωτικής δράσης. Το ξύλο καστανιάς έχει εξαιρετική ποιότητα, ταχύτερη ανάπτυξη των κονιάκ και πιο οικονομική παλαίωση λόγω φθηνότερου κόστους σε σύγκριση με τη δρυ Limousin για παλαίωσης κονιάκ.

Το ξύλο ακακίας έχει χαμηλό πορώδες και είναι ανθεκτικό. Ερευνητικές μελέτες σχετικά με τον χαρακτηρισμό αυτού του ξύλου για εφαρμογές βαρελοποιίας και τη χρήση του με αλκοολούχα ποτά, ιδιαίτερα κρασιά και ζύδια, έχουν δημοσιευτεί τα τελευταία δέκα χρόνια. Τα βαρέλια *Prunus* (κερασιά) έχουν την υψηλότερη διαπερατότητα οξυγόνου από όλα τα ξύλα που ερευνήθηκαν (Tortija et al., 2009).

Η βιωσιμότητα διαφόρων υλικών και τεχνικών παραγωγής για τη δημιουργία παλαιωμένων κρασιών υψηλής ποιότητας έχει διερευνηθεί πρόσφατα. Η μικρο-οξυγόνωση και τα ροκανίδια ξύλου χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μιας διαδικασίας που μοιάζει περισσότερο με τη γήρανση του βαρελιού, ενώ οι δεξαμενές από ανοξείδωτο χάλυβα χρησιμοποιούνται συχνότερα. Τα δοχεία από πηλό ή σκυρόδεμα γίνονται όλο και πιο δημοφιλή λόγω της πορώδους φύσης τους, αλλά είναι πιο πρακτικά και λιγότερο δαπανηρά στην αποστείρωση. Το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία αγγείων γήρανσης. Η χρήση τσιπς στην παλαίωση του κρασιού είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την παραγωγή παλαιωμένων κρασιών υψηλού διαμετρήματος και τυπικού αρώματος (Gortzi et al., 2013).

Ωστόσο, η λιανική τιμή είναι πιο λογική λόγω της χαμηλότερης επένδυσης που απαιτείται σε σύγκριση με τα συμβατικά παλαιωμένα κρασιά, γεγονός που αυξάνει την προσβασιμότητα των καταναλωτών. Ο Διεθνής Οργανισμός Αμπέλου και Οίνου (OIV) και η Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (CE 1507/2006) διέπουν αυτήν τη διαδικασία ωρίμανσης και μόνο τα είδη *Quercus* μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή καλών τσιπς. Υπάρχουν περαιτέρω απαιτήσεις για την πώληση βαρελιών κρασιού, όπως η ανάγκη να αποκαλυφθεί η διάρκεια παλαίωσης του ξύλου και ο περιορισμός ότι τα βαρέλια δεν μπορούν να χωρέσουν περισσότερα από 600 L. Ωστόσο, ο όρος "Barrel fermented" μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει κρασιά των οποίων η ζύμωση έχει γίνει σε βαρέλια χωρίς να χρειάζεται να καθοριστεί ο χρόνος (OIV, 2019).

Τα παλαιωμένα κρασιά έχουν υψηλή παραδοσιακή και εμπορική αξία και αποτελούν κρίσιμη φάση στη διαδικασία οινοποίησης. Εξετάζονται νέες δυνατότητες για την επέκταση της χρήσης διαφορετικών τύπων ξύλου και την επιτάχυνση της διαδικασίας. Τα βαρέλια έχουν μειονεκτήματα όπως η διάρκεια ζωής και το υψηλό κόστος παραγωγής, ενώ διεξάγεται έρευνα για τον εντοπισμό και τον χαρακτηρισμό

της κινητικής εναλλασσόμενου ρεύματος και του οξυγόνου κατά τη γήρανση. Δημιουργούνται υποκατάστατα συστήματα για να μιμούνται ή να βελτιώνουν το αισθητηριακό προφίλ επιταχύνοντας τη διαδικασία και μειώνοντας το κόστος (Dumitriu et al., 2019).

1.1 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί η επίδραση του ξύλου στην παλαίωση του οίνου με την παράθεση διαφόρων ειδών ξύλου όπως ακακία, καστανιά, κερασιά κ.α σε σύγκριση με εκείνο της δρυός.

Θα παρατεθούν πληροφορίες για την παλαίωση του οίνου σε βαρέλι, τους παράγοντες που επηρεάζουν τον τρόπο παλαίωσης του οίνου και την τεχνική για την παραγωγή οίνου. Κατόπιν θα καταγραφούν οι μεταβλητές που σχετίζονται με το βαρέλι, τα είδη ξύλου, η επεξεργασία του ξύλου, το μέγεθος και η ηλικία των βαρελιών, η διάρκεια παλαίωσης και το περιβάλλον ωρίμανσης. Έπειτα, θα αναλυθεί ο ρόλος της βελανιδιάς στην παλαίωση του οίνου ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της, την προέλευση και το είδος, η παραγωγή κρασιού με κομμάτια ξύλου δρυός, η χρήση τσιπς δρυός στο λευκό κρασί. Θα παρουσιαστεί η επίδραση ξύλου δρυός σε ερυθρούς και λευκούς οίνους. Θα γίνει αναφορά σε άλλα είδη ξύλου που χρησιμοποιούνται στην παλαίωση όπως η καστανιά, η κερασιά και η ακακία και τέλος, θα γίνει σύγκριση των ειδών του ξύλου ως προς την καταλληλότητά τους για την παλαίωση των οίνων και ανάλυση των παραγόντων που διαμορφώνουν το τελικό αποτέλεσμα.

1.2 Παλαίωση οίνου

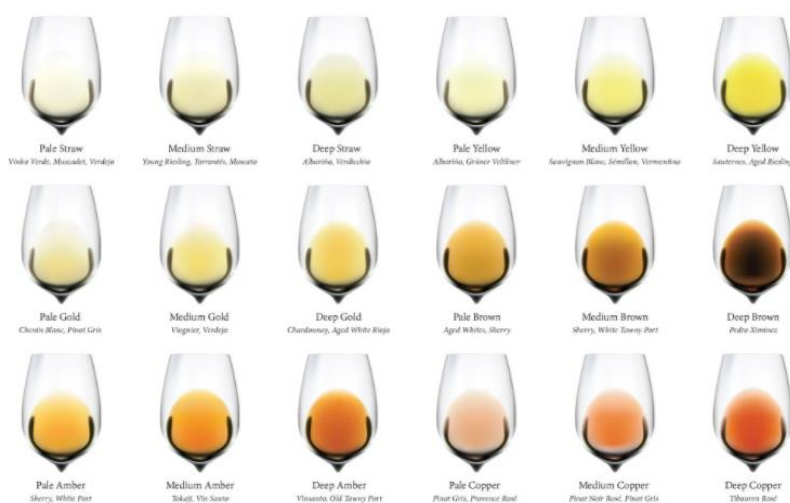
Το κρασί, αφού υποστεί αλκοολική ζύμωση, παλαιώνεται πριν καταναλωθεί. Πιο συγκεκριμένα, υφίσταται σημαντικές αλλαγές κατά την ωρίμανση σε δρύινα βαρέλια, συμπεριλαμβανομένης της διαύγειας, της διάχυσης οξυγόνου που συμβαίνει αργά και συνεχώς μέσω των πόρων του ξύλου και της εξαγωγής αρκετών χημικών ουσιών από το δρύινο ξύλο (όπως αρωματικές ενώσεις και ελλαγιτανίνες). Αυτά τα στοιχεία επηρεάζουν την πολυπλοκότητα και τις οργανοληπτικές ιδιότητες του κρασιού, συμπεριλαμβανομένου του αρώματος, της δομής, της στυφότητας, της πικρίας και του δυνατού χρώματος. Οι ελλαγιτανίνες (υδρολυόμενες τανίνες) αποτελούν το 10% του ξηρού βάρους του ξύλου δρυός και είναι το κύριο συστατικό που ανακτάται από το βαρέλι (Chiraand & Teissedre, 2013).



Εικόνα 1. Δρύινο βαρέλι (OVID, 2023)

Πρέπει να γίνει σαφές ότι υπάρχουν δύο τύποι γήρανσης: η οξειδωτική και η αναγωγική. Τα σημερινά συστατικά του κρασιού οξειδώνονται ενώ λαμβάνουν επίσης χημικές ουσίες που λαμβάνονται από το ξύλο κατά τη διαδικασία γνωστή ως «οξειδωτική γήρανση», η οποία λαμβάνει χώρα μέσα στο βαρέλι με το οξυγόνο να εισέρχεται μέσω των πόρων του ξύλου. Η αναγωγική παλαίωση, η οποία λαμβάνει χώρα στο μπουκάλι και περιλαμβάνει την ωρίμανση απουσία οξυγόνου, προσθέτει στον αρωματικό και γευστικό πλούτο του κρασιού (Chira & Teissedre, 2013).

Το κρασί που παλαιώνεται σε δρύινα βαρέλια υφίσταται σημαντικές αλλαγές, όπως διαύγεια, διάχυση οξυγόνου και εξαγωγή χημικών ουσιών από το ξύλο. Οι ελλαγιταννίνες αποτελούν το 10% του ξηρού βάρους του ξύλου δρυός και είναι το κύριο συστατικό που ανακτάται από το βαρέλι.



Εικόνα 2. Στα λευκά κρασιά σκουραίνει το χρώμα τους καθώς παλαιώνουν (Wine Folly, 2017)

1.2.1 Παλαίωση οίνου σε βαρέλι

Η παλαίωση του κρασιού είναι ένα κρίσιμο βήμα στη διαδικασία της οινοποίησης. Αποτελεί μια μέθοδο που χρησιμοποιείται στα οινοποιεία εδώ και χρόνια για να αυξήσει τη σταθερότητα των κρασιών και να παράγει πιο διακριτικές μυρωδιές. Όπως συνηθίζεται, χρησιμοποιούνται δρύινα βαρέλια, τα οποία έχουν σημαντικό και ποικιλόμορφο ρόλο στις ποιότητες του κρασιού που παράγεται. Πιο συγκεκριμένα, λόγω της εξαγωγής των ξύλινων συστατικών του κρασιού κατά τη διάρκεια της παλαίωσης, παρατηρείται αλλαγή στη χημική σύνθεση του κρασιού (π.χ. τανίνες, φαινολικά οξέα και πτητικές ενώσεις). Με αυτόν τον τρόπο, το κρασί αναπτύσσει οργανοληπτικές ιδιότητες μοναδικές για το ξύλο του βαρελιού στο οποίο ωριμάζει, όπως αρώματα βανίλιας ή ψησίματος (Escalon & Azmire, 2013).

Επιπλέον, καθώς παλαιώνει το κρασί, αλλάζουν τα χρωματικά του χαρακτηριστικά (το κόκκινο κρασί ωριμάζει σε κεραμικό χρώμα και το λευκό κρασί ωριμάζει σε έντονο κίτρινο) ως αποτέλεσμα μιας χημικής αντίδρασης μεταξύ των έγχρωμων ανθοκυανινών του κρασιού και των άχρωμων αρωματικών μορίων, που προέρχονται από το ξύλο του βαρελιού. Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό, όταν το κρασί παλαιώνει, ο τρυγικός αιθυλεστέρας παράγεται με εστεροποίηση των τρυγικών αλάτων που υπάρχουν ήδη στο κρασί, με αποτέλεσμα τη μείωση της οξύτητας της γεύσης του κρασιού (Alañón et al., 2011). Η μέθοδος παλαίωσης βαρελιού έχει μειονεκτήματα, όπως η υψηλή τιμή και η μακρά περίοδος παραγωγής. Μόνο μια σχετικά μικρή μερίδα κρασιών επωφελείται από την ωρίμανση. Συνήθως, τα «ελαφριά» κρασιά δεν επιτρέπεται να ωριμάσουν και πίνονται αμέσως. Αυτά αφορούν κυρίως λευκά, ροζέ και ανοιχτόχρωμα κόκκινα κρασιά που δεν έχουν έντονες αρωματικές και γευστικές ιδιότητες (Tao et al., 2014).

Από την άλλη πλευρά, η ωρίμανση και η παλαίωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση των ιδιοτήτων των περισσότερων ερυθρών κρασιών καθώς και των επιλεγμένων λευκών κρασιών υψηλής ποιότητας. Τα κόκκινα κρασιά που περιέχουν περισσότερες φαινολικές ενώσεις, ιδιαίτερα τανίνες, μπορούν να αποθηκευτούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Baiano et al., 2016).

1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τον τρόπο παλαίωσης του οίνου

1.3.1 Η τεχνική για την παραγωγή οίνου

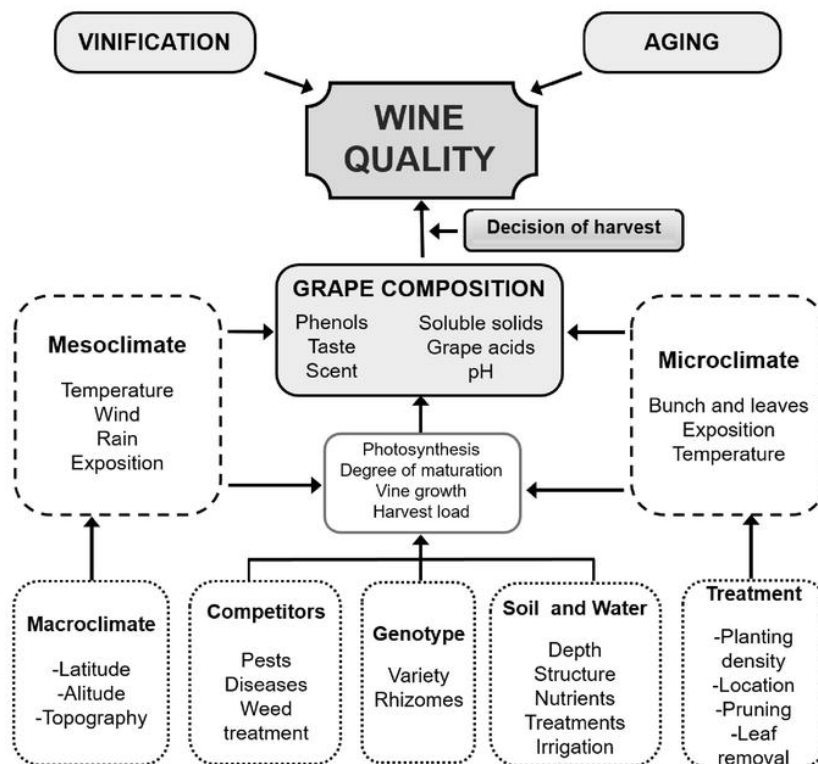
Η διαδικασία που χρησιμοποιείται για την παρασκευή οίνου έχει αντίκτυπο στο πόσο συμπυκνωμένο είναι σε πολυφαινολικές και αρωματικές χημικές ουσίες, και

επομένως, στον τρόπο σύνθεσής του. Το κριτήριο για την ικανότητα παλαίωσης του κρασιού, τη διάρκεια ζωής του και τις οργανοληπτικές του ιδιότητες είναι η σύνθεσή του στα προαναφερθέντα συστατικά (όπως οι τανίνες) (Barstow & Khela, 2017).

1.3.2 Οι ποικιλίες του κρασιού

Επειδή υπάρχουν τανίνες, το κόκκινο κρασί μπορεί να παλαιώσει καλά λόγω του χρώματός τους. Το άρωμα και η γεύση του κρασιού ενισχύονται από τανίνες που προάγουν τη γήρανση επειδή ο πολυμερισμός τους κατά την οξειδωτική παλαίωση επιταχύνεται από την οξείδωσή τους. Τα λευκά κρασιά που έχουν υψηλό ποσοστό αλκοόλ (όπως το Sauvignon Blanc) και υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη (όπως το κρασί Σάμου) μπορεί να παλαιώσουν. Τα κρασιά με βαθιές αποχρώσεις παράγονται από σταφύλια με χοντρή φλούδα, τα οποία περιέχουν τις ανθοκυανίνες που δίνουν το χρώμα στο κρασί (Morrison-Whittle & Goddard, 2018).

Στις ιδανικές συνθήκες, η ωρίμανση για τα ελληνικά λευκά κρασιά διαρκεί 3 έως 5 χρόνια, ωστόσο για ορισμένα είδη, όπως το Chardonnay, μπορεί να παραταθεί ακόμη περισσότερο. Το είδος του κρασιού, όπως έχει ήδη καθιερωθεί, επηρεάζει επίσης τη διάρκεια της παλαίωσής του. Η ποσότητα των φαινολικών ενώσεων και η οξύτητα στα κόκκινα κρασιά καθορίζουν το χρόνο παλαίωσης, κάτι που μπορεί να διαρκέσει από ένα έως τρία χρόνια. Η ιδανική θερμοκρασία ωρίμανσης είναι μεταξύ 12 και 16 °C, ενώ η ιδανική σχετική υγρασία μεταξύ 70 και 80%. Καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου του στο βαρέλι, το κρασί πρέπει να εξετάζεται συχνά, καθώς ένα μέρος του υγρού εξατμίζεται και πρέπει να αναπληρωθεί (Τσακίρης 2014, Τσέτουρας 2003).



Εικόνα 3. Περιβαλλοντικοί και αμπελουργικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεση του κρασιού (Pereira et al., 2020)

1.4 Μεταβλητές που σχετίζονται με το βαρέλι

1.4.1 Είδη ξύλου

Λόγω των μοναδικών φυσικοχημικών ιδιοτήτων της, η δρυς είναι το είδος του ξύλου που χρησιμοποιείται συχνότερα στην κατασκευή βαρελιών. Όταν η βελανιδιά χυτεύεται σε βαρέλι παλαίωσης, ενισχύεται η μηχανική της αντοχή. Ενώ τα πεύκα έχουν κανάλια ρητίνης, τα οποία παρέχουν στα κρασιά παλαίωσης γεύσεις, το ξύλο βελανιδιάς δεν έχει. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι διάφορα υδατο-αλκοολούχα συστατικά βελανιδιάς διεισδύουν στο κρασί, βελτιώνοντας τη δύναμη και τον πλούτο των γεύσεών του, ενώ η ρυθμισμένη μεταφορά οξυγόνου στο κρασί επιτυγχάνεται από τον ελαφρώς πορώδες χαρακτήρα του ξύλου δρυός (Zhang et al., 2015).

1.4.2 Η επεξεργασία του ξύλου

Το ξύλο μαλακώνει με τη θέρμανση και το μούλιασμά του, γεγονός που το κάνει πιο εύκολο να διαμορφωθεί σε βαρέλι παλαίωσης. Οι προαναφερθείσες διαδικασίες σε συνδυασμό με το κάπνισμα του βαρελιού για την απόδοση περισσότερων πτητικών συστατικών στον οίνο, μεταβάλλουν τη χημική σύσταση του ξύλου οινοποίησης και συνεπώς του οίνου που βρίσκεται σε επαφή με αυτό (Chira & Teissedre, 2014).

1.4.3 Το πορώδες του ξύλου

Σε αντίθεση με τα αποστάγματα, τα οποία απαιτούν ξύλο με περισσότερο πορώδες λόγω της ανάγκης για μεγαλύτερη οξυγόνωση, το κρασί μπορεί να ωριμάσει με ρυθμισμένη και περιορισμένη πρόσληψη οξυγόνου, καθιστώντας το ξύλο με χαμηλό πορώδες κατάλληλο για την ωρίμανση του κρασιού. Σε αντίθεση με το ξύλο που βρίσκεται σε λοφώδεις τοποθεσίες, το παράκτιο ξύλο έχει μεγαλύτερους πόρους. Το άρωμα των ακατάλληλα παρασκευασμένων κρασιών οφείλεται στην παραγωγή αιθανόλης, ενός προϊόντος οξείδωσης της αιθανόλης, κατά τη γρήγορη οξείδωση ενός κρασιού. Το ευχάριστο άρωμα του κρασιού υποβαθμίζεται αμετάκλητα ως αποτέλεσμα της παροδικής ανάδυσης ελεύθερων υπεροξειδίων κατά την υπεροξείδωση ενός κρασιού. Αντίθετα, η ρυθμισμένη και σταδιακή οξείδωση στο εσωτερικό του βαρελιού προκαλεί τη δημιουργία αναγωγικών χημικών ουσιών, οι οποίες συμβάλλουν επίσης στο διακριτικό άρωμα του κρασιού, αργότερα μέσα στο μπουκάλι (Chira & Teissedre, 2015).

1.4.4 Το μέγεθος και η ηλικία των βαρελιών

Η επιτυχής παλαίωση του κρασιού συσχετίζεται άμεσα με την ηλικία των βαρελιών. Συνιστάται η παλαίωση του κρασιού να ξεκινά πάντα με τη χρήση φρέσκων βαρελιών. Καθώς η ποσότητα των τανινών που παράγονται από το ξύλο των βαρελιών κυμαίνεται κατά τη διάρκεια της χρήσης του βαρελιού, ο οινοποιός πρέπει να φροντίζει να αλλάζει τα βαρέλια του κάθε δύο έως τρία χρόνια. Κατά τον πρώτο χρόνο χρήσης, το ξύλο ενός ολοκαίνουργιου βαρελιού 250 L απελευθερώνει περίπου 200 mg τανίνες και μόνο 50 mg τον δεύτερο χρόνο. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας παλαίωσης του κρασιού επηρεάζεται από το μέγεθος του βαρελιού, το οποίο καθορίζει την έκταση της επιφάνειας επαφής του ξύλου με το κρασί (Garde-Cerdan & Ancin-Azpilicueta, 2006).

Η εξαγωγή των διαλυτών συστατικών του ξύλου του βαρελιού στο κρασί, η μικρο-οξυγόνωση και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συστατικών, που είναι επίσης τα κύρια αποτελέσματα της γήρανσης, συμβαίνουν πιο αποτελεσματικά όσο περισσότερη επιφάνεια επαφής υπάρχει μεταξύ του ξύλου του βαρελιού και του κρασιού. Η οικονομία της παραγωγής ευνοεί το μεγαλύτερο μέγεθος βαρελιού, ενώ η ευκολία μετακίνησης και η ταχύτερη ωρίμανση ευνοεί το μικρότερο μέγεθος. Ένας συμβιβασμός μεταξύ των αντικρουόμενων αυτών προσεγγίσεων οδήγησε στην ευρεία υιοθέτηση της χρήσης βαρελιών χωρητικότητας μεταξύ 200 και 1000 L. Στην οινοποίηση, χρησιμοποιείται συχνά το λεγόμενο «barrique» το οποίο έχει

χωρητικότητα 225 L. Τα μικρά ξύλινα βαρέλια αλλάζουν συχνά μετά από μερικά χρόνια, ενώ τα μεγάλα δρύινα βαρέλια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Ramirez-Ramirez et al., 2004).

1.4.5 Η διάρκεια παλαίωσης

Ο τύπος του κρασιού που ωριμάζει, η αρχική ποικιλία σταφυλιών που χρησιμοποιείται, και η ηλικία του βαρελιού είναι όλες μεταβλητές που επηρεάζουν άμεσα τη διάρκεια της παλαίωσης του κρασιού. Συνήθως, χρειάζεται τουλάχιστον ένας χρόνος για να παλαιώσει το κρασί στο βέλτιστο επίπεδο σε ένα βαρέλι. Η μέγιστη εξαγωγή ελλαγιταννινών και φουρφουράλης απαιτεί δύο μήνες, αν και η συγκέντρωση άλλων πτητικών ενώσεων αυξάνεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου. Το γεγονός ότι η συγκέντρωση τανίνης του κρασιού υπερβαίνει αυτή του ξύλου του βαρελιού είναι ένα κρίσιμο στοιχείο επιτυχίας (Belwal et al., 2018).

1.4.6 Το περιβάλλον ωρίμανσης

Το κρασί πρέπει να ωριμάζει σε περιβάλλον με τα κατάλληλα επίπεδα υγρασίας, φωτός και θερμοκρασίας (συντά σε υπόγεια κελάρια). Ο τέλειος συνδυασμός θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας διασφαλίζει ότι το κρασί ωριμάζει σωστά και αποτρέπει τη σημαντική απώλεια κρασιού από την εξάτμιση με την πάροδο του χρόνου. Η βέλτιστη θερμοκρασία για την ωρίμανση του κρασιού είναι μεταξύ 10 και 13 °C και θα πρέπει να διατηρείται σταθερά, χωρίς αλλαγές, σε όλη τη διάρκεια του χρόνου. Σε περιοχές που δεν επηρεάζονται εύκολα από το εξωτερικό περιβάλλον ή από τη λειτουργία συσκευών ψύξης και θέρμανσης, επιτυγχάνεται η σταθερή βέλτιστη θερμοκρασία. Το κρασί μέσα στα βαρέλια διαστέλλεται και συστέλλεται λόγω των αλλαγών της θερμοκρασίας (Tao et al., 2013).



Εικόνα 4. Η παλαίωση του κρασιού (Δαβάκης, 2023).

Ως αποτέλεσμα, η διατήρηση της σταθερότητας της θερμοκρασίας είναι πιο σημαντική από την ανοχή μικρών διακυμάνσεων θερμοκρασίας από το βέλτιστο εύρος των 12 °C. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι περίπου στους 8-9 °C, οι χημικές διεργασίες που απαιτούνται για την ηλικία επιβραδύνονται, ενώ τα τρυγικά και τα ασταθή χρωστικά συστατικά είναι πιο πιθανό να καθιζάνουν. Οι υψηλές θερμοκρασίες άνω των 25 °C προκαλούν την αύξηση της εξάτμισης του κρασιού και την ταχεία εμφάνιση αντιδράσεων γήρανσης, γεγονός που μπορεί να βλάψει το οργανοληπτικές ιδιότητες του κρασιού (Tao et al., 2013).

Η υγρασία 75-85% είναι το συνιστώμενο εύρος για τον θάλαμο γήρανσης. Για να αποφευχθούν οι απώλειες του κρασιού μέσω της εξάτμισης, η σχετική υγρασία πρέπει να είναι υψηλή και σταθερή, αλλά δεν πρέπει να υπάρχει συμπύκνωση νερού. Οι φωτοχημικές διεργασίες που αλλάζουν τον χαρακτήρα του κρασιού που πρόκειται να παλαιωθεί ενεργοποιούνται από το φως στα κελάρια παλαίωσης. Έτσι, για την ωρίμανση του κρασιού, οι σκοτεινοί υπόγειοι χώροι, τα μέρη χωρίς ηλιακό φως ή τα μέρη με φώτα φθορισμού είναι ιδανικά. Τα τελευταία στοιχεία που έχουν αντίκτυπο στη γήρανση είναι ο θόρυβος και οι δυνατές μυρωδιές. Προκειμένου να αποφευχθεί η καθίζηση των συστατικών στο ώριμο κρασί, το κρασί πρέπει να παλαιώσει σε περιβάλλον απαλλαγμένο από δυνατούς θορύβους και τη λειτουργία θορυβωδών συσκευών. Οι έντονες μυρωδιές πρέπει επίσης να αποφεύγονται στην περιοχή

ωρίμανσης καθώς το πορώδες των δρύνων βαρελιών τους επιτρέπει να διαπερνούν το κρασί (Del Alamo-Sanza et al., 2017).

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1. Ο ρόλος της βελανιδιάς στην παλαίωση του οίνου ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της, την προέλευση και το είδος

Το κρασί δεν παλαιώνει με τον ίδιο τρόπο που παλαιώνουν άλλα υλικά αγαθά με την έννοια της φθοράς. Αντίθετα, το χρώμα και η υφή του κρασιού βελτιώνονται όσο παλαιώνει, στρογγυλεύοντας τη γεύση του και ενισχύοντας το άρωμά του. Αλλά είναι σημαντικό να γίνει διάκριση μεταξύ γήρανσης και ωριμότητας. Όταν χρησιμοποιείται ο όρος «παλαίωση», αναφερόμαστε κυρίως στις φυσικές διεργασίες που συμβαίνουν μέσα στο βαρέλι, προκειμένου να ενισχυθούν οι ιδιότητες του κρασιού και να αναμειχθούν τα αρωματικά συστατικά του κρασιού με το ξύλο (Afonso, 2002).



Εικόνα 5. Βελανιδιά (meygeia, 2023)

Επιπλέον, καθώς συνδυάζονται το κρασί και τα σάκχαρα της βελανιδιάς και οι τανίνες, τα ιζήματα της ζύμωσης που κατακάθονται στο βαρέλι δίνουν τις αρωματικές τους ιδιότητες στο κρασί. Αντίθετα, όταν χρησιμοποιείται ο όρος «ωρίμανση», αναφερόμαστε σε όλα τα βήματα που συμβαίνουν μεταξύ της στιγμής που ο μούστος μετατρέπεται σε κρασί και της στιγμής που εμφιαλώνεται (Rodriguez et al., 2020). Η διαδικασία παλαίωσης περιλαμβάνει μια σειρά οινολογικών διαδικασιών,

συμπεριλαμβανομένου του φιλτραρίσματος και του κολαρίσματος καθώς και της παλαιώσης του κρασιού σε βαρέλι για τον εμπλουτισμό του με ενώσεις και τανίνες και την ενίσχυση των ιδιοτήτων του. Γενικότερα, δεν μπορούν όλα τα κρασιά να ωφεληθούν από την παλαιώση και την ωρίμανση. Υπάρχει πιθανότητα οι κόκκινες και μερικές λευκές ποικιλίες να παλαιώσουν και να ωριμάσουν. Τα λευκά και ροζέ κρασιά πρέπει να πίνονται στη νεαρή τους ηλικία για να διατηρηθούν οι φρουτώδεις γεύσεις και η φρεσκάδα τους. Ωστόσο, πρέπει να είναι γνωστό πόσο καιρό παλαιώνει κάθε είδος, προκειμένου να διατηρηθούν τα αρώματά τους κατά τη διάρκεια της κατανάλωσή τους (Rodríguez et al., 2020).

2.1.1 Δάση βελανιδιάς της Γαλλίας

Τα δρύινα βαρέλια χρησιμοποιούνται για την ωρίμανση ορισμένων από τα πιο ακριβά κρασιά στον κόσμο. Σε όλο τον κόσμο, υπάρχουν πολλές ποικιλίες, καθεμία από τις οποίες προσθέτει μια ξεχωριστή πινελιά στη γεύση του κρασιού. Σημαντικό ρόλο παίζουν το είδος, η ηλικία και η παραμονή του κρασιού μέσα σε αυτό. Τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα είδη βελανιδιάς για την παλαιώση του κρασιού είναι οι γαλλικές δασικές ποικιλίες βελανιδιάς επειδή προσδίδουν πιο λεπτές και διακριτικές αρωματικές ενώσεις. Τα δύο κύρια είδη της γαλλικής δασοκομικής βελανιδιάς είναι η *Quercus petraea* και η *Quercus robur*, μερικές φορές γνωστή ως γαλλική ή ρουπακοβελανιδιά (Σταύρακας, 2015).

Η γαλλική βελανιδιά είναι ένα τυπικό δέντρο στην Ευρώπη. Καλλιεργείται σε πολλά εύκρατα κλίματα, συμπεριλαμβανομένης της Βόρειας Αμερικής, της Κίνας και πολλών τοποθεσιών σε αυτή τη χώρα. Είναι φυλλοβόλο δέντρο και ενώ τα φύλλα του έχουν μέγεθος 7 έως 14 εκατοστά, η διάμετρος του κορμού του κυμαίνεται από 4 έως 12 μέτρα. Αυτό το είδος κυβικών μέτρων (m³) ζυγίζει περίπου 720 κιλά. Αν και μπορεί να βρεθεί σε κήπους και πάρκα, καλλιεργείται σε προστατευμένα δάση. Η Sessile δρυς (Δρυς η άμισχος) είναι συγγενικό είδος με την Γαλλική δρυ. Καλλιεργείται σε όλο το Ιράν, την Ανατολία και μεγάλο μέρος της Ευρώπης. Είναι μέλος της οικογένειας των φυλλοβόλων δέντρων, με ύψος από 20 έως 40 μέτρα, με φύλλα που κυμαίνονται σε μέγεθος από 7 έως 14 εκατοστά. Όταν η βελανιδιά είναι μεταξύ 110 και 150 ετών, γίνεται η συγκομιδή των δέντρων. Η Γαλλία είναι μια μεγάλη χώρα με πολλά δάση, το 80% των οποίων προστατεύεται και διοικείται από τη γαλλική κυβέρνηση, η οποία ρυθμίζει αυστηρά την ποσότητα που προβλέπεται για τη συγκομιδή κάθε χρόνο. Τα παρακάτω ξύλα είναι μερικά από τα πιο γνωστά (Σταύρακας, 2015).

- **Limousin:** Τα δάση στην περιοχή Limousin της δυτικής Γαλλίας βρίσκονται κοντά στην πόλη Limoges. Σε αυτό το δάσος κυριαρχεί η γαλλική βελανιδιά. Τα δέντρα έχουν την τάση να είναι πιο σκληρά με υψηλότερο ποσοστό επιθετικών τανινών λόγω του φτωχού, λασπωμένου εδάφους. Επειδή δίνουν μια αρκετά τανική γεύση στο κρασί που είναι ανεπιθύμητη, τα βαρέλια που παράγονται από αυτό το συγκεκριμένο δάσος χρησιμοποιούνται συνήθως για την παλαίωση του κονιάκ (Σταύρακας, 2015).
- **Tronçais:** Το δάσος Tronçais έκτασης 10.600 εκταρίων αποτελείται από βελανιδιές του είδους *Quercus Petraea*. Το ογδόντα τοις εκατό από τα βαρέλια είναι φτιαγμένα από το ξύλο αυτού του συγκεκριμένου δάσους, το οποίο φυτεύτηκε τον δέκατο έβδομο αιώνα. Είναι από τα πιο ακριβά βαρέλια και είναι εξαιρετικό για την ωρίμανση κόκκινων κρασιών και κονιάκ. Το έδαφός του είναι βαθύ και πλούσιο, βγάζοντας έτσι ένα ξύλο πυκνό με λεία υφή και για αυτόν το λόγο είναι και περιζήτητο (Σταύρακας, 2015).
- **Berce (Jupilles):** Το δάσος Berce, το οποίο περιβάλλει τη μικρή κοινότητα Jupilles, βρίσκεται 150 χιλιόμετρα ανατολικά του Ατλαντικού Ωκεανού και 150 χιλιόμετρα βόρεια της κοιλάδας του Λίγηρα. Είναι ένα από τα μικρότερα δάση της Γαλλίας, που καλύπτει μόνο 12.000 εκτάρια, αλλά είναι επίσης ένα από τα λίγα που έχουν δέντρα ηλικίας άνω των 150 έως 200 ετών και το ξύλο που παρέχουν είναι λείο στην υφή. Αποτελεί ένα από τα λίγα δάση που μπορεί να ανταγωνιστεί το Tronçais διότι έχει καλό έδαφος (Σταύρακας, 2015).
- **Vosges:** Δυτικά της Αλσατίας, κοντά στα γερμανικά σύνορα, βρίσκεται το δάσος Vosges. Σε σύγκριση με τα δάση Allier και Nevers, το κύριο είδος αυτής της περιοχής, το *Quercus Robur*, έχει πιο σκληρό ξύλο. Αυτά τα ξύλα, τα οποία μπορεί να αναγνωριστούν από την καθαρή ή λευκή εμφάνισή τους, ήρθαν για πρώτη φορά στην προσοχή των οινοποιών το 1980 (Σταύρακας, 2015).
- **Bourgogne:** Ανατολικά της Βουργουνδίας βρίσκεται το δάσος της Bourgogne. Λόγω της αφθονίας της βανιλίνης και της παρουσίας βελανιδιών, μοιάζουν με το δάσος Limousin. Οι διαφορές είναι πως περιέχει λιγότερο επιθετικές τανίνες και η υφή των ξύλων είναι πιο λεία. Οι δρυς αυτού του δάσους είναι υπεύθυνες για τα περίφημα κρασιά της Βουργουνδίας (Σταύρακας, 2015).

- **Nevers:** Το δάσος Nevers βρίσκεται κοντά στην πόλη Nievre στο κέντρο της Γαλλίας. Το είδος δρυός που παράγεται στη μεγαλύτερη ποσότητα είναι το *Quercus Robur* και τα ξύλα έχουν μέτρια υφή με πικάντικη γεύση. Αυτό τα καθιστά υπεύθυνα για την παλαιώση λευκών και ερυθρών οίνων. Το έδαφος είναι πλούσιο και βαθύ και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ψηλών και ίσιων δένδρων (Σταύρακας, 2015).
- **Allier:** Στα νότια της περιοχής Nievre βρίσκεται το δάσος Allier. Αποδίδει δρυς με χαρακτηριστικά που μοιάζουν με εκείνα του δάσους του Nevers. Το ξύλο του είναι πιο κατάλληλο για ωρίμανση ερυθρών και λευκών κρασιών αφού είναι πιο απαλό και δίνει πικάντικες γεύσεις (Σταύρακας, 2015).

2.1.2 Ελληνικά είδη Δρυός

Η Ελλάδα διαθέτει μια μεγάλη ποικιλία φυτών και ζώων. Το 64% της επιφάνειάς της είναι δασώδης, με τα δάση να αποτελούν το 25,4% αυτής. Αυτό την τοποθετεί ως το τέταρτη πλουσιότερη δασική χώρα στην Ευρώπη. Με 5.800–6.000 φυτά, έχει επίσης τη δεύτερη μεγαλύτερη ποικιλία φυτικών ειδών στην Ευρώπη, μετά την Ιβηρική Χερσόνησο. Το 13% από αυτά είναι αυτόχθονα φυτά, τα οποία καλλιεργούνται αποκλειστικά στη χώρα μας και περιλαμβάνουν είδη όπως η μαστίχα Χίου. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχουν πολλά δάση στη χώρα μας λόγω της μη εξουσιοδοτημένης υλοτόμησης και των συχνών πυρκαγιών. Για παράδειγμα, μεταξύ 1987 και 2017 καταστράφηκαν περισσότερα από 5 εκατομμύρια εκτάρια γεωργικής και δασικής γης (Τσίτσας, 2009).

Το γένος *Quercus* περιλαμβάνει τα είδη της βελανιδιάς που φύονται στη χώρα μας. Αυτά τα δέντρα περιλαμβάνουν αιθαλή, ημιαιθαλή, φυλλοβόλα δέντρα και, λιγότερο συχνά, θάμνους. Η βελανιδιά αποτελούσε το 35,03% των δασών το 1929, το 29,54% το 1964 και μόλις το 22% (14,7 εκατομμύρια εκτάρια) από αυτά σήμερα - σημαντική μείωση από τα προηγούμενα χρόνια. Υπάρχουν 13 είδη που ευδοκούν στην Ελλάδα από τα περίπου 280 είδη βελανιδιάς στο συγκεκριμένο γένος (Τσίτσας, 2009). Αυτά είναι τα ακόλουθα.

- ***Quercus Penduculi flora* (Δρυς, χνοώδης ποδισκοφόρα.)** Ευδοκεί στα Βαλκάνια, τον Καύκασο και τη Μικρά Ασία. Μπορεί να βρεθεί στην Ελλάδα στη Θράκη, τη Μακεδονία, τη Θεσσαλία, μεταξύ άλλων. Εξαπλώνεται κυρίως σε περιοχές με περισσότερη υγρασία του εδάφους και σε υψόμετρο περίπου

1.800 μέτρων, με 8 έως 17 cm μήκος και 6 έως 9 cm πλάτος φύλλωμα (Τσίτσας, 2009).

- ***Quercus pedunculata* (Δρυς ποδισκοφόρα).** Συναντάται κυρίως στη Μακεδονία, την Ήπειρο, τη Βοιωτία και μερικά άλλα μέρη της Ελλάδας. Επιπλέον, ευδοκیمی σε όλο τον Καύκασο, τη Μικρά Ασία και την Ευρώπη. Το δέντρο έχει συχνά διάμετρο άνω των 2 μέτρων και κυμαίνεται σε ύψος από 30 έως 35 μέτρα. Η μόνη διαφορά μεταξύ αυτού και του *Quercus Penduculi flora* ως προς τη μορφολογία είναι ότι το τελευταίο έχει χνουδωτά στελέχη (Τσίτσας, 2009).
- ***Quercus Sessili flora* (*Q. Petraea*) (Δρυς, πετραία, η άμισχος).** Το συγκεκριμένο είδος ευδοκیمی στη Θράκη, τη Μακεδονία, τη βόρεια Ελλάδα και τη βόρεια Πελοπόννησο. Από τη νότια Ιταλία μέσω της Μικράς Ασίας έως τη Νορβηγία, μπορεί να βρεθεί σε όλη την Ευρώπη. Το δέντρο μπορεί να έχει διάμετρο από ένα έως δύο μέτρα και ύψος μεταξύ είκοσι και σαράντα μέτρων. Το φυτό πήρε το όνομά του δεδομένου ότι οι καρποί είναι προσκολλημένοι στα κλαδιά αντί να έχουν μίσχο. Ο μίσχος ενός φύλλου, από την άλλη πλευρά, είναι αρκετά μακρύς (Τσίτσας, 2009).
- ***Quercus Conferta* (Δρυς, πυκνανθής ή πλατίτσα).** Συναντάται σε όλη τη βόρεια Ελλάδα, μέχρι την Πελοπόννησο, όπως επίσης στην Τουρκία, τα Βαλκάνια, τη Νότια Ουγγαρία και τη Νότια Ιταλία. Τα φύλλα του είναι πλατιά και τραχιά, με μήκος μέχρι 30 εκατοστά. Δεδομένου ότι μπορεί να φτάσει σε ύψος 25 μέτρων και σε περιφέρεια έως 5,50 μέτρα, θεωρείται ένα ογκώδες δέντρο (Τσίτσας, 2009).
- ***Quercus Macedonica* (Δρυς, Μακεδονική).** Εντοπίζεται στη Θεσσαλία, την Ήπειρο και τη Μακεδονία. Μπορεί να βρεθεί επίσης στην Αλβανία, τη Γιουγκοσλαβία, τη Μικρά Ασία και τη Νότια Ιταλία. Είναι ένα κάπως ασυνήθιστο δέντρο αφού μεγαλώνει μόνο σε ύψος 6 έως 15 μέτρων και τα φύλλα του μοιάζουν με φύλλα καστανιάς αλλά είναι μικρότερα (Τσίτσας, 2009).
- ***Quercus Pubescens* (Δρυς, χνοώδης).** Μπορεί να βρεθεί στην Ελλάδα από τον Έβρο μέχρι την Κρήτη. Ωστόσο, μπορεί να βρεθεί σε όλο τον Καύκασο, τη

Μικρά Ασία και τη Νότια Ευρώπη. Είναι ένα μεσαίου μεγέθους δέντρο που μεγαλώνει μεταξύ 12 και 20 μέτρων και πήρε το όνομά του από το χνούδι που καλύπτει το κάτω μέρος της επιφάνειας του φύλλου (Τσίτσας, 2009).

- ***Quercus Cerris* (Δρυς, ευθύφλοια).** Συναντάται σχεδόν παντού στην Ελλάδα, με τη Φθιώτιδα να είναι η νοτιότερη θέση του, και σε όλη την Ευρώπη από την Ισπανία και τη Γαλλία μέχρι τη Συρία και τη Μικρά Ασία. Είναι ένα δέντρο ύψους 20–35 μέτρων που είναι γνωστό για τα πλατιά φύλλα και τους φολιδωτούς καρπούς του (Τσίτσας, 2009).
- ***Quercus dalechampii* (Δρυς, Δαλεχαμπίου).** Μπορεί να εντοπιστεί σε όλη την Ελλάδα, από τη Θράκη έως τη Στερεά Ελλάδα. Είναι ιδιαίτερα ακμάζουσα στην Ουγγαρία, τα Βαλκάνια, την Τσεχική Δημοκρατία, την Αυστρία και την Ιταλία. Τα χαρακτηριστικά του είναι ουσιαστικά πανομοιότυπα με αυτά του *Quercus petraea*, αν και είναι ένα μικρότερο δέντρο που μεγαλώνει σε μέγιστο ύψος 20 μέτρων. Οι μίσχοι των φύλλων μπορεί να έχουν μήκος μεταξύ 1,5 και 3 εκατοστών (Τσίτσας, 2009).
- ***Quercus macrolepis Kotschy* (Δρυς, μακρολέπια κ. βαλανιδιά).** Στην Ελλάδα, τα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου, η Θράκη, η Ήπειρος, η Πελοπόννησος και η Αττική φιλοξενούν το συγκεκριμένο είδος. Επίσης, συναντάται στη Νότια Μεσόγειο, τα Βαλκάνια, η Τουρκία, και το Μαρόκο. Μπορεί να φτάσει τα 15 μέτρα ύψος, με περιφέρεια κορμού έως 1 μέτρο (Τσίτσας, 2009).
- ***Euboica Quercus Pap* (Βελανιδιά, Euboica.)** Η μόνη τοποθεσία όπου υπάρχει το συγκεκριμένο είδος είναι στη Βορειοανατολική Εύβοια. Είναι θάμνος με φύλλα και άνθη που μπορεί να φτάσει τα τρία μέτρα μήκος (Τσίτσας, 2009).
- ***Quercus infectoria Oliv.* (Δρυς, βαφική).** Το φάσμα του συγκεκριμένου είδους εκτείνεται από το Ιράν μέχρι την Ανατολική Ελλάδα, την Κύπρο και την Τουρκία. Μπορεί να φτάσει μέχρι και δέκα μέτρα (Τσίτσας, 2009).
- ***Quercus ilex L. (Q. smilax L.)* (κ. Αριά).** Ευδοκίμει σε όλη την Ελλάδα και τα περίχωρά της. Το δέντρο έχει ύψος από 5 έως 20 μέτρα. Τα φύλλα μπορούν να φτάσουν σε μήκος 4-8 cm και πλάτος 1-3 cm (Τσίτσας, 2009).

- *Quercus coccifera*L. (Πρίνος, κ. πουρνάρι). Ευδοκιμεί σε όλη την Ελλάδα, από τη Θράκη μέχρι την Κρήτη, καθώς και σε όλες τις χώρες της Μεσογείου. Είναι θάμνος που μπορεί να φτάσει σε ύψος τα 6 μέτρα. Ομαλά, μήκους 1 έως 5 cm και πλάτους 0,5 έως 2,8 cm είναι τα φύλλα του (Τσίτσας, 2009).

2.1.3 Ωρίμανση κρασιού και δρυς

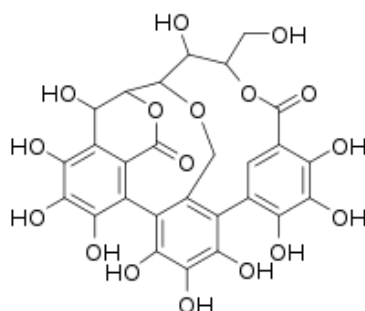
Μια φάση ωρίμανσης, η οποία περιλαμβάνει όλες τις αλλαγές που λαμβάνουν χώρα μεταξύ της αλκοολικής ζύμωσης και της εμφιάλωσης, έρχεται μετά την οινοποίηση. Το κρασί μπορεί να διατηρηθεί σε δρύινα βαρέλια καθώς παλαιώνει. Όταν το κρασί διατηρείται και έρχεται σε επαφή με το ξύλο, συμβαίνουν σημαντικές αλλαγές. Ανάλογα με το είδος του κρασιού και τις συνθήκες παλαίωσης, οι χημικές ουσίες που δημιουργούνται κατά τη ζύμωση του κρασιού αλλάζουν. Πολλές από τις μοναδικές χημικές ουσίες που συνεισφέρει το ξύλο δρυός στο κρασί δημιουργούνται όταν το ξύλο ψήνεται. Όταν το κρασί αποθηκεύεται σε δρύινα βαρέλια, μπορεί να περάσει από διαδικασίες γνωστές ως «συνθήκες χαμηλής οξειδωσης», επειδή το ξύλο είναι μια πορώδης ουσία που επιτρέπει πολύ λίγο οξυγόνο να ρέει (Περιοδικό ΟΙΝΟΛΟΓΙΑ, 2010).

Επιπλέον, το κρασί μπορεί να διαυγάσει αυθόρμητα ενώ αποκτά πλούσια αρώματα και σταθεροποιεί το χρώμα του κατά τη διάρκεια της παραμονής του στο βαρέλι. Ως εκ τούτου, η επίδραση του δρύινου βαρελιού στη διαδικασία παλαίωσης του κρασιού είναι ζωτικής σημασίας και έχει βρεθεί στο επίκεντρο πολλών ακαδημαϊκών ερευνών. Σχεδόν όλες αυτές οι επιστημονικές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη σημασία του ξύλου δρυός ως πηγή εκχυλίσμων αρωματικών ενώσεων, όπως όπως η ουίσκου-λακτόνη, οι πτητικές φαινόλες και η βανιλίνη (Jaraouta et al., 2005).

Οι κυριότερες ενώσεις που μεταφέρονται από τη δρυ στο κρασί είναι οι ακόλουθες:

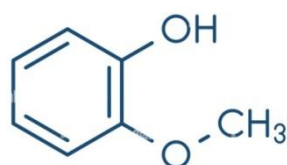
Ελλαγιτανίνες: Οι ελλαγιτανίνες είναι οι πρωτογενείς φαινολικές ενώσεις του ξύλου δρυός που μπορούν να εξαχθούν (Gadrat et al., 2021). Είναι υδρολυόμενες τανίνες που μπορούν να αποτελούν το 10% του ξηρού βάρους του ξύλου δρυός. Είναι υπεύθυνες για την εξαιρετικά υψηλή ανθεκτικότητα του ξύλου δρυός. Υπάρχουν σε σημαντικές ποσότητες σε ευρωπαϊκά δρύινα βαρέλια. Μπορεί να υδρολυθούν και να διαλυθούν στο κρασί όταν έρθουν σε επαφή με αυτό. Είναι ουσίες με αντιοξειδωτικές ιδιότητες που επηρεάζουν επίσης τη στυπτικότητα και τη στυφότητα (Chira & Teissedre, 2013).

Οκτώ ελλαγιταννίνες έχουν ανακαλυφθεί μέχρι στιγμής και αποτελούν αντικείμενο εκτενούς έρευνας στο κόκκινο κρασί.



Εικόνα 6. Μια άλλη ελλαγιταννίνη, η κασταλίνη που απαντάται στο ξύλο της δρυός (biocrick, 2023).

Γουαϊακόλη και 4-μεθυλογουαϊακόλη: Είναι ουσίες που δημιουργούνται όταν η λιγνίνη διασπάται κατά το ψήσιμο. Χρησιμεύουν ως μετρητές για την ένταση ψησίματος. Προσδίδουν διακριτικές νότες καπνού στο κρασί. Η 4-μεθυλο-γουαϊακόλη έχει πιο δυσάρεστη οσμή, σαν αυτή του καμμένου (Garde-Cerdan & Ancin-Azpilicueta, 2006).

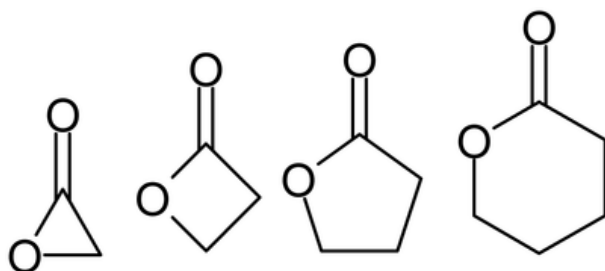


guaiacol

alamy

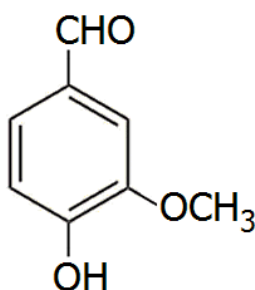
Εικόνα 7. Γουαϊακόλη (Alamy, 2017).

Λακτόνες: Τα κόκκινα κρασιά λαμβάνουν συγκεκριμένες οργανοληπτικές ιδιότητες από τις λακτόνες, ιδιαίτερα τις cis- και trans-μεθυλο-οκταλακτόνες (λακτόνη ουίσκι ή λακτόνη δρυός), οι οποίες συγκαταλέγονται στις πτητικές χημικές ουσίες που υπάρχουν στο ξύλο δρυός. Λόγω του χαμηλού ορίου αντίληψής τους και των χαρακτήρων ξύλου που προσδίδουν στο τελικό προϊόν, είναι απαραίτητα χημικά στην ωρίμανση (Dimitriu et al, 2019).



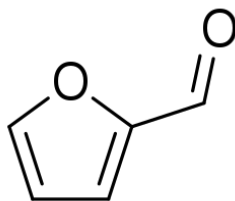
Εικόνα 8. Λακτόνες (Ensiklopedia Dunia, 2023)

Βανιλίνη: Η βιβλιογραφία περιγράφει τη βανιλίνη και τα διάφορα παράγωγά της ως βασικά συστατικά της γεύσης βανίλιας στο κρασί (Dumitriu et al, 2019).



Εικόνα 9. Βανιλίνη (Βαλαβανίδης, Ευσταθίου, 2015).

Φουρφουράλες: Τα αρώματα της φουρφουράλης και της 5-μεθυλο-φουρφουράλης είναι παρόμοια με τα καβουρδισμένα αμύγδαλα. Τα παράγωγα φουρανίου μπορούν να βελτιώσουν την αντίληψη άλλων χημικών ουσιών που εξάγονται από ξύλο δρυός, όπως η λακτόνη, αν και δεν θεωρείται ότι συμβάλλουν σημαντικά στη δημιουργία του οσφρητικού προφίλ του κρασιού λόγω του υψηλού ορίου αντίληψής τους (Dumitriu et al., 2019).



Εικόνα 10. Φουρφουράλη (Chemical Portal, 2023).

Η ποσότητα των δυνητικά εκχυλίσιμων ενώσεων, το χρονικό διάστημα που το κρασί έρχεται σε επαφή με το ξύλο βελανιδιάς και η σύνθεση του κρασιού παίζουν ρόλο στην εξαγωγή πτητικών ενώσεων από δρύινα βαρέλια. Αλλά με τον καιρό,

αλλαγές στη σύνθεση του κρασιού των χημικών ουσιών που λαμβάνονται από τα βαρέλια -κυρίως μικροβιολογικές αλλαγές- επηρεάζουν τη συγκέντρωσή τους. Η πτητική σύνθεση του κρασιού μπορεί επίσης να επηρεαστεί από τις χημικές ουσίες που υπάρχουν ήδη στο κρασί που απορροφώνται από το ξύλο και τις παραγόμενες οινολάσπες (Garde-Cerdan & Ancin-Azpilicueta, 2006).

Ο Puech (1987) πραγματοποίησε μια μελέτη στην οποία εξέτασε την εκχυλιστική ικανότητα του ξύλου βελανιδιάς Βουλγαρίας. Έφτιαξε ένα πρότυπο υδροαλκοολικό διάλυμα 10% v/v που είχε τρυγικό οξύ ρυθμισμένο σε pH 3,5, προσομοιώνοντας την περιεκτικότητα σε αλκοόλ και το pH του κρασιού. Συνέκρινε την αναλογία τανινών, λιγνίνης και αρωματικών ουσιών που εξήχθησαν από το ξύλο στο διάλυμα με την ποσότητα ξύλου που υπήρχε πραγματικά εκεί. Η ποσότητα τανινών που ανακτήθηκε από το ξύλο στο διάλυμα έφτασε περίπου το 26% της διαθέσιμης, ενώ μόνο ένα μικρό μέρος της λιγνίνης (περίπου 1,8% της διαθέσιμης) αφαιρέθηκε. Η βανιλίνη, η συριγγαλδεΐδη και τα βανιλικά και συριγικά οξέα ήταν ιδιαίτερα διαλυτά μεταξύ των πολυάριθμων προϊόντων διάσπασης λιγνίνης στο πειραματικό περιβάλλον. Στη συνέχεια, η διαδικασία εκχύλισης πραγματοποιήθηκε για άλλη μια φορά στα κρασιά Cabernet Sauvignon και Merlot που είχαν τοποθετηθεί στα βουλγαρικά δρύινα βαρέλια. Για τα κρασιά που δημιουργήθηκαν από το Cabernet Sauvignon, το βέλτιστο οργανοληπτικό αποτέλεσμα επιτεύχθηκε μετά από 18 μήνες σε βαρέλι 225L. Οι συγκεντρώσεις συριγγαλδεΐδης και βανιλίνης ήταν 0,86 και 0,34 mg/L, αντίστοιχα. Τα επίπεδα βανιλίνης και σύριγγαλδεΐδης ήταν 0,20 και 0,53 mg/L, αντίστοιχα, μετά από 12 μήνες σε βαρέλι 225 L, το καλύτερο οργανοληπτικό αποτέλεσμα για το κρασί Merlot (Puech, 1987).

2.1.4 Παραγωγή κρασιού με κομμάτια (τσιπς) ξύλου δρυός

Λόγω του υψηλού κόστους και της χρονοβόρας διαδικασίας παλαίωσης του κρασιού σε βαρέλι, η χρήση τσιπς δρυός είναι ένα πρακτικό υποκατάστατο για τη μείωση των εξόδων παραγωγής. Επιπλέον, η χρήση τσιπς δρυός στην οينوποίηση επιτρέπει τη χρήση ανοξειδωτών δεξαμενών για ωρίμανση, παράγοντας γεύσεις και αρώματα ισοδύναμα με εκείνα των κρασιών που παλαιώνονται σε βαρέλια χωρίς πολλά από τα μειονεκτήματα που σχετίζονται με τα βαρέλια. Τα τσιπς ξύλου δρυός παρέχουν τα πλεονεκτήματα των γρήγορων περιόδων εφαρμογής, του συνεχούς ελέγχου της θερμοκρασίας, δεν απαιτείται καθαρισμός του βαρελιού, δεν υπάρχει κίνδυνος από την παρουσία ανεπιθύμητων βακτηρίων και χωρίς απώλεια κρασιού λόγω εξάτμισης.

Επιπλέον, η χρήση τσιπς βελανιδιάς μειώνει την καταστροφή που έχει η αποψίλωση των δασών στην οικολογία (Dimitriu et al, 2019).

Ο Διεθνής Οργανισμός Αμπέλου και Οίνου (ΟΙΒ, Ψήφισμα OENO 3/2005) και η Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν πρόσφατα εγκρίνει την εναλλακτική οινοποίηση δρυός, γεγονός που έχει αυξήσει την ανάγκη για ξύλο δρυός (Dumitriu et al., 2019). Η χρήση ροκανιδιών ξύλου δρυός, συχνά με τη μορφή τσιπς, είναι μια σχετικά νέα τεχνική για τον αρωματισμό του κρασιού. Κάποτε ήταν δημοφιλής από χώρες που παράγουν κρασί στον Νέο Κόσμο, όπως η Αυστραλία και η Καλιφόρνια, με τη θεωρία ότι η επίδραση της επαφής τους με το κρασί θα μιμούταν την επίδραση του ξύλου από το βαρέλι. Ωστόσο, όπως είναι προφανές, αυτή η τεχνική επηρεάζει πρωτίστως το μέρος της οξειδωτικής γήρανσης που συνεπάγεται την απελευθέρωση των μυρωδιών βελανιδιάς από το ξύλο. Ένα οργανοληπτικό μπορεί να αναγνωριστεί από τη μυρωδιά της βανιλίνης που κυριαρχεί. Με τη χρήση τεχνολογίας μικρο-οξυγόνωσης και τεμαχίων ξύλου, μπορεί να προσομοιωθεί η γήρανση του βαρελιού. Η χρήση τους μπορεί επίσης να παραχθεί μέσα σε βαρέλια των οποίων το ξύλο δεν αφαιρείται πλέον, εκτός από ανοξειδωτες δεξαμενές ή άλλα αδρανή υλικά, για να αναπαραχθούν οι παραδοσιακές οργανοληπτικές ιδιότητες (Τσακίρης, 2014).



Εικόνα 11. Τσιπς ξύλου δρυός (Μωραΐτης, 2023).

Οι κύριες μεταβλητές που επηρεάζουν τις οργανοληπτικές ιδιότητες του κρασιού που έρχεται σε επαφή με τα κομμάτια ξύλου δρυός είναι ο τύπος της βελανιδιάς, η περιοχή προέλευσης, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του ξύλου δρυός (κοκκοποίηση, πορώδες και διαπερατότητα), η επεξεργασία του ξύλου, η χημική

σύνθεση, οι δόσεις των τσιπς, το ψήσιμο του ξύλου και ο χρόνος επαφής με το κρασί (Dimitriu et al., 2019).

Ένας οινολόγος μπορεί να αναγνωρίσει τις διάφορες ποικιλίες βελανιδιάς που διατίθενται σήμερα. Προστίθενται στο κρασί σε αναλογίες από 1 έως 4 γραμμάρια ανά λίτρο. Ένας τρόπος για να αποφευχθεί η επεξεργασία τεράστιων όγκων κρασιού είναι η αύξηση της δοσολογίας σε μικρότερο όγκο κρασιού. Το υπόλοιπο του κρασιού αναμιγνύεται με αυτή την ποσότητα για να σχηματιστεί το τελικό προϊόν όταν η εκχύλιση έχει πάρει το απαιτούμενο χρονικό διάστημα. Το πόσο καιρό παραμένουν τα τσιπς στο κρασί εξαρτάται από το μέγεθος, την ποιότητά τους και την οργανοληπτική επίδραση που θέλει να του δώσει ο οινοποιός. Η ολοκλήρωση της διαδικασίας θα διαρκέσει από μία έως τέσσερις εβδομάδες (Τσακίρης, 2014).

Οκτώ διαφορετικές μάρκες τσιπς βελανιδιάς, με οκτώ διαφορετικά επίπεδα ψησίματος και γεωγραφικής προέλευσης, χρησιμοποιήθηκαν από τους Navojská et al. (2012) μαζί με τέσσερα δείγματα εμπορικών κρασιών. Μετά από 30 ημέρες επαφής, οι αρωματικές χημικές ουσίες που μεταδόθηκαν από το ξύλο βελανιδιάς στο κρασί αναγνωρίστηκαν χρησιμοποιώντας αέρια χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας (GC-MS). Οι κύριες ουσίες περιελάμβαναν φουρφουράλη, 5-μεθυλο-φουρφουράλη, γουαϊακόλη, 4-αιθυλογουαϊκόλη, ευγενόλη, ισοευγενόλη, λακτόνες ούισκι cis και trans και 4-αιθυλφαινόλη. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η ένταση του φρυγανίσματος του ξύλου έχει αντίκτυπο στις ποσότητες φουρφουράληςλακτόνης, γουαϊακόλης και ούισκι cis και trans (Navojška et al., 2012).

Οι Cabrita et al. (2011) αξιολόγησαν εμπορικά δείγματα αμερικανικών και γαλλικών τσιπς δρυός για την παρουσία και την περιεκτικότητα ορισμένων από τα βασικά παράγωγα φουρανίου (φουρφουράλη, 5-μεθυλοφουρφουράλη, 5-υδροξυ-μεθυλ-φουρφουράλη), φαινολικά οξέα (γαλλικό, βανιλικό, συρίγγιο και ελαϊκό), και φαινολικές αλδεΐδες (βανιλίνη, συριγαλδεΐδη, κονιραλδεΐδη και σιναπαλδεΐδη). Τα κομμάτια του ξύλου ψήθηκαν σε διάφορα μεγέθη και εντάσεις. Τα στοιχεία εξήχθησαν κατευθείαν από τα δείγματα ξύλου και τοποθετήθηκαν σε διάλυμα συνθετικού κρασιού. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα τσιπς γαλλικής βελανιδιάς περιέχουν περισσότερες αρωματικές χημικές ουσίες από τα τσιπς αμερικανικής βελανιδιάς. Ισχυρίστηκαν επίσης ότι η αύξηση της ποσότητας φρυγανίσματος του ξύλου αύξησε τη συγκέντρωση των φαινολικών χημικών ουσιών συνολικά. Αντί για

το είδος του ξύλου βελανιδιάς ή το επίπεδο φρυγανίσματος, το σχήμα του διαλύματος συνθετικού κρασιού φαίνεται να συνδέεται πιο άμεσα με την ποσότητα της εκχύλισης της ουσίας (Cabrita et al, 2011).

2.1.5 Χρήση τσιπς δρυός στο λευκό κρασί

Τα λευκά κρασιά, που κυριαρχούν στην αγορά, είναι συχνά νεαρά και πρέπει να απολαμβάνονται αμέσως για να διατηρήσουν τη φρεσκάδα και τη φρουτώδη γεύση τους. Πολυάριθμες οινολογικές διαδικασίες, όπως η προζυμωτική εκχύλιση με φλούδες ή η χρήση γλυκοσιδικών ενζύμων, έχουν χρησιμοποιηθεί για να ενισχύσουν το αρωματικό προφίλ των λευκών ποικιλιών σταφυλιού, το οποίο είναι τυπικά ουδέτερο ή ελαφρώς αρωματικό. Τα βαρέλια χρησιμοποιούνται για την ωρίμανση του λευκού κρασιού. Συνήθως απαιτείται παλαίωση οινολάσπης ή ζύμωση σε βαρέλι για αυτό. Οι ζυμομύκητες επωφελούν το νεαρό ή ζυμωμένο κρασί επειδή η στυφότητα του κρασιού μειώνεται από τις ελλαγιτανίνες που παράγονται από το ξύλο που απορροφάται (Alanon et al., 2018).

Οι ζύμες διασπών ορισμένες ενώσεις που προέρχονται από ξύλο, όπως η φουρφουράλη και η βανιλίνη, γεγονός που μειώνει την οργανοληπτική τους επίδραση στο κρασί. Μερικά μειονεκτήματα αυτών των οινολογικών διαδικασιών περιλαμβάνουν την περιορισμένη χωρητικότητα των βαρελιών, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται για ζύμωση κρασιού, τη δυσκολία ελέγχου της θερμοκρασίας ζύμωσης ή/και το ζήτημα του καθαρισμού των βαρελιών. Επιπλέον, δεν είναι όλα τα κρασιά κατάλληλα για ωρίμανση σε δρύινα βαρέλια, καθώς η απελευθέρωση ενώσεων στο κρασί μπορεί να συγκαλύψει πλήρως τις αισθητηριακές του ιδιότητες και το κρασί μπορεί να οξειδωθεί λόγω μικροδιάχυσης οξυγόνου μέσω των πόρων του ξύλου. Όταν πρόκειται για λευκά κρασιά, η οξείδωση μειώνει την οργανοληπτική αντίληψη των ευχάριστων οσμών ενώ ταυτόχρονα αναδεικνύει τα αρώματα του «μελιού» ή των «μαγειρεμένων λαχανικών» και δίνει στο κρασί ένα διακριτικό καφέ χρώμα. Τα τσιπς δρυός προτείνονται ως κατάλληλη εναλλακτική λύση στα βαρέλια για την ωρίμανση λευκών κρασιών (Bakker & Clarke, 2012).

Η δημιουργία αυτής της μεθόδου διήρκεσε περισσότερο από το αναμενόμενο λόγω των διαφορετικών συμπεριφορών των διαφορετικών εμπορικών ειδών, παρόλο που είναι λιγότερο ακριβά από τα βαρέλια (Alanon et al, 2018). Δρύινα βαρέλια και κορμοί βελανιδιάς μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παλαίωση του κρασιού

εκτός από τη ζύμωσή του. Οι Perez-Coello et al. (2017) πρόσθεσαν ακατέργαστα κομμάτια ξύλου από τα πιο κοινά είδη βελανιδιάς, αμερικανικής και γαλλικής προέλευσης, κατά τη ζύμωση μούστου της ποικιλίας Airen1. Οι δόσεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 4, 7 και 14 g/l. Τα κρασιά υποβλήθηκαν σε οργανοληπτικό έλεγχο και οι δοκιμαστές αποφάσισαν ότι το κρασί με την προσθήκη κομματιών ξύλου σε αναλογία 7 g/l ήταν το καλύτερο.

Ο Afonso (2006) έφτιαξε το κρασί του από σταφύλια Listan blanco και το ζύμωσε σε νέα δρύινα βαρέλια 225 λίτρων με δοσολογίες 4 και 8 g/l ξύλου δρυός. Για την κατασκευή των βαρελιών χρησιμοποιήθηκε βελανιδιά γαλλικής και αμερικανικής καλλιέργειας, σε δύο ξεχωριστές ποικιλίες. Εξέτασε τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των παρασκευαζόμενων κρασιών και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι αριθμός των τσιπς που χρησιμοποιήθηκαν είχε τη μεγαλύτερη επίδραση στην ανάδειξη οργανοληπτικού χαρακτήρα. Κατά την οινοποίηση με τσιπς, σε αντίθεση με τα βαρέλια, η τοπική προέλευση της βελανιδιάς ήταν πιο αισθητή, με τα τσιπς αμερικανικής προέλευσης να προσθέτουν μεγαλύτερη στυφότητα και αρώματα βανίλιας και καρύδας.

Επιπλέον, οι Sanchez-Palomo et al. (2017) πρόσθεσαν 7 g/L μερικώς φρυγανισμένων κομματιών βελανιδιάς στον μούστο ή στο νέο κρασί κατά τη διαδικασία αλκοολικής ζύμωσης σε μια προσπάθεια να βελτιώσουν την ποιότητα των λευκών κρασιών Verdejo. Έγινε έρευνα για το πώς η συμπερίληψη του ξύλου σε διάφορα στάδια οινοποίησης επηρέασε την πτητική περιεκτικότητα και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των κρασιών. Τα κρασιά στα οποία προστέθηκαν κομμάτια ξύλου κατά τη ζύμωση είχαν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις πτητικών ουσιών ζύμωσης, όπως αλκοόλες, οξικά και αιθυλεστέρες με αλειφατικά λιπαρά οξέα. Τα παλαιωμένα κρασιά με τσιπς δρυός είχαν τις μεγαλύτερες ποσότητες πτητικών, συμπεριλαμβανομένων των λακτόνων και των φουρανίων (7 g/L). Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των κρασιών διέφεραν ανάλογα με το πότε προστέθηκαν τα τσιπς.

2.2 Επίδρασεις της βελανιδιάς στο λευκό κρασί

Αν και η γαλλική βελανιδιά (*Quercus robur*) προσθέτει αρώματα φουντουκιού και καπνού, η αμερικανική βελανιδιά συνεισφέρει σε απαλές νότες βανίλιας και καρύδας. Λόγω της ισχυρής συμβατότητάς τους, οι γεύσεις του ξύλου μερικές φορές μπερδεύονται ως χαρακτηριστικά του σταφυλιού Chardonnay. Η αμερικανική

βελανιδιά μπορεί να τεμαχιστεί σε σανίδες για να παραχθούν βαρέλια, αλλά η σφιχτή γαλλική βελανιδιά πρέπει να χωριστεί λόγω δομικών διαφορών στο ξύλο. Και τα δύο, ωστόσο, πρέπει να στεγνώσουν στον αέρα, να καρυκευτούν και να φρυγανιστούν σε φωτιά για να λυγίσουν πριν από τη χρήση. Το αυξημένο ψήσιμο εντείνει τα αρώματα βουτύρου και καπνού τόσο της γαλλικής όσο και της αμερικανικής βελανιδιάς (Chira, Teissedre, 2015).

Επίσης, εξαρτάται από τον οινοποιό αν θα ζυμώσει ή θα παλαιώσει το κρασί σε ξύλο. Σε σύγκριση με τη ζύμωση σε χαλύβδινες δεξαμενές ακολουθούμενη από παλαίωση σε βαρέλια, η ζύμωση και η παλαίωση σε βαρέλια ενθαρρύνουν την υψηλότερη ενσωμάτωση γεύσης δρυός. Η ζύμωση βελανιδιάς είναι μια κορυφαία επιλογή για τους οινοποιούς, επιτρέποντας πιο διαφοροποιημένες γεύσεις, αλλά είναι πιο δαπανηρή και πιο εντατική από τη ζύμωση σε δεξαμενή (καθώς τα βαρέλια πρέπει να ανανεωθούν και είναι πιο δύσκολο να καθαριστούν από τον ανοξειδωτο χάλυβα). Ένα σύντομο χρονικό διάστημα που αφιερώνεται στην παλαίωση ενός κρασιού σε φρυγανισμένο ξύλο μπορεί, εάν δεν γίνει σωστά, να έχει ως αποτέλεσμα η επιδιωκόμενη γεύση βελανιδιάς να είναι πτητική και όχι ενσωματωμένη (Singleton, 2000).

Το μέγεθος, η ηλικία και ο χρόνος που δαπανάται σε δρύινα βαρέλια είναι σημαντικοί παράγοντες. Η επίδραση της δρυός είναι μεγαλύτερη σε νεότερα, μικρότερα βαρέλια. Επειδή η μεγαλύτερη ποσότητα κρασιού που έρχεται σε επαφή με το ξύλο κατά τη διάρκεια ενός *barrique* 225 λίτρων από ένα *runcheon* 500 λίτρων, το *barrique* θα έχει μεγαλύτερη επιρροή. Ωστόσο, μια κάννη που χρησιμοποιείται μία ή δύο φορές θα μετριάσει την πρόσκρουση. Τα παλαιωμένα βαρέλια είναι ουδέτερα και δεν μπορούν πλέον να προσδώσουν γεύσεις, αν και μπορεί να εξακολουθούν να έχουν μια σημαντική λειτουργία με επίκεντρο το οξυγόνο. Αν και η βελανιδιά δεν χάνει υγρασία, λίγη ποσότητα οξυγόνου μπορεί να μπει μέσα στο ξύλο. Το παρόν οξυγόνο έχει σημαντικό αντίκτυπο στις φυσικές χημικές αλλαγές του κρασιού κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και της παλαίωσης. Έχει αντίκτυπο στην παραγωγή ορισμένων αρωματικών συστατικών στα λευκά κρασιά (Singleton, 2000).

2.3 Επίδρασεις της βελανιδιάς στο κόκκινο κρασί

Τα κόκκινα κρασιά επηρεάζονται σημαντικά από τη βελανιδιά. Το αμερικάνικο ξύλο βελανιδιάς συνεισφέρει με πλούσιες γεύσεις καρύδας και κανέλας, ενώ η γαλλική

βελανιδιά συνεισφέρει με καπνιστές νότες γαρούφαλλου και κέδρου. Σε μεγαλύτερες ποσότητες μπορεί να έχει γεύση παρόμοια με μόκα ή εσπρέσο. Η επίδραση του οξυγόνου στην παραγωγή κόκκινου κρασιού είναι η πιο σημαντική. Αν και οι τανίνες του ξύλου συμβάλλουν επίσης στη σταθερότητα του κρασιού, το χρώμα και η τανίνη των σταφυλιών χρειάζονται αέρα για την παραγωγή σταθερών φαινολικών ενώσεων (Cadahía et al., 2009).

Ενώ ο χρόνος για τα κόκκινα κρασιά παλαιωμένης βελανιδιάς ποικίλλει παγκοσμίως, δίνοντάς τους αρκετό χρόνο σε βαρέλια υψηλής ποιότητας, τους επιτρέπει να ωριμάσουν και να εξελιχθούν με την πάροδο του χρόνου. Για μεγάλες χρονικές περιόδους, το ξύλο χρησιμοποιείται συχνά για την παλαίωση εξαιρετικά ταννικών κρασιών όπως το Bordeaux και το Barolo, κάτι που είναι απαραίτητο για τη γεύση τους (Cadahía et al., 2009).

Δεδομένου ότι όλοι γνωρίζουν ότι το κρασί δημιουργείται από τη ζύμωση του χυμού σταφυλιού, είναι λογικό ότι το κόκκινο κρασί παράγεται από κόκκινα σταφύλια και το λευκό κρασί από λευκά σταφύλια. Ωστόσο, αυτό δεν είναι αρκετά ακριβές, καθώς σχεδόν όλα τα σταφύλια παρέχουν έναν σχεδόν καθαρό χυμό. Το χρώμα του κρασιού προέρχεται από τη φλούδα των σταφυλιών και όχι από το χυμό ή τον πολτό. Κατά τη δημιουργία του λευκού κρασιού, οι φλούδες και οι σπόροι των σταφυλιών αφαιρούνται πριν από τη ζύμωση. Αν και ενώ το λευκό κρασί παρασκευάζεται συχνά από λευκά σταφύλια, ορισμένα κρασιά, κυρίως κάποια σαμπανιζέ, ζυμώνονται πραγματικά από κόκκινα σταφύλια. Αυτά τα κρασιά ανήκουν στην κατηγορία «blancdenoir» (Martínez-Gil et al., 2017).

Ωστόσο, όταν παράγεται κόκκινο κρασί, οι φλούδες και οι σπόροι των σταφυλιών παραμένουν στο χυμό καθ' όλη τη διάρκεια της ζύμωσης. Το κόκκινο κρασί έχει μια χαρακτηριστική απόχρωση και γεύση εξαιτίας αυτού. Τα λευκά κρασιά ζυμώνονται συχνά σε δεξαμενές από ανοξείδωτο χάλυβα, αλλά τα κόκκινα κρασιά συνήθως ζυμώνονται σε συμβατικά δρύινα βαρέλια, κάτι που είναι μια άλλη σημαντική διάκριση μεταξύ ερυθρών και λευκών κρασιών. Η διαδικασία οξείδωσης επιταχύνεται και οι τανίνες προστίθενται στο κόκκινο κρασί κατά την παλαίωση του βαρελιού. Ως αποτέλεσμα, η γεύση είναι λεία και κρεμώδης. Σε αντίθεση με αυτό, η ωρίμανση του λευκού κρασιού σε μια δεξαμενή από ανοξείδωτο χάλυβα επιβραδύνει τη διαδικασία οξείδωσης, διατηρώντας τη φυσική, νόστιμη γεύση των σταφυλιών. Οι γεύσεις του

λευκού κρασιού επηρεάζονται από την οξύτητα και όχι από τις τανίνες. Το τρυγικό, το μηλικό και το κιτρικό οξύ είναι οι τρεις κύριοι τύποι οξέων που υπάρχουν στο κρασί και τα λευκά κρασιά τείνουν να έχουν πιο έντονη γεύση από αυτά τα οξέα από τα κόκκινα κρασιά. Οι τραγανές γεύσεις του λευκού κρασιού είναι αποτέλεσμα της οξύτητας. Οι έντονες γεύσεις του κόκκινου κρασιού είναι ως επί το πλείστον αποτέλεσμα τανινών. Αρκετά φυτά, συμπεριλαμβανομένων των φλοιών των σταφυλιών και του τσαγιού, περιέχουν χημικές ουσίες φαινόλης γνωστές ως τανίνες (Alañón et al., 2011).

Η βασική αιτία των πλούσιων γεύσεων του κόκκινου κρασιού παρέχεται από τις τανίνες. Παρόμοια με τον τρόπο με τον οποίο οι τανίνες προστατεύουν τα λευκά κρασιά, τα κόκκινα κρασιά μπορεί να παλαιώσουν πολύ περισσότερο από τα λευκά κρασιά. Δεδομένου ότι όλα τα πλεονεκτήματα του κόκκινου κρασιού για την υγεία μπορούν να βρεθούν στη φλούδα και τους σπόρους των σταφυλιών, τα κόκκινα κρασιά έχουν πρόσφατα αναγνωριστεί για τα οφέλη τους για την υγεία. Μόνο τα κόκκινα κρασιά, τα οποία έχουν υποστεί ζύμωση με τη φλούδα και τους σπόρους των οινοποιήσιμων σταφυλιών, περιέχουν υψηλές ποσότητες τανινών, ρεσβερατρόλης και πολυφαινόλων, τον κρυμμένο παράγοντα υγείας που βρίσκεται στους σπόρους και τις φλούδες των οινοποιήσιμων σταφυλιών. Το κόκκινο κρασί έχει γενικά κάπως μεγαλύτερα επίπεδα βιταμινών, μετάλλων, τανινών, ρεσβερατρόλης και πολυφαινόλων από το λευκό κρασί. Το λευκό κρασί, όμως, έχει λιγότερες θερμίδες (Sanz et al., 2010).

2.4 Άλλα είδη ξύλου που χρησιμοποιούνται στην παλαίωση

Η αυξανόμενη ζήτηση για ξύλο στη βαρελοποιία και η αναζήτηση νέων ευκαιριών για να προσδώσουν στα κρασιά και τα παράγωγά τους μια ιδιαίτερη προσωπικότητα οδήγησαν στη χρήση ξυλείας εκτός από τη δρυ, μερικά από τα οποία χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο έχουν προταθεί υποκατάστατα της βελανιδιάς, συμπεριλαμβανομένου του ξύλου από είδη όπως το *Castanea sativa* Mill. (καστανιά), *Robinia pseudoacacia* L. (ψευδοακακία), *Prunus avium* L. και *Prunus cerasus* L. (κερασιά), *Fraxinus excelsior* L. και *F. Americana* L. (ευρωπαϊκή και αμερικανική τέφρα, αντίστοιχα), *Morus alba* L. και *Morus nigra* L. Το *Leucodermis*, το *Prunus armeniaca*, το *Fagus sylvatica* και το *Alnus glutinosa*, έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σε δοκιμές κρασιού αν και λίγες δοκιμές έχουν διεξαχθεί μέχρι στιγμής. Επιπλέον, πολλοί παραγωγοί επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν τοπικά ξύλα για να εξοικονομήσουν κόστος (Canas et al., 2006).

2.4.1 *Castanea Sativa Mill* (καστανιά)

Αυτό το είδος της οικογένειας *Fagaceae* μπορεί να βρεθεί στη νότια Ευρώπη και την Ασία (Κίνα). Οι καστανιές καλλιεργούνται συνήθως για τους νόστιμους καρπούς τους. Το ξύλο του χρησιμοποιείται για την κατασκευή πασσάλων και το άμυλό του χρησιμοποιείται σε βιομηχανικά προϊόντα όπως χαρτί, πλαστικά, υφάσματα, τρόφιμα, φάρμακα και καλλυντικά. Επίσης, λόγω της ευρείας διαθεσιμότητας και της προσιτής τιμής του, αυτό το είδος έχει ιστορικά χρησιμοποιηθεί εκτενώς για οινολογικούς σκοπούς στην περιοχή της Μεσογείου. Μαζί με το *Quercus*, είναι το μοναδικό είδος που έχει εγκριθεί για χρήση από τον ΟΙΥ. Έχουν γίνει πολυάριθμες μελέτες για τα χαρακτηριστικά αυτού του ξύλου και τη χρήση του για την παλαίωση των οινοπνευματωδών ποτών (Sánchez-Gómez et al., 2018), ξιδιού (Callejón et al., 2010), και κρασιών (Palomero et al., 2015).

Φαίνεται ότι υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση αυτού του ξύλου στην παλαίωση διαφόρων ποτών. Η χημική σύσταση και τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά του αλκοόλ στο παλαιωμένο κρασί βελτιώνονται με τη χρήση βαρελιών από ξύλο καστανιάς, τα οποία έχουν επίσης μεγαλύτερα επίπεδα ολικών φαινολικών, ενώσεων χαμηλού μοριακού βάρους και αντιοξειδωτική δράση. Τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά των οινοπνευματωδών ποτών παλαιωμένα σε ξύλο καστανιάς δείχνουν την ικανότητα του ξύλου να παλαιώνει αλκοολούχα ποτά, με τα κονιάκ που παλαιώνουν για δύο χρόνια σε βαρέλια καστανιάς να έχουν πολύ σημαντικό αντίκτυπο στην πλειονότητα των χημικών ουσιών χαμηλού μοριακού βάρους (Kozlovic et al., 2010).

Το ξύλο καστανιάς παρουσίασε εξαιρετική ποιότητα, ταχύτερη ανάπτυξη των κονιάκ και πιο οικονομική παλαίωση λόγω του φθηνότερου κόστους σε σύγκριση με τη δρύ Limousin για την παλαίωση μπράντι. Η καστανιά δε φαίνεται να είναι το ιδανικό ξύλο για την παλαίωση του ξιδιού, ενώ η κερασιά ή η βελανιδιά παρέχουν τα μεγαλύτερα αποτελέσματα. Έχει σημειωθεί ότι το υψηλό πορώδες αυτού του ξύλου καθιστά τα βαρέλια κρασιού που κατασκευάζονται από αυτό αποδεκτά για βραχυπρόθεσμη παλαίωση αλλά όχι για παρατεταμένη παλαίωση. Ως αποτέλεσμα, η ανακάλυψη των Rosso et al. (2009) για χαμηλή συγκέντρωση οξειδώσιμων πολυφαινολών σε κρασιά παλαιωμένα σε βαρέλια καστανιάς υποδηλώνει ότι αυτός ο τύπος ξύλου είναι λιγότερο κατάλληλος για μακροχρόνια παλαίωση από τη δρυ, επειδή προάγει ένα πιο οξειδωτικό περιβάλλον.

Σύμφωνα με τους Alanon et al. (2013), τα κρασιά που ωριμάζουν σε ξύλο καστανιάς για μεγάλο χρονικό διάστημα αναπτύσσουν γεύσεις (4-αιθυλφαινόλη και 4-αιθυλογουαϊακόλη) και προβλήματα οξείδωσης. Η καστανιά, ωστόσο, είναι ένα φανταστικό αρωματικό ξύλο για γρήγορη παλαίωση σε βαρέλι, καθώς παράγει εξαιρετικά ισορροπημένα κρασιά. Τα κόκκινα κρασιά Sangiovese που αποθηκεύτηκαν σε βαρέλια καστανιάς ήταν πιο φρουτώδη και τανικά από αυτά που παλαιώθηκαν στο Allier, σύμφωνα με τους Arfelli et al. (2007), αλλά τα τελευταία ήταν λιγότερο στυπτικά, πιο ισορροπημένα και είχαν περισσότερες νότες βανίλιας.



Εικόνα 12. Καστανιά (Προσωπικό αρχείο).

2.4.2 *Robinia Pseudoacacia L. (False Acacia)* (ακακία)

Η ψευδοακακία, ή *Robinia Pseudoacacia*L., είναι η επιστημονική ονομασία αυτού του φυτού, το οποίο είναι εγγενές στις ανατολικές Ηνωμένες Πολιτείες και μεταφέρθηκε στην Ευρώπη. Σε σύγκριση με άλλα είδη, θεωρείται ότι έχει γρήγορη ανάπτυξη και ευελιξία στις προσαρμογές του. Παρόλο που τα βαρέλια robinia είναι περίπου 10% λιγότερο δαπανηρά από τη γαλλική δρυ, αλλά ακόμα πιο ακριβά από την αμερικανική δρυ, η ακακία έχει προταθεί πρόσφατα για χρήσεις βαρελιού. Το ξύλο ακακίας έχει χαμηλό πορώδες και είναι ανθεκτικό. Ερευνητικές μελέτες για το χαρακτηρισμό αυτού του ξύλου για εφαρμογές βαρελοποιίας και τη χρήση του με αλκοολούχα ποτά, ιδιαίτερα κρασιά (Delia et al., 2017) και ξύδια (Cerezo et al., 2009) έχουν δημοσιευτεί τα τελευταία δέκα χρόνια. Τα κόκκινα κρασιά που διατηρούνται σε βαρέλια ακακίας έχουν ισχυρότερους τόνους φρουτωδών, καπνιστών και πικάντικων

γεύσεων, που μπορεί να αποδοθούν στην αφθονία τους σε ακετοσυριγγόνη, διμεθοξυφαινόλες και βανιλικό αιθυλεστέρα.



Εικόνα 13. Ακακία (Robinia Pseudoacacia L.) (Le média de la vie locale, 2023)

Τα κρασιά με τα καλύτερα αποτελέσματα ήταν αυτά που παλαιώθηκαν με ακακία και δρυ, σύμφωνα με τους Fernández de Simón et al. (2011), οι οποίοι χρησιμοποίησαν βαρέλια κερασιάς, καστανιάς, ακακίας, στάχτης, και δρυός. Αν και είχαν την καλύτερη βαθμολογία και περιείχαν τις πιο απλές πτητικές ενώσεις φαινόλης, τα βαρέλια ακακίας είχαν επίσης ευνοϊκή επίδραση στην ποιότητα των κρασιών Istria. Σημειώθηκε επίσης ότι αυτό το ξύλο προτιμήθηκε για λευκά κρασιά από κερασιά περισσότερο από την αμερικανική και τη γαλλική βελανιδιά. Καθώς τα βαρέλια ακακίας αποδείχθηκε ότι έχουν τη μεγαλύτερη διαπερατότητα οξυγόνου από όλα τα ξύλα που ερευνήθηκαν, η χρήση της ακακίας για τη γήρανση του ξυδιού αυξάνεται λόγω της αποτελεσματικότητας μεταφοράς αέρα που ευνοεί έναν καλό ρυθμό οξίνωσης. Τα καλύτερα ξύλα, σύμφωνα με τους Callejon et al. (2010) λόγω των αρωματικών νοτών είναι η κερασιά και η βελανιδιά, όχι η ακακία.

2.4.3 Prunus (κερασιά)

Τα είδη κερασιάς που ερευνήθηκαν είναι τα *Prunus avium*L. και *Prunus cerasus*L., τα οποία είναι συγγενικά και ενδημικά στη δυτική Ασία και την Ευρώπη, αντίστοιχα. Οι ιδιότητες της κερασιάς και η επίδραση που έχει στην παλαιώση διαφόρων ποτών, συμπεριλαμβανομένου του κρασιού, των αποσταγμάτων και των ξυδιών, έχουν αποτελέσει αντικείμενο ουσιαστικής έρευνας τα τελευταία χρόνια. Αυτό το ξύλο χρησιμοποιείται συχνά για γρήγορη γήρανση λόγω του υψηλού πορώδους του και της διαπερατότητάς του σε οξυγόνο. Αφού εξέτασαν λευκά, ροζέ και κόκκινα

κρασιά παλαιωμένα σε βαρέλια, οι Fernández de Simón et al. (2014) διαπίστωσαν ότι 6 από τις 68 ανιχνευθείσες μη-ανθοκυανικέςφαινολικές ενώσεις (αρωματανδρίνη, ναριγγενίνη, ταξιφολίνη, ισοακουρανετίνη, εριοδικτυόλη και προυνίνη) βρέθηκαν αποκλειστικά σε κρασιά παλαιωμένα με ξύλο κερασιάς. Έτσι, μια καλή μέθοδος αναγνώρισης κρασιών που έχουν παλαιωθεί σε επαφή με αυτό το ξύλο μπορεί να είναι το μη ανθοκυανικόφαινολικό προφίλ τους.



Εικόνα 14. Κερασιά (Τα μυστικά του κήπου, 2020).

Σημαντικές διαφορές μεταξύ *Q. petraea* και *Q. alba* ανακαλύφθηκαν επίσης σε συγκεκριμένες χημικές ουσίες. Τα λευκά κρασιά που παλαιώθηκαν σε επαφή με τσιπς κερασιάς είχαν πανομοιότυπες βαθμολογίες συνολικής εκτίμησης με εκείνες που επιτεύχθηκαν για κρασιά παλαιωμένα με τσιπς *Q. Alba* και *Q. petraea*, σύμφωνα με τους Delia et al. (2017).

Σε σύγκριση με άλλα ξύλα (ακακία, καστανιά, μουριά και δρυ), οι De Rosso et al. (2009) ανακάλυψαν ορισμένα μοναδικά χαρακτηριστικά σε κρασιά που είναι αποθηκευμένα σε μη φρυγανισμένα βαρέλια κερασιάς, υποδεικνύοντας ότι αυτό το ξύλο επιτρέπει περισσότερη διείσδυση οξυγόνου μέσω των ράβδων του. Το πιο διαπερατό από οξυγόνο φυτό, σύμφωνα με τους Torrija et al. (2009) ήταν η ακακία.

Σύμφωνα με τους Cerezo et al. (2009), τα ξύδια κόκκινου κρασιού που είχαν υποστεί οξοποίηση σημείωσαν υψηλότερη βαθμολογία στην αισθητηριακή ανάλυση όταν παλαιώσαν με αυτό το ξύλο εκτός από τη βελανιδιά, η οποία έδωσε ανώτερες νότες των κόκκινων φρούτων. Σε αντίθεση με άλλα ξύλα (ακακία, καστανιά, μουριά και δρυ), οι De Rosso et al. (2009) παρατήρησαν επίσης ορισμένα μοναδικά χαρακτηριστικά σε κρασιά παλαιωμένα σε βαρέλια κερασιού, τα οποία μπορεί να υποδεικνύουν μεγαλύτερη διείσδυση οξυγόνου μέσα από τις ράβδους τους. Ως

αποτέλεσμα, πρότειναν τη χρήση βαρελιών κερασιάς για μικρότερους χρόνους παλαίωσης.

2.4.4 *Fraxinus* (τέφρα)

Αυτό το γένος της οικογένειας oleaceae, συχνά γνωστό ως τέφρα, συναντάται σε όλη την Ευρώπη, τη Μικρά Ασία και τη Βόρεια Αφρική, ιδανικά σε θαλάσσιες θερμοκρασίες. Είναι μέρος του *Fraxinus excelsior*L. Μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 40 μέτρα, με τα περισσότερα παραδείγματα να είναι μεταξύ 20 και 30 μέτρων. Μόνο περιοχές με τις κατάλληλες κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες μπορούν να υποστηρίξουν τη βέλτιστη ανάπτυξη αυτού του φυτού όλο το χρόνο. Η τέφρα εκτιμάται πολύ στην κατασκευή καπλαμά που είναι ο τελευταίος προορισμός των κορμών εξαιρετικής ποιότητας (De Simón et al., 2014).



Εικόνα 15. Fraxinus (τέφρα) (Matelma, 2023).

Επιπλέον, η χρήση του καπλαμά για την κατασκευή ντουλαπιών δίνουν μεγάλη αξία στην τέφρα. Εγγενές στη Βόρεια Αμερική, το *Fraxinus americana*, βρίσκεται κυρίως στις ανατολικές Ηνωμένες Πολιτείες και έχει επίσης εισαχθεί στην Κούβα και τη Ρουμανία. Είναι ένα τεράστιο δέντρο που φτάνει σε ύψος 36 μέτρα και διάμετρο 182 εκατοστά. Εκτιμάται ιδιαίτερα για τα χαρακτηριστικά του ξύλου του τα οποία περιλαμβάνουν ότι είναι σχετικά βαρύ, στιβαρό, άκαμπτο, σκληρό και ανθεκτικό στα χτυπήματα. Λόγω αυτών των ιδιοτήτων, χρησιμοποιείται κυρίως για κατασκευή καπλαμά, κανό, ρόπαλα του μπέιζμπολ, σχοινιά, κουπιά, εξαρτήματα αυτοκινήτου και είδη αναψυχής. Το *Fraxinus*, έχει διερευνηθεί από οινολογική σκοπιά, καθώς έχει

θεωρηθεί ότι είναι μια πιθανή προμήθεια ξύλου για την παλαίωση κρασιών (Caudullo et al., 2017).

Οι υψηλές συγκεντρώσεις 3-αιθυλίου και 3,5-διμεθυλοκυκλοτενίου, ο-κρεσόλης, μεθυλοκροτοναλακτόνης και βανιλίνης και οι χαμηλές συγκεντρώσεις φουρανικών παραγώγων, το τελευταίο από τα οποία είναι παρόμοιο με κρασιά παλαιωμένα σε ξύλο κερασιάς, διαχωρίζουν τα κρασιά παλαιωμένα με τέφρα από άλλα ξύλα. Το κρασί παλαιωμένο σε ξύλο τέφρας είχε την υψηλότερη βαθμολογία σε γεύσεις βανίλιας μετά από μια αισθητηριακή μελέτη, παρά το γεγονός ότι είχε υψηλότερα επίπεδα βανιλίνης (De Simón et al., 2014). Ενώ η τέφρα έχει αποδειχθεί ότι περιέχει χημικές ουσίες που δε βρέθηκαν στη βελανιδιά, το πολυφαινολικό προφίλ των κρασιών που έχουν παλαιωθεί σε επαφή με αυτό το ξύλο δεν έχει αποκαλύψει ιδιαίτερες πολυφαινόλες που δίνονται από αυτό το ξύλο και δεν ανιχνεύθηκαν διακριτικές ενώσεις όταν το κρασί παλαιώσε με δρυ.

2.4.5 *Morus* (Mulberry) / (Μουριά)

Η λευκή μουριά, *Morus alba* L. και η μαύρη μουριά, *Morus nigra* L., είναι τα είδη μουριάς που έχουν θεωρηθεί ως πιθανά νέα ξύλα στην παλαίωση του κρασιού. Προερχόμενο από την Κίνα, το *Morus alba* L. έχει εξαπλωθεί παγκοσμίως και πολιτογραφήθηκε σε πολλές θερμές εύκρατες περιοχές. Ενώ είναι ιθαγενές της δυτικής Ασίας, το *Morus nigra* L. καλλιεργείται κυρίως στην Ευρώπη και την Ασία. Το *Morus* L. (*Moraceae*) είναι ένα δέντρο που μπορεί να βρεθεί στην Ασία, την Αφρική, την Ευρώπη, τη Βόρεια, την Κεντρική και τη Νότια Αμερική και ευδοκίμει σε διάφορους τύπους δασών από το επίπεδο της θάλασσας έως τα 2500 m (Koek-Noorman & Topper, 1986).



Εικόνα 16. Μουριά (thess.gr, 2023).

Δεδομένου ότι χρησιμεύουν ως φυτά ξενιστές για τις προνύμφες του μεταξοσκώληκα (*Bombyx mori* L.), τα είδη *Morus* είναι εμπορικά σημαντικά για τη βιομηχανία μεταξιού. Έχουν επίσης αναπτυχθεί σε διάφορες περιοχές του πλανήτη ως διακοσμητικά δέντρα και για τους βρώσιμους καρπούς τους. Το *M. Alba* είναι επίσης το κύριο είδος που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία συμβατικών μουσικών οργάνων. Οι ανατομικές διαφορές και ομοιότητες μεταξύ αυτών των δύο ειδών ξύλου συγκρίθηκαν από τους Karami et al. (2010), οι οποίοι διαπίστωσαν ότι υπάρχουν μικρές διακυμάνσεις στην αγγειακή κατανομή και συχνότητα καθώς και την παρουσία αλλόμορφων αξονικών κυττάρων παρεγγύματος. Αυτοί οι συγγραφείς σημείωσαν ότι το *M. Alba* είχε μια κατανομή αγγείων που ήταν ημι-δακτυλιοειδής πορώδης, ενώ το *M. Nigra* είχε λιγότερα αγγεία και λιγότερο άμορφο παρέγγυμα συνολικά. Το ξύλο αυτού του είδους παρουσιάζει ελάχιστη απελευθέρωση ένωσης, είναι ελαστικό και ευαίσθητο και έχει μεσαίο πορώδες. Σε σύγκριση με τα είδη που περιγράφηκαν προηγουμένως, αυτά έχουν λάβει λιγότερη έρευνα σχετικά με το χαρακτηρισμό και τη χρήση τους στην παλαίωση οίνου. Τα χαμηλότερα επίπεδα πτητικών συστατικών ανακαλύφθηκαν στη μουριά, με ελάχιστη ευγενόλη και χωρίς μεθοξυευγενόλη αλλά σημαντικά (αρνητικά) λιπαρά οξέα, σύμφωνα με τη μελέτη των Rosso et al. (2009).

Οι Flamini et al. (2007) απέδειξαν ότι το εκχύλισμα ξύλου μουριάς είχε χαμηλή παρουσία πτητικών ενώσεων βενζολίου και είναι πιθανότατα πιο κατάλληλο για παλαίωση κρασιών με εκχύλιση των ενώσεων από τα ίδια ξύλα και στην ίδια δόση, όχι μόνο με διάλυμα νερού/αιθανόλης 50%, αλλά επίσης με 12% αιθανόλη με ρυθμιστικό

τρυγικού pH 3,2. Δύο ελληνικά ερυθρά κρασιά (Syrah και Cabernet) ωριμασμένα με λευκά τσιπς ξύλου Mulberry εξετάστηκαν από τους Gortzi et al. (2013). Διαπίστωσαν ότι όταν η δόση των υποκατάστατων ήταν 1 g και 2 g, η συνολική συγκέντρωση πολυφαινόλης (mg/L) στα κρασιά Syrah που ωρίμασαν με *M. Alba* ήταν χαμηλότερη από αυτή στα κρασιά παλαιωμένα με *Q. Alba*. Όταν το Cabernet ήταν η επιλεγμένη ποικιλία σταφυλιού, συνέβη το αντίστροφο.

Σύμφωνα με τους Gortzi et al. (2013), όλα τα κρασιά που διερεύνησαν είχαν σημαντικά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ρεσβερατρόλης και κατεχίνης όταν ωρίμασαν με τσιπς *M. Alba* σε αντίθεση με το *Q. Alba*. Το αισθητηριακό τεστ αποκάλυψε ότι τα κρασιά Syrah σημείωσαν υψηλότερη βαθμολογία μετά από 20 ημέρες παλαίωσης με *M. Alba* από τα ίδια κρασιά που παλαίωσαν με *Q. Alba*, αν και τα κρασιά Cabernet σημείωσαν παρόμοια βαθμολογία μετά την παλαίωση με αυτά τα δύο ξύλα. Σε σύγκριση με τα εκχυλίσματα από τα είδη ξύλου *Quercus robur*, *Robinia pseudoacacia* και *Cotinus coggygria*, το εκχύλισμα μουριάς (*M. Nigra* heartwood) εμφάνισε μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες και αντιοξειδωτική δράση.

Σύμφωνα με τους Rosso et al. (2009), μετά από 9 μήνες παλαίωσης σε βαρέλια βατόμουρου (*M. Alba*) 225 λίτρων, ένα κόκκινο κρασί (Raboso Piavevar) έδειξε σημαντική μείωση στους αιθυλεστέρες και την αιθυλογουαϊακόλη, με νότες φρούτων και υψηλή έκπτωση αιθυλφαινόλης. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αυτό το ξύλο δεν είναι πολύ κατάλληλο για την παλαίωση του κρασιού.

2.5 Χημική Σύνθεση του Εκχυλίσμου Κλάσματος των Διάφορων Ξύλων

Η χημική σύνθεση του ξύλου δρυός, ιδιαίτερα το εκχυλιζόμενο τμήμα, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την οινολογική του ποιότητα αφού επηρεάζει πτυχές όπως το χρώμα, το άρωμα, τη γεύση και το σώμα του τελικού κρασιού. Οι ελλαγιταννίνες, τα μόρια με χαμηλό μοριακό βάρος και τα πτητικά μόρια αποτελούν την πλειοψηφία αυτού του κλάσματος στη βελανιδιά. Δεν υπάρχουν ελλαγιταννίνες στη σύνθεση των ειδών *Robinia pseudoacacia* (ακακία), *Fraxinus americana* (τέφρα) και *Fraxinus excelsior* (τέφρα). Δεν έχει γίνει καμία έρευνα για το είδος κερασιάς *Prunus cereaus*. Μόνο πολύ μικρές ποσότητες castalagina (0,04 mg/g) και vescalagina (4,19 g/g) βρέθηκαν στην έρευνα των Alanon et al. (2011).

Οι ελλαγιταννίνες στο *Prunus avium* δεν ανιχνεύθηκαν στις μελέτες των Sanz et al. (2012). Οι οκτώ ελλαγιταννίνες έχουν εντοπιστεί μόνο στο είδος *Castanea sativa*

Mill. σε σχέση με άλλα ξύλα εκτός από τη βελανιδιά. Οι συγκεντρώσεις ελλαγιταννίνης στην ξερή καστανιά κυμαίνονται από 4,74 έως 76,3 mg/g, ενώ εκείνες στη φρυγανισμένη καστανιά κυμαίνονται από 0,66 έως 10,51 mg/g. Το φρυγάνισμα μειώνει τη συγκέντρωση αυτών των ελλαγιταννινών, όπως συμβαίνει και με τη βελανιδιά (Martínez-Gil et al., 2018).

Η συνολική περιεκτικότητα σε ελλαγιταννίνες είναι συγκρίσιμη με αυτή των συμβατικών βελανιδιών. Αρκετές υδρολυόμενες τανίνες εκτός από ελλαγιταννίνες έχουν ανακαλυφθεί στην καστανιά αλλά όχι στη βελανιδιά. Επιπλέον, η σύνθεση της κερασιάς και της ακακίας περιέχει συμπυκνωμένες τανίνες, οι οποίες δεν υπάρχουν στη βελανιδιά. Όλα αυτά υποδηλώνουν ότι, όσον αφορά τα χαρακτηριστικά της συμβατικής βελανιδιάς που χρησιμοποιείται στην παλαίωση του κρασιού, υπάρχει σημαντική ποιοτική διαφορά μεταξύ αυτών των διαφόρων ξύλων και του *Quercus*. Οι ελλαγιταννίνες ήταν οι πρωτογενείς φαιολικές ενώσεις που εξετάστηκαν ειδικά στο πράσινο και αποξηραμένο ξύλο αυτών των νέων ειδών *Quercus* και τα ευρήματα ήταν συγκρίσιμα με εκείνα που ελήφθησαν από άλλες βελανιδιές που έχουν χρησιμοποιηθεί ιστορικά στην οινολογία. Αυτές οι χημικές ουσίες αποδομούνται με το στέγνωμα και το φρυγάνισμα, όπως συμβαίνει με τα συμβατικά ξύλα *Quercus* (Madriga et al., 2010).

Όλα τα νέα είδη *Quercus* περιλάμβαναν τις οκτώ ελλαγιταννίνες που ανακαλύφθηκαν σε συμβατικές βελανιδιές, με εξαίρεση την *Q. oocarpa*, η οποία δεν είχε διμερείς ελλαγιταννίνες (*A*, *B*, *C* και *DRoburins*) στη σύνθεσή του. Η ολική συγκέντρωση ελλαγιταννίνης διέφερε παρόμοια μεταξύ των *Q. pyrenaica*, *Q. faginea* και *Q. oocarpa*. Επίσης, οι ελλαγιταννίνες αυτών των ειδών ήταν ενδιάμεσες μεταξύ των *Q. robur* και *Q. alba*, και πιο συγκρίσιμες με το *Q. petraea*. Ωστόσο, το *Q. humboldtii*, το οποίο μοιάζει περισσότερο με το *Q. alba* από τα άλλα δύο είδη, είχε χαμηλότερη συγκέντρωση (Cadahía et al., 2001).

Ωστόσο, το *Q. frainetto* ξεχωρίζει από τα άλλα είδη λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητάς του σε πεντοζυλιωμένο διμερές και της συγκρίσιμης συγκέντρωσης μονομερών με τα υπόλοιπα είδη *Quercus*, καθιστώντας το είδος με το μεγαλύτερο επίπεδο ελλαγιταννινών (108 mg/g). Σε αντίθεση με τις ελλαγιταννίνες, οι χημικές ουσίες χαμηλού μοριακού βάρους αυξάνονται σε συγκέντρωση μετά την ξήρανση και το φρυγάνισμα σε *Quercus* και άλλα ξύλα, όπως και οι παραδοσιακές βελανιδιές. Το

ξύλο από *Castanea sativa* Mill. έχει το πιο χαμηλού μοριακού βάρους φαινολικό (LMWP). Τα ξύλα ακακίας (*Robinia pseudoacacia*L.), κερασιάς (*Prunus*) και τέφρας (*Fraxinus*) έχουν συχνά χαμηλότερα συνολικά επίπεδα LMWP από τα άλλα, ιδιαίτερα μετά την ξήρανση. Τα κύρια LMWP στα είδη *Quercus*, συμπεριλαμβανομένων των *Q. pyrenaica*, *Q. faginea*, *Q. humboldtii* και *Castanea sativa* είναι ελλαγικά και γαλλικά οξέα. Μόνο στο φρυγανισμένο ξύλο του *Q. humboldtii* δε συμβαίνει αυτό γιατί η κωνοφόρα και η σιναπαλδεΰδη αποτελούσαν την πλειοψηφία. Ενώ το προαναφερθέν προφίλ είναι το πιο χαρακτηριστικό, αυτή η συμπεριφορά έχει επίσης παρατηρηθεί στα παραδοσιακά δάση, ιδιαίτερα στα είδη *Q. Alba* και/ή *Q. Robur* (Jordão et al., 2016).

Διερευνήθηκαν μόνο τα ελλαγικά και γαλλικά οξέα στα *Q. oocarpa* και *Q. frainetto*, ίσως επειδή αποτελούν την πλειοψηφία σε αυτά τα είδη. Επίσης, όπως είναι χαρακτηριστικό για τις παραδοσιακές βελανιδιές, το ελλαγικό οξύ υπερισχύει του γαλλικού οξέος στα *Q. pyrenaica*, *Q. faginea*, *Q. humbolditti* και *Q. oocarpa*. Ωστόσο, αυτή η σχέση αντιστράφηκε στα *Q. frainetto* και *Castanea sativa*. Τα τρία ξύλα που διέφεραν περισσότερο από την τυπική βελανιδιά ήταν η ακακία, η κερασιά και η τέφρα αφού κανένα από αυτά δεν είχε υψηλή συγκέντρωση αυτών των οξέων. Γαλλικό οξύ δε βρέθηκε, με εξαίρεση το ξηρό ξύλο του *P. cereaus*, το οποίο αποτελούνταν κυρίως από ελλαγικό οξύ. Το ξύλο του υποτιθέμενου είδους *Fraxinus* δεν περιείχε ούτε γαλλικό οξύ ούτε ελλαγικό οξύ (Sanz et al., 2012).

Όσον αφορά τις πτητικές ουσίες, μόνο ο Vivas (2005) αποδεικνύει ότι αυτά τα είδη περιλαμβάνουν επίσης τα *Q. Alba*, *Q. petraea* και *Q. robur* καθώς και οξο-3-ρετρο-ιονόλη και βανιλίνη εκτός από το *Q. Alba*. Ωστόσο, έχει ανακαλυφθεί μόνο μία μελέτη για το πράσινο ξύλο που επικεντρώθηκε στο είδος *Q. pyrenaica*, παρά το γεγονός ότι αυτές οι χημικές ουσίες παράγονται κατά την ξήρανση και ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του φρυγανίσματος. Αποκαλύπτεται ότι η *cis*-methyl-octalactone, η οποία έχει συγκέντρωση 59 και 68 g/g στο πράσινο και αποξηραμένο ξύλο του *Quercus pyrenaica*, αντίστοιχα, είναι το κυρίαρχο πτητικό είδος. Η βανιλίνη, ωστόσο, επικρατεί στα μη *Quercus* ξύλα μετά την ξήρανση. Όσον αφορά το ξύλο μετά το φρυγάνισμα, το οποίο χρησιμοποιείται συνήθως στις διαδικασίες παλαίωσης κρασιών, σχεδόν όλα τα είδη έχουν υψηλότερα επίπεδα φουρφουράλης από τα άλλα πέντε αρώματα, όπως συμβαίνει συνήθως στις παραδοσιακές βελανιδιές (Caldeira et al., 2006).

Οι εξαιρέσεις είναι τα *Q. faginea*, *Fraxinus americana* και *Fraxinus excelsior*, των οποίων τα υψηλότερα επίπεδα βανιλίνης μπορούν να βρεθούν. Αν και οι ποσότητες γουαϊακόλης σε μεσαίου ψησίματος ξύλα τέφρας ήταν πολύ μεγαλύτερες από αυτές που βρέθηκαν σε άλλα φρυγανισμένα ξύλα, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που βρίσκονται συνήθως στη συμβατική βελανιδιά, μπορεί να αναμένεται ένας πιο αξιοσημείωτος χαρακτήρας καπνού όταν χρησιμοποιείται φρυγανισμένο ξύλο τέφρας σε κρασιά παλαίωσης. Σύμφωνα με ορισμένες έρευνες, το *Q. pyrenaica* έχει σημαντικά υψηλότερα επίπεδα ευγενόλης από τις τυπικές βελανιδιές, ειδικά μετά από ήπιο φρυγάνισμα. Ως αποτέλεσμα, η χρήση αυτών των ξύλων μπορεί να οδηγήσει σε πιο πικάντικα κρασιά, ιδιαίτερα εκείνα με γέυση γαρύφαλλου. Συνοπτικά, ούτε *cis*-Methyl-octalactone ούτε *-Methyl-octalactone* υπάρχουν στη σύνθεση των ξύλων που δεν ανήκουν στο είδος *Quercus*. Μόνο η έρευνα των Caldeira et al. (2006) χρησιμοποίησε 55% αιθανόλη για την εκχύλιση αυτών των ισομερών, τα οποία εντοπίστηκαν μόνο σε ίχνη καστανιάς (0,23 και 0,34 g/g των ισομερών *trans* και *cis*, αντίστοιχα). Κατά την ωρίμανση του ξύλου, τα δύο ισομερή της μεθυλοοκταλακτόνης έχουν σημαντική αισθητική επίδραση στα κρασιά (Boidron & Chatonnet, 1988) προσδίδοντας νότες φρυγανισμένου ξύλου, καρύδας και ξύλου. Επιπλέον, αυτά τα ισομερή βοηθούν στη διάκριση μεταξύ γαλλικών και αμερικανικών βελανιδιών (Sefton et al., 1994).

Αυτά τα δύο ισομερή ανιχνεύθηκαν επίσης σε πολύ χαμηλές ποσότητες στο *Q. Humboldtii*. Η συγκέντρωση αυτών των δύο ισομερών στο ξύλο του είδους *Q. Faginea* μόλις ανακαλύφθηκε στην έρευνα των Cadahia et al. (2003), οι οποίοι ερευνούν επίσης τα συμβατικά είδη βελανιδιάς. Σημειώνουν ότι οι συγκεντρώσεις σε αυτό το είδος είναι εντός των τυπικών ορίων που παρατηρούνται στα συμβατικά είδη (*Q. Robur*, *Q. petraea* και *Q. Alba*).

Συμπερασματικά, υπάρχουν πολλά αποδεκτά και προσβάσιμα ξύλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην βαρελοποιία, και μπορεί να υπάρχουν περισσότερα. Δεν έχουν γίνει πολλές έρευνες για τα προαναφερθέντα ξύλα και τις συνοδευτικές επεξεργασίες σε βαρέλι, με εξαίρεση το είδος *Q. Pyrenaica*. Η αρωματική σύνθεση αυτών των ξύλων θεωρείται επομένως σημαντική. Δίνοντας στους βαρελοποιούς και τους οινολόγους μεγαλύτερη γνώση σχετικά με το ξύλο που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν για τα κρασιά τους, αυτό θα τους βοηθήσει να επιτύχουν την επιθυμητή μοναδική σφραγίδα.

2.6 Σύγκριση των ειδών του ξύλου ως προς την καταλληλότητα τους για την παλαίωση των οίνων και ανάλυση των παραγόντων που διαμορφώνουν το τελικό αποτέλεσμα (seasoning, toasting, barrel size)

Διάφορες αντιδράσεις συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της γήρανσης, αλλάζοντας τη χημική δομή και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της ουσίας. Επειδή το άρωμα του ξύλου, η αυξημένη σταθερότητα και η διαύγεια που προκαλούν αυτές οι αλλαγές, η τελική ποιότητα θα ποικίλλει (Martínez-Gil et al., 2018).

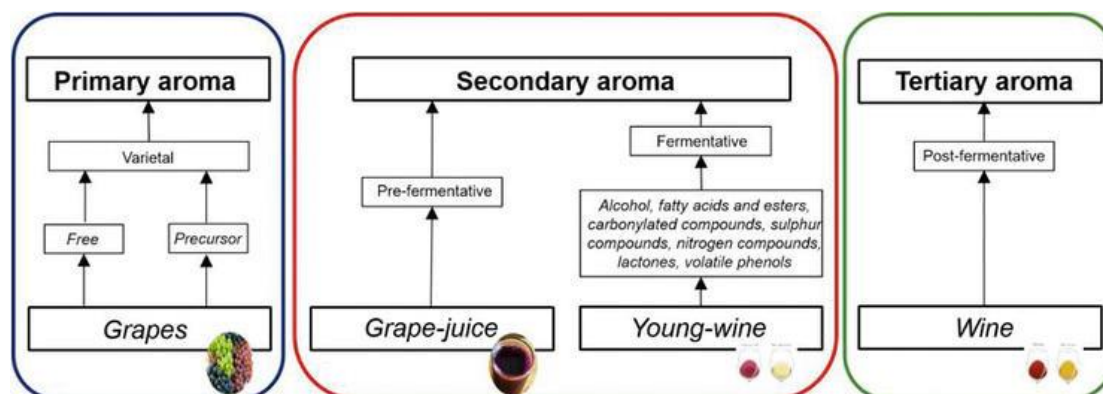
Η διάρκεια της διαδικασίας γήρανσης και το διαμέτρημα του ξύλου του βαρελιού είναι δύο βασικοί παράγοντες. Ανάλογα με το είδος του κρασιού, η διαδικασία παλαίωσης διαφέρει επίσης. Η παλαίωση του κόκκινου κρασιού αποτελείται από δύο ξεχωριστές φάσεις: τη φάση της οξειδωτικής δρυός και τη φάση της αναγωγικής φιάλης (Oberholster et al., 2015).

Τα λευκά κρασιά μπορεί επίσης να παλαιώνονται, αλλά για μεγάλο χρονικό διάστημα θεωρήθηκε ότι αυτή η μέθοδος ήταν ανεπαρκής, καθώς η ποιότητα του λευκού επιτραπέζιου κρασιού μειώθηκε ως αποτέλεσμα της ικανότητας του ξύλου να κρύβει τα συστατικά του κρασιού και να προάγει την οξείδωση (González-Huerta, 2007).

Ωστόσο, τα ευρήματα πρόσφατης έρευνας που δείχνουν ότι οι καφέ χρωστικές δεν προκαλούν ανησυχία οδήγησαν σε μια τάση στη σημερινή οινοποιία προς τη δημιουργία κρασιών με πλήρες σώμα ή ενισχυμένο με πιο περίπλοκο άρωμα. Η γεύση, το άρωμα και η υφή του λευκού κρασιού έχουν εξαχθεί με τη χρήση της μεθόδου *bâtonnage*. Καθώς το κρασί οξειδώνεται μέσα στο βαρέλι, το είδος του ξύλου που χρησιμοποιείται είναι ζωτικής σημασίας. Η διαδικασία της οξυγόνωσης, η οποία συμβαίνει όταν εξαιρετικά μικρές ποσότητες οξυγόνου ταξιδεύουν μέσα από το βαρέλι, είναι γνωστή. Ταυτόχρονα υφίσταται μια σειρά από χημικές διεργασίες, συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς διαφόρων φαινολικών ενώσεων (PC) από το ξύλο στο κρασί και αντίστροφα (Gambutì et al., 2010).

Η συμπύκνωση της ανθοκυανίνης και της τανίνης, η οξείδωση και η απελευθέρωση μορίων από το ξύλο στο κρασί (PC, αρωματικές ενώσεις (AC)) είναι τα πιο σημαντικά γεγονότα που σχετίζονται με τη γήρανση. Η συνολική περίπλοκη γεύση και τα αρώματα του κρασιού παράγονται από όλες αυτές τις χημικές ουσίες που

συνεργάζονται με τα αρωματικά τερπενοειδή και πολυφαινόλες που ήδη υπάρχουν (Comuzzo & Battistutta, 2018).



Εικόνα 17. Ταξινόμηση του αρώματος κρασιού ανάλογα με την προέλευσή του κατά την παραγωγή κρασιού (Pereira et al., 2020)

Λόγω της παρουσίας και της αλληλεπίδρασης όλου του AC που είναι παρόν προς την ολοκλήρωση της διαδικασίας παλαίωσης, αυτές οι αντιδράσεις βοηθούν το κρασί να διαυγάσει, να αλλάξει τη στυπτικότητα του και να παράγει το τριτογενές άρωμά του. Η ανεπάρκεια χρόνου, η ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροβίων ή η πρόσθετη δυσμενής οξυγόνωση δημιουργούν προκλήσεις σε αυτή τη διαδικασία, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ποικίλους βαθμούς πτητικής οξύτητας ή υπερβολική στυπτικότητα (Styger et al., 2011).

Από τη μικρότερη έως την πιο αξιόπιστη και ωριμασμένη, τρεις κατηγορίες κρασιών μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τη διάρκεια του κρασιού στο βαρέλι (3 έως 12 μήνες): παλαίωση, αποθεματικό και τεράστιο απόθεμα. Ωστόσο, η ονομασία "απόθεμα" υπόκειται στους εθνικούς νόμους και σε ορισμένα έθνη μπορεί να μην συνδέεται με το χρόνο παλαίωσης ενός βαρελιού (Lissi et al., 2014).

Ως αποτέλεσμα, η οινολογία χρησιμοποιεί συχνά τη διαδικασία παλαίωσης του κρασιού για να δώσει στο ρόφημα μεγαλύτερη αξία. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, αυτή η διαδικασία εκτελείται παραδοσιακά σε δρύινα βαρέλια, αλλά η αυξανόμενη ζήτηση και το ενδιαφέρον για την ίδια τη διαδικασία έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη εναλλακτικών τεχνικών (όπως η χρήση ροκανιδιών, οινολάσπης ή έρευνα σε άλλα είδη ξύλου για βαρέλι) καθώς και η εξέταση των χημικών και φυσικών αλλαγών που υφίστανται τα κρασιά κατά την παλαίωση σε βαρέλια. Γενικά, έχει αυξησει τον όγκο της έρευνας που γίνεται σε αυτόν τον τομέα (Domínguez et al., 2019).

Το περίπλοκο χημικό «μακιγιάζ» του κρασιού υφίσταται συνεχείς αλλαγές καθώς παλαιώνει. Η διαδικασία οξείδωσης, η οποία περιλαμβάνει αλλαγή χρώματος, απώλεια του χαρακτήρα της ποικιλίας και την εμφάνιση αλδεϋδικού αρώματος, έχει σημαντικό αντίκτυπο στον τρόπο ωρίμανσης του κρασιού. Η οξείδωση επηρεάζεται από έναν αριθμό μεταβλητών, όπως το pH, η θερμοκρασία, η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου και η φαινολική σύνθεση (Ancín-Azpilicueta et al., 2019).

Υψηλότερο pH και θερμοκρασία έχει αποδειχθεί ότι ενισχύουν τη διαδικασία. Ωστόσο, αυτό το ζήτημα καθορίζεται από το είδος και την ποσότητα του PC καθώς και από την ευαισθησία τους στην οξείδωση. Ανάλογα με την προέλευση του κρασιού, ιδιαίτερα σε κρασιά που υπόκεινται σε ονομασία προέλευσης, ορισμένες χημικές απαιτήσεις περιγράφονται σε αρκετούς κανονισμούς. Αυτοί οι χημικοί παράγοντες σχετίζονται κυρίως με τη φαινολική ωριμότητα των σταφυλιών, η οποία καθορίζει τη συγκέντρωση του PC που, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, είναι σημαντική σε όλη τη διαδικασία γήρανσης (Rajha et al., 2017).

Στην Ισπανία, για παράδειγμα, μια μελέτη από την κυβέρνηση της Ανδαλουσίας διαπίστωσε ότι ο καλύτερος τρόπος παλαίωσης του κόκκινου κρασιού είναι να έχει συνολικό δείκτη πολυφαινόλης (TPI) πάνω από 60 mg GAE/g, υψηλή περιεκτικότητα σε συγκεκριμένες πολυφαινόλες, πάνω από 800 mg/L ανθοκυανινών, πάνω από 3 g/L τανινών και pH που δεν είναι πολύ χαμηλό (>3,50). Απαιτείται ελάχιστη συνολική οξύτητα 4,5 g/L εκφρασμένη σε τρυγικό οξύ, πτητική οξύτητα μικρότερη από 13,3 mEq/L και αλκοολικός τίτλος περίπου 12%. Αυτές οι απαιτήσεις μπορεί να ξεπεραστούν εάν ο αλκοολικός τίτλος είναι μεγαλύτερος. Παρόμοιοι περιορισμοί απαιτούνται για τα κόκκινα κρασιά που φέρουν την ονομασία προέλευσης "Valdepeas". Αυτά τα κριτήρια μπορεί συχνά να εφαρμόζονται σε κρασιά που εκτίθενται σε μεσογειακό περιβάλλον (Ministerio De Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, 2019).

Ωστόσο, ένας αριθμός μελετών εξέτασε διάφορα διαστήματα συγκομιδής προκειμένου να αξιολογηθεί πώς η χημική σύνθεση των σταφυλιών αλλάζει με την ηλικία και τις επιπτώσεις αυτής της αλλαγής. Συγκρίσιμα αποτελέσματα έχουν ανακαλυφθεί σε κρασιά από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με οξύτητα (εύρος 3-5), pH (>3,50) και συγκέντρωση ανθοκυανίνης (>800 mg/L). Σε κάθε περίπτωση, αυτά τα στοιχεία θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο ως οδηγός, καθώς

ορισμένες μεταβλητές, όπως το έδαφος ή το κλίμα, διαφέρουν από τη μια περιοχή στην άλλη και επομένως επηρεάζουν τα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, τα σταφύλια με παχιά φλούδα, που καλλιεργούνται σε ξηρά κλίματα με λιγότερη άρδευση και παράγονται με λιγότερο νερό θα έχουν συνολικά περισσότερα σάκχαρα, οξέα και φαινόλες. Έτσι, η πιθανότητα γήρανσης ενισχύεται από τη μείωση της περιεκτικότητας σε νερό (Boulton et al., 2019).

Γενικά, η περιεκτικότητα σε σάκχαρα, η ολική οξύτητα (μετρούμενη σε τρυγικό οξύ), το pH, ο αλκοολικός τίτλος και η περιεκτικότητα σε φαινόλες, ιδιαίτερα σε ανθοκυανίνες και τανίνες, είναι οι παράγοντες που συχνά ερευνώνται για τον προσδιορισμό του χρόνου συγκομιδής. Από την άλλη πλευρά, η προσθήκη διοξειδίου του θείου είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος για την αποφυγή της μικροβιακής αλλοίωσης και της υπερβολικής οξείδωσης του κρασιού. Αυτό συμβαίνει επειδή σταματά την ανάπτυξη ανεπιθύμητων βακτηρίων ή βακτηρίων που αλλοιώνουν. Τα μέγιστα επιτρεπόμενα επίπεδα SO₂ από αυτή την άποψη διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση καθορίζει κατ' ανώτατο όριο 150 mg/L για τα κόκκινα κρασιά και 200 mg/L για τα λευκά κρασιά για μη αφρώδη ή αλκοολούχα κρασιά (με λίγες εξαιρέσεις βάσει της συνολικής ποσότητας υπολειμμάτων σακχάρων), ωστόσο οι ΗΠΑ αυξάνουν το συνολικό όριο σε 350 mg/L. Αυτή είναι μια ουσιαστική διαδικασία πριν από την παλαίωση, καθώς ο μικροβιακός πολλαπλασιασμός αυτών των μικροοργανισμών σε όλη τη διαδικασία παλαίωσης μπορεί να αλλάξει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κρασιού (Jackowetz et al., 2011).

Αν και η οξείδωση έχει συχνά αρνητικά αποτελέσματα, η λέξη «οξυγόνωση» αναφέρεται στην απελευθέρωση οξυγόνου και την αλληλεπίδρασή του με το κρασί, μια μέθοδος που χρησιμοποιείται στην οινολογία για την ενίσχυση των χαρακτηριστικών του κρασιού (χρώμα, άρωμα, υφή). Το οξυγόνο ελέγχει τη ζύμωση, ενισχύει τη σταθερότητα του κρασιού και κάνει αλλαγές στο προφίλ αρώματος που κάνουν το κρασί πιο περίπλοκο. Επιπλέον, είναι ζωτικής σημασίας για τον προσδιορισμό διαφόρων διεργασιών, συμπεριλαμβανομένου του πολυμερισμού τανινών και ανθοκυανινών, της αναγωγής ή διαγραφής SO₂ και της οξείδωσης της αιθανόλης σε ακεταλδεΐδη (Sánchez-Gómez et al., 2020).

Ανάλογα με τα επίπεδα οξυγόνωσης, τη θερμοκρασία, τα μικροβιακά στελέχη που χρησιμοποιούνται και το «μακιγιάζ» του κρασιού, αυτά τα αποτελέσματα θα

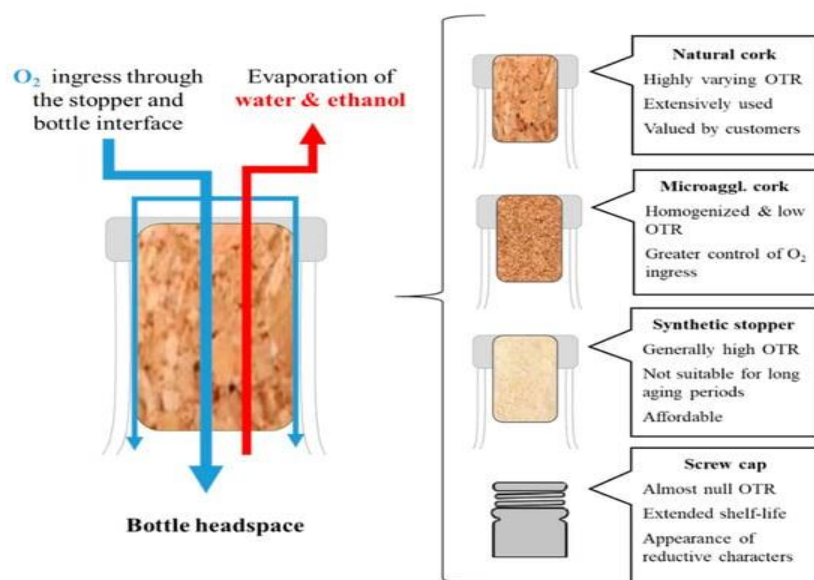
διαφέρουν σε ισχύ. Για να περιοριστεί σωστά η έκθεση στο οξυγόνο του κρασιού, είναι απαραίτητοι όλοι αυτοί οι παράγοντες (Petrozziello et al., 2018).

Επίσης, αναμένεται ότι πιο λογικές τεχνικές διαχείρισης οξυγόνου θα επιτρέψουν τη μείωση της χρήσης SO₂, η οποία έχει προταθεί από τους κύριους οργανισμούς τροφίμων και υγείας σε όλο τον κόσμο. Συγκεκριμένα, το SO₂ υπάρχει φυσικά ή στη συνέχεια προστίθεται λειτουργίες ως αντιοξειδωτικό και αντιβακτηριακό, αν και μερικοί άνθρωποι έχουν αρνητικές αντιδράσεις από αυτό, περιορίζοντας τη χρήση του. Η αλληλεπίδρασή του με το οξυγόνο λαμβάνει χώρα συνήθως αργά και έχει μικρή επίδραση στην αντιοξειδωτική δράση του SO₂. Ωστόσο, το SO₂ γίνεται ένα ισχυρό αντιοξειδωτικό κρασιού λόγω της ικανότητάς του να μετατρέπει τις κινόνες ξανά σε φαινόλες και να μειώνει το H₂O₂ σε H₂O. Κατά συνέπεια, λιγότερο SO₂ θα απαιτούνταν για τη διαχείριση των οξειδωτικών διεργασιών που συμβαίνουν κατά την οινοποίηση εάν εισαχθεί λιγότερο οξυγόνο στο κρασί (με τη χρήση αιτιολογημένων τεχνικών) (Gómez-Plaza & Bautista-Ortín 2018).

Ως αποτέλεσμα, το οξυγόνο είναι απαραίτητο για τη διαδικασία οινοποίησης και υπάρχει σε διαφορετικά σημεία, ειδικά όταν το κρασί ζυμώνεται και ωριμάζει. Οι κύριοι καταναλωτές οξυγόνου στο κρασί είναι οι πολυφαινόλες, οι οποίες αναγνωρίζονται κυρίως για τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες. Ως αποτέλεσμα, δεδομένης της μεγαλύτερης επικράτησης τους στα κόκκινα κρασιά, θα χρειάζονται συχνά μεγαλύτερη περίοδο οξυγόνωσης από τα παλαιωμένα λευκά κρασιά. Ωστόσο, άλλες εκτιμήσεις όπως ο τύπος του κρασιού και το τελικό αισθητικό προφίλ κρασιού που αναζητήθηκε θα επηρεάσουν επίσης το χρόνο που θα διαρκέσει (Gómez-Plaza & Bautista-Ortín 2018).

Περαιτέρω οξυγόνωση μετά τη μεταφορά του κρασιού στη φιάλη είναι συχνά ανεπιθύμητη, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε ακούσια αλλοίωση του πτητικού θείου και του PC. Μέσω οξειδωτικών και διαδικασιών που προκαλούνται από ακεταλδεΐδη, μπορεί επίσης να επιταχύνει την ανάπτυξη και την ωρίμανση του κόκκινου κρασιού. Οι τροποποιήσεις που επιφέρει η διαδικασία οξυγόνωσης έχουν αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνών. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η αποθήκευση ενθαρρύνει τη μείωση της έντασης του χρώματος και των ανθοκυανινών, ενώ αυξάνει τις πολυμερικές χρωστικές και τις δευτερεύουσες αλδεΐδες σε μια δοκιμή με κρασιά Nebbiolo που έχουν υποστεί επεξεργασία με διάφορες ποσότητες οξυγόνου (7, 14, 21

και 28 mg/L συνολική πρόσληψη). Ωστόσο, υπήρχαν μόνο μικρές αλλαγές χρώματος μεταξύ του οξυγόνου φασκόμηλου, αν και το οξυγόνο είχε σημαντικό αντίκτυπο στην ποσότητα της ελεύθερης ακεταλδεϋδης, καθώς μεγαλύτερες δόσεις οδηγούν σε υψηλότερη συγκέντρωση (Petrozziello et al., 2018).



Εικόνα 18. Εισροή οξυγόνου στη φιάλη μέσω του πώματος και χαρακτηριστικά των πωμάτων (Echave et al., 2021).

Έχουν γίνει αρκετές έρευνες σε αυτόν τον τομέα. Μια από αυτές εξέτασε το κρασί Pinotage υπό διάφορες συνθήκες ωρίμανσης ενώ έκανε μηνιαίες οξυγονώσεις σε καθένα από αυτά σε δύο δόσεις οξυγόνου (2,5 και 5,0 mg O₂/L/μήνα) για μηδέν, δύο, τέσσερις και έξι μήνες. Σύμφωνα με τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά, διαπιστώθηκε ότι οι μέτριες δόσεις είχαν τα μεγαλύτερα οφέλη μετά από δύο μήνες, ωστόσο οι μεγάλες δόσεις και η διάρκεια έκθεσης είχαν αρνητικές επιπτώσεις στις αισθήσεις. Όλες αυτές οι θεραπείες είχαν το μειονέκτημα της μείωσης της συνολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, η οποία αποφεύχθηκε με την ανάπτυξη ενός νέου σχήματος που περιλάμβανε διακριτές δόσεις 1,0 mg O₂/L κάθε δύο εβδομάδες για περίοδο δύο μηνών (De Beer et al., 2008).

Αυτές οι μελέτες παρέχουν παραδείγματα για το πόσο οξυγόνο απαιτείται σε όλη τη διαδικασία παλαίωσης του κρασιού. Κατά την οξυγόνωση ξύλινων βαρελιών, η λαμβανόμενη δόση οξυγόνου καθορίζεται από το ρυθμό μεταφοράς οξυγόνου (OTR) του βαρελιού. Σύμφωνα με μια πρόσφατη έρευνα σχετικά με τις επιδράσεις του οξυγόνου κατά τη διαδικασία παλαίωσης σε βαρέλια και μπουκάλια, τα κρασιά που

παλαιώθηκαν σε βαρέλια με υψηλότερο OTR είχαν μεγαλύτερη ικανότητα πρόσληψης οξυγόνου ενώ το έκαναν πιο γρήγορα, γεγονός που αύξανε την ένταση του χρώματος. Η παρουσία θειούχων ενώσεων (συγκεκριμένα SO₂), η αρχική σύνθεση του κρασιού (η οποία καθορίζεται από τη συγκέντρωση ανθοκυανινών και τανινών καθώς και από τα χαρακτηριστικά των φυτών όπως ποικιλίες, αμπελώνες και σοδειές) και το τελικό αποτέλεσμα (το οποίο θα επηρεάζονται με τη σειρά τους από το χρόνο και τη θερμοκρασία) είναι οι παράμετροι που θα καθορίσουν την απαραίτητη ποσότητα οξυγόνου (Sánchez-Gómez et al., 2020).

Όταν πρόκειται για ξύλινα βαρέλια, το OTR θα ποικίλλει ανάλογα με το είδος που χρησιμοποιείται, τον τόπο προέλευσής του ή την τεχνική του βαρελιού. Αυτά τα χαρακτηριστικά θα επηρεάσουν το πορώδες των ξύλων (χονδρότητα των κόκκων) και το βαθμό στον οποίο μπορεί να μεταφερθεί το οξυγόνο. Περισσότερο από το να είναι απλώς ένα δοχείο, τα βαρέλια έχουν κι άλλους σκοπούς. Το κρασί μπορεί να διαχωριστεί από τα ιζήματά του χρησιμοποιώντας βαρέλια, τα οποία δίνουν επίσης τανίνες, οξυγόνο και σταθερότητα χρώματος. Το ξύλο απελευθερώνει συστατικά στο κρασί καθώς παλαιώνει, γεγονός που βοηθά στην ενίσχυση των οργανοληπτικών του ιδιοτήτων. Όλα αυτά βοηθούν το κρασί να ωριμάσει δίνοντας στο τελικό προϊόν βάθος, γεύση και μακροζωία. Προκειμένου να ενισχυθούν οι φυσικές, χημικές και αισθητηριακές ιδιότητες του κρασιού, το βαρέλι κρασιού λειτουργεί ως ενεργό δοχείο που απελευθερώνει χημικές ενώσεις στο ποτό. Οι επίκτητες ιδιότητες ποικίλλουν ανάλογα με την προέλευση, την ηλικία, το πάχος, τη χρήση, το ψήσιμο και τη διάρκεια του χρόνου που διατηρείται το κρασί. Δεδομένου ότι η ποσότητα των ενώσεων που μπορούν να εξαχθούν από το ξύλο είναι περιορισμένη, στοιχεία όπως η σύνθεση του κρασιού, η φροντίδα που δίνεται στα βαρέλια και η ζύμωση έχουν αντίκτυπο στο πόσο καιρό μπορούν να χρησιμοποιηθούν πριν χάσουν την ικανότητά τους να εκχλίζουν ενώσεις καθώς χρησιμοποιούνται σε επόμενες παρτίδες κρασιού. Επιπλέον, τα δυσμενή βακτήρια ή τα βακτήρια που αλλοιώνουν μπορεί να πολλαπλασιαστούν και να σχηματίσουν βιοφίλμ στην εσωτερική πλευρά του βαρελιού, ιδιαίτερα στα κενά διασταύρωσης μεταξύ των δοκών, τα οποία είναι πολύ ανθεκτικά στα μέτρα υγιεινής (Stadler & Fischer, 2020).

Η ανταλλαγή PC, ιδιαίτερα ελλαγιτανινών (ET), μεταξύ του ξύλου και του αποθηκευμένου κρασιού και του AC είναι η κύρια χημική αλλοίωση που προκαλείται από την αλληλεπίδραση με το ξύλο. Το πιο κοινό είδος ξύλου που χρησιμοποιείται για

την κατασκευή βαρελιών παλαίωσης κρασιού είναι το δρύινο. Η βελανιδιά επιλέγεται συχνά λόγω της σκληρότητάς της, της διαπερατότητάς της, της ικανότητάς της να συνεισφέρει διακριτικά αρώματα, της πιθανής ικανότητας να αποτρέπει την ανάπτυξη μούχλας και μαγιάς, των μηχανικών της ιδιοτήτων και του ιστορικού χρήσης. Η τιμή είναι ένας άλλος κρίσιμος παράγοντας, με τη γαλλική βελανιδιά να είναι πιο ακριβή από την αμερικανική βελανιδιά λόγω των απωλειών που συνδέονται με τον πιο ακανόνιστο κόκκο και το υψηλότερο πορώδες (Waterhouse & Towey, 1994).



Εικόνα 19. Δρύινο βαρέλι (vareli.gr., 2023)

Πρόσθετα στοιχεία μείζονος σημασίας εμφανίζονται σε όλη τη διαδικασία παραγωγής όπως το μέγεθος βαρελιού, το οποίο ευθύνεται για τη μειωμένη ανταλλαγή PC με το κρασί λόγω της χαμηλότερης αναλογίας επιφάνειας ξύλου προς όγκο κρασιού στα μεγάλα βαρέλια. Τα παλιά βαρέλια έχουν ήδη μειωμένη ανταλλαγή PC, επομένως αυτό φαίνεται να είναι λιγότερο σημαντικό (Pérez-Prieto et al., 2002).

Το φρυγάνισμα των βαρελιών είναι ένα άλλο κρίσιμο στοιχείο. Εξετάζοντας τις πτητικές και ημι-πτητικές χημικές ουσίες που παράγονται από τη θερμική φθορά της βελανιδιάς, είναι εφικτό να γίνει διάκριση μεταξύ των διαφόρων επιπέδων φρυγανίσματος σε βαρέλι. Το φρυγάνισμα αλλάζει τόσο την ποσότητα όσο και την ποιότητα των εξαγωγίμων συστατικών στο δρύινο ξύλο των βαρελιών. Όταν η ένταση του φρυγανίσματος αυξάνεται, αυτή η διαδικασία προσδίδει μια καπνιστή γεύση, αλλά

προάγει επίσης τη θερμοαποδόμηση ορισμένων συστατικών, συμπεριλαμβανομένων των οξέων, της λιγνίνης και της ημικυτταρίνης, τα οποία οδηγούν στη δημιουργία πτητικών φαινολών και λακτόνων βελανιδιάς αφυδατώνοντάς τες. Καθώς η διάσπαση των λιγνανών παράγει φαινυλοκετόνες, η συγκέντρωσή τους αυξάνεται σταθερά κατά το ψήσιμο (Chira & Teissedre, 2013).

Επιπλέον, το φρυγάνισμα μπορεί να γίνει σε διάφορες ρυθμίσεις (υψηλή, μεσαία, χαμηλή) και μπορεί να επηρεαστεί από πράγματα όπως ο τόπος προέλευσης του ξύλου ή η φάση ποτίσματος της διαδικασίας φρυγανίσματος. Σύμφωνα με μια πρόσφατη έρευνα, για παράδειγμα, το πότισμα του κρασιού κατά τη διάρκεια του φρυγανίσματος οδηγεί συχνά σε μειωμένη συγκέντρωση ET. Ωστόσο, η σύνθεση είναι εξαιρετικά εύπλαστη κατά το ψήσιμο. Από αυτή την άποψη, μια μελέτη που παρακολούθησε τη διαδικασία χρησιμοποιώντας φασματομετρία μάζας σε πραγματικό χρόνο τόνισε τη μεταβλητή φύση της χημείας του ξύλου βελανιδιάς δείχνοντας πως διαφορετικές μεμονωμένες σανίδες δρυός ίδιας προέλευσης, περιεκτικότητας υγρασίας και πυκνότητας εμφάνιζαν διαφορετικές τιμές υπό συγκρίσιμες συνθήκες (Farrell et al., 2015).



Εικόνα 20. Φρυγάνισμα βαρελιού (East coast wooden barrels 2023)

Άλλοι ερευνητές εξέτασαν τον αντίκτυπο των ειδών βελανιδιάς και ανακάλυψαν ότι παρόλο που τα γαλλικά, αμερικανικά και ισπανικά είδη είδαν συγκρίσιμες αλλαγές στην περιεκτικότητα σε πτητικές ουσίες μετά το φρυγάνισμα, τα αμερικανικά είδη υπέστησαν σημαντικές ποσοτικές αποκλίσεις από τα ευρωπαϊκά είδη. Μαζί με την προσθήκη γεύσης, αυτή η θερμική επεξεργασία διευκολύνει επίσης τη διαμόρφωση των ξύλινων ράβδων σε σχήμα βαρελιού (Pérez-Prieto et al., 2009).

Η πρώτη και πιο σημαντική πτυχή των βαρελιών που πρέπει να τονιστεί είναι ότι το ξύλο είναι ένα πορώδες υλικό, που επιτρέπει την εναλλαγή αερίων με το

εξωτερικό. Αυτό εξαρτάται από το μέγεθος του κόκκου του ξύλου, το οποίο ποικίλλει ανάλογα με το είδος, την ηλικία και το δάσος προέλευσης (Sánchez-Gómez et al., 2020).

Η πτώση πίεσης στο εσωτερικό του βαρελιού, η δημιουργία ενός χώρου κεφαλής, η ανατομία του ξύλου, τα διάφορα σημεία εισόδου οξυγόνου, η επίδραση της περιεκτικότητας σε υγρασία ξύλου και του διαλυτού ET, και η επίδραση της ράβδου είναι άλλες πτυχές που επηρεάζουν την ικανότητα του βαρελιού να ανταλλάσσει αέρια. Επιπλέον, μπορεί να ανταλλάξει αέρια και άλλα υλικά με διάχυση, και οι δύο διεργασίες να λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα. Το OTR υπολογίστηκε ότι ήταν μεταξύ 15 και 45 mg/L ετησίως στην πρώτη μελέτη που εξέτασε πόσο οξυγόνο εισέρχεται σε ένα βαρέλι κρασί κατά τη διάρκεια ενός έτους. Μελέτες στη συνέχεια εξέτασαν τον μηχανισμό μετάδοσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι πρόκειται για μια δυναμική διαδικασία που περιλαμβάνει πολλά διασυνδεδεμένα στοιχεία. Το είδος της σφραγίδας που χρησιμοποιείται, το είδος του ξύλου και το φρυγάνισμα που γίνεται στο βαρέλι παίζουν καθοριστικό ρόλο μεταξύ τους (Del Alamo-Sanza & Nevares, 2018).

Επιπλέον, το κρασί εισχωρεί στο ξύλο ως αποτέλεσμα του εμποτισμού των τοιχωμάτων του βαρελιού. Ενώ κάποιο κρασί εξατμίζεται μέσω των πόρων, αυτός δεν είναι ο μόνος μηχανισμός που προκαλεί τη μείωση της ποσότητας του κρασιού. Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα την παραμόρφωση της κάννης με την πάροδο του χρόνου καθώς και την απώλεια ιδιοτήτων, δίνοντας στα βαρέλια μικρή διάρκεια ζωής. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι οι κάννες πριν σφραγιστούν έχουν μια περιοχή κεφαλής που φουσκώνει με αέρα. Ο πρωταρχικός παράγοντας που επηρεάζει τη σύσταση αερίου στον άνω χώρο είναι η απαέρωση του κρασιού (Del Alamo-Sanza & Nevares, 2018).

Ως αποτέλεσμα της απαέρωσης παράγεται μια βαθμίδα διαλυμένου οξυγόνου, με χαμηλότερες ποσότητες στην κορυφή και τις υψηλότερες κοντά στον πυθμένα του δοχείου. Επιπλέον, το κρασί αποκτά ξεχωριστές ιδιότητες με βάση το είδος του ξύλου που χρησιμοποιείται στην κατασκευή βαρελιών (υφή, γεύση, άρωμα). Επιπλέον, όπως φαίνεται από τη *lambic* μύρα, το ξύλο στην εσωτερική πλευρά των βαρελιών μπορεί να χρησιμεύσει ως μέθοδος εμβολιασμού. Μια σταθερή μικροβιακή κοινότητα θα δημιουργηθεί με τη βοήθεια αυτών των μικροοργανισμών, αυξάνοντας την ομοιομορφία του προφίλ ζύμωσης σε όλες τις παρτίδες. Η εσωτερική επιφάνεια του

βαρελιού και, επομένως, η ηλικία, το πάχος και το πορώδες του ξύλου θα καθορίσουν το είδος και το εύρος των μικροοργανισμών (De Roos et al., 2019).

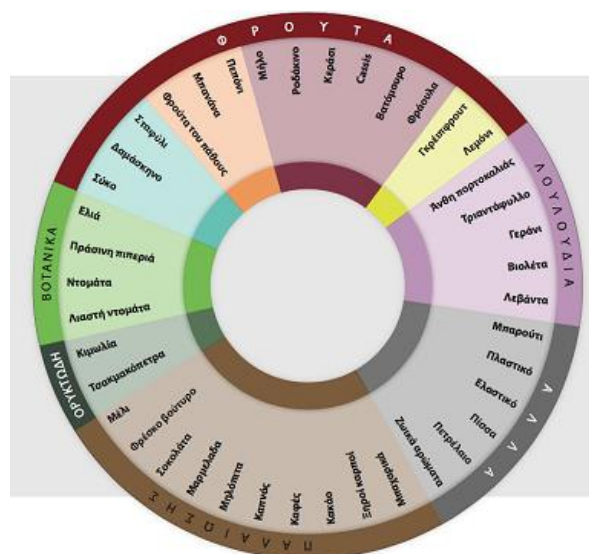
Τα βαρέλια έχουν μια σειρά από μειονεκτήματα παρά τα πολυάριθμα οφέλη τους. Είναι δαπανηρά στην κατασκευή, έχουν μικρή διάρκεια ζωής και υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα να πολλαπλασιαστούν οι σάπιες ζύμες με κάθε παρτίδα, όπως συμβαίνει με το γνωστό *Brettanomyces* sp. Η διάρκεια ζωής του βαρελιού μειώνεται περαιτέρω από τις πρακτικές απολύμανσης μεταξύ των παρτίδων (García-Alcaraz et al., 2020).

Η παράταση της διάρκειας ζωής μιας κάννης ποικίλλει ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο χρησιμοποιείται. Η διάρκεια ζωής του μειώνεται σημαντικά στα 8 χρόνια εάν χρησιμοποιηθεί για τη συμβολή αρωμάτων και γεύσεων σε αντίθεση με τη μεταφορά (διαχωρισμός ιζημάτων), όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί έως και 40 χρόνια. Αλλά θα υπάρχει πάντα μια περίοδος ωρίμανσης του μπουκαλιού μετά από αυτό. Δημιουργούνται εναλλακτικές λύσεις αντί των βαρελιών για τη διεξαγωγή της διαδικασίας παλαίωσης και την επίτευξη των πιο συγκρίσιμων παλαιωμένων κρασιών με πιο πρακτικό και φθηνό τρόπο, καθώς όλες αυτές οι πτυχές έχουν αντίκτυπο στην τελική ποιότητα του κρασιού (Morata, 2018).

Λόγω της εξαγωγής χημικών ουσιών από το ξύλο, η γήρανση του ξύλινου βαρελιού βελτιώνει όχι μόνο το χρώμα και την αίσθηση στο στόμα, αλλά αυξάνει και την πολυπλοκότητα του αρώματος. Αυτές οι ουσίες, οι οποίες έχουν ποικίλα μοριακά βάρη, περιλαμβάνουν κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη, οξέα, σάκχαρα, τερπένια, πτητικές φαινόλες και λακτόνες. Το κρασί παλαιώνει σε βαρέλια από σκληρό ξύλο ως ένας τρόπος για να ενισχύσει τις αισθητηριακές του ιδιότητες και να σταθεροποιήσει το χρώμα του. Ως εκ τούτου, για να επιτευχθεί αισθητηριακή πληρότητα και καλή ποιότητα, απαιτείται χρόνος ωρίμανσης στο ξύλινο βαρέλι. Οι ενώσεις που αναδίδουν αρώματα καρύδας και ξυλείας (λακτόνες βελανιδιάς, οι οποίες είναι οι *cis* και *trans* μορφές των οκταλακτονών), αρώματα καπνού (γουαϊακόλη και 4-μεθυλογουαϊκόλη), καπνικές γεύσεις (βανιλίνη), πράσινο ξύλο (ενώσεις φουρφουράλης), αμύγδαλο (ενώσεις φουρφουράλης), ή οι πικάντικες γεύσεις είναι οι πιο σημαντικές από αισθητηριακή άποψη (ευγενόλη). Μαζί με την ευγενόλη και τη βανιλίνη, οι λακτόνες βελανιδιάς είναι από αυτές τις ουσίες που έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση στις αισθητηριακές ιδιότητες του κρασιού. Στην πραγματικότητα, έχουν βρεθεί λακτόνες

σε διάφορα παλαιωμένα αλκοολούχα ποτά, συμπεριλαμβανομένου του μπράντι, του ούισκι και του κρασιού, γι' αυτό μερικές φορές αναφέρονται ως λακτόνες "ούίσκι", "Quercus" ή "βελανιδιάς" (Morata, 2018).

Το ξύλο είχε αντίκτυπο σε 41 από τα αρώματα του κρασιού, με 11 από αυτά να εξαρτώνται πλήρως από το είδος του ξύλου που χρησιμοποιείται, σύμφωνα με μια έρευνα που παρακολούθησε την παλαίωση του κρασιού χρησιμοποιώντας διάφορα είδη ξύλου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πολλές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της οξείδωσης των αλκοολών και των αμινοξέων του κρασιού, η μικροβιολογική σύνθεση των αιθυλοφαινολών, οι διαδικασίες απορρόφησης και η συμπύκνωση της ακεταλδεϋδης με πολυφαινόλες, συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της οξειδωτικής φάσης. Ο χρόνος επαφής του κρασιού και του ξύλου έχει επίσης σημαντικό αντίκτυπο και οι ενώσεις που βρίσκονται πιο κοντά στην επιφάνεια επαφής θα απελευθερώσουν τις ενώσεις τους πιο γρήγορα. Οι ιονόνες, οι γραμμικές - και -λακτόνες και -δαμασκηγόννη είναι μερικές από τις ουσίες που βρίσκονται σε όλα τα δάση (Jarauta et al., 2005).



Εικόνα 21. Ο κύκλος των αρωμάτων του κρασιού (wine plus,2023)

Ανάλογα με την περιοχή, την ποικιλία και την ποιότητα του κρασιού, η διάρκεια παλαίωσης ποικίλλει σημαντικά. Η ηλικία των βαρελιών είναι ιδιαίτερα κρίσιμη καθώς, μετά από μόλις 6 έως 9 μήνες παλαίωσης, τα κρασιά παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση στη συγκέντρωση της πλειονότητας των ενώσεων ξύλου δρυός μεταξύ αυτών που έχουν ωριμάσει σε νέα βαρέλια και εκείνων που έχουν ωριμάσει σε προηγουμένως χρησιμοποιημένα βαρέλια. Με την πάροδο του χρόνου, αυτή η

απόκλιση γίνεται μικρότερη (12-15 μήνες). Οι φουρανικές αλδεΐδες, οι φαινολικές αλκοόλες, οι φαινολικές αλδεΐδες και οι βελανιδιές-λακτόνες είναι συχνά οι ουσίες που παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξάντληση μετά την αποθήκευση σε βαρέλια (Ancín-Azpilicueta, 2006).

Σε μια διαφορετική μελέτη που χρησιμοποιούσε ξύλο ακακίας, καστανιάς, κερασιάς, μουριάς και βελανιδιάς, ανακαλύφθηκε ότι η κερασιά ενθάρρυνε την υψηλότερη οξειδωση πολυφαινόλης, καθιστώντας το λιγότερο κατάλληλο για μακρά γήρανση. Η μουριά, από την άλλη πλευρά, εμφάνισε σημαντικές μειώσεις στους αιθυλεστέρες με νότες φρούτων και την αιθυλγουαϊακόλη και μεγάλη παύση της αιθυλοφαινόλης (De Rosso et al., 2009). Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η μαγιά αλλοίωσης *Brettanomyces* sp. παράγει μόνο αιθυλ-φαινόλη (4-Αιθυλφαινόλη) και άλλες πτητικές φαινόλες όπως η 4-Αιθυλγουαϊκόλη ή η 4-Αιθυλκατεχόλη στο κρασί καταστρέφοντας έναν αριθμό PC που ενδιαφέρουν τα παλιά κρασιά. Για την ανίχνευση της αλλοίωσης του κρασιού και της μόλυνσης του βαρελιού, αυτή η ουσία χρησιμοποιείται ως βιοδείκτης. Τα θειώδη, ένας αναστολέας της ανάπτυξης της ζύμης, μπορούν να προστεθούν στο κρασί για να αποφευχθεί η παρουσία αυτών των χημικών ουσιών ή το παλαιωμένο κρασί μπορεί να φιλτραριστεί για να τα εξαλείψει εντελώς. Τα θειώδη άλατα χρησιμοποιούνται συχνά ως τεχνική εκλογής, καθώς είναι λιγότερο ακριβά και σταματούν την ανάπτυξη άλλων πιθανών αλλοιωμένων βακτηρίων (Milheiro et al., 2019).

Σύμφωνα με μια διαφορετική μελέτη που εξέτασε τα υδροαλκοολικά εκχυλίσματα από αυτούς τους τύπους υδροαλκοολούχων εκχυλισμάτων ξύλου, εκείνα της βελανιδιάς, καστανιάς και μουριάς είχαν την υψηλότερη συνολική περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, ακολουθούμενα από την κερασιά, την ακακία και τη βελανιδιά, με αυτή τη σειρά. Επιπλέον, η υψηλότερη αναλογία οξειδώσιμων ενώσεων βρέθηκε στα εκχυλίσματα ξύλου καστανιάς, τα οποία στη συνέχεια ακολούθησαν η ακακία, η βελανιδιά, η μουριά και η κερασιά. Οι κύριες πτητικές ουσίες είναι πάντα ενώσεις βενζολίου που έχουν υπολείμματα γουαϊακόλης και μεγάλα επίπεδα C6-C18 λιπαρών οξέων (Sanz et al., 2012).

Ως αποτέλεσμα, η ποιότητα του ξύλου θα επηρεάσει την ποιότητα των αλκοολούχων ποτών. Η έρευνα συχνά επικεντρώνεται στην ανάλυση των πτητικών συστατικών του PC και του αρώματος δρυός για την αξιολόγηση αυτής της ιδιότητας. Τα προφίλ αυτών των χημικών ουσιών στο παλιό κρασί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συνάγουν πληροφορίες σχετικά με το είδος του ξύλου που χρησιμοποιήθηκε, το

χρονικό διάστημα που παλαίωσε και εάν ωρίμασε σε βαρέλι ή χρησιμοποιώντας τσιπς. Ωστόσο, το ξύλο περιέχει επίσης άλλες ενδιαφέρουσες αλλά ελάχιστα μελετημένες ουσίες, όπως η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη και η λιγνίνη. Συμμετέχουν σε μια σειρά από διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένου του καρυκεύματος, του καψίματος και του φρυγανίσματος. Γενικά, το καρύκευμα και το φρυγάνισμα προκαλούν μείωση του ET και του AC (de Simón e tal., 2010).

Η λιγνίνη φαίνεται να αποτελεί πηγή ενώσεων ενδιαφέροντος με την απελευθέρωση ελεύθερων σακχάρων ή ακόμα και ορισμένων αρωματικών πρόδρομων ουσιών, κυρίως κατά τη διάρκεια της παλαίωσης των αλκοολούχων ποτών σε δρυ, ενώ η κυτταρίνη, λόγω της κρυσταλλικής της δομής, υφίσταται μόνο περιορισμένο αριθμό χημικών αλλοιώσεων ή αποικοδόμησης. Τα υπάρχοντα στοιχεία σχετικά με αυτό το θέμα εξακολουθούν να είναι κάπως αντικρουόμενα, αν και το φρυγάνισμα μπορεί να καταστρέψει χημικές ουσίες κυτταρίνης και, σε ορισμένες περιπτώσεις, ακόμη και να αυξήσει την περιεκτικότητα σε κάποιο AC (αλδεΐδη και πτητικό PC ή λακτόνες) σε χαμηλή ένταση φρυγανίσματος. Επιπλέον, είναι ευρέως γνωστό ότι οι οργανοληπτικές ιδιότητες του ξύλου δε βασίζονται μόνο στο είδος του ξύλου αλλά και στην περιοχή από την οποία συλλέγεται. Λόγω ουσιών όπως οι λακτόνες ή το μη πτητικό ET, τα κρασιά εμφανίζουν μεταβολογεωγραφικό αποτύπωμα της δασικής τοποθεσίας όπου έχουν αναπτυχθεί οι βελανιδιές του βαρελιού στο οποίο έχουν ωριμάσει (Chira & Teissedre, 2014).

Περαιτέρω οφέλη της συνεισφοράς του ξύλου σε PC και τανίνες, των οποίων τα χαρακτηριστικά επηρεάζονται όλα από το είδος του ξύλου και το βαθμό ψήσιματος του βαρελιού, περιλαμβάνουν την αύξηση της αντιοξειδωτικής δράσης. Τα *Castanea sativa*, *Q. pyrenaica* και *Q. robur* παρουσιάζουν όλα πιο δυνατά αρώματα βανίλιας και αυξημένη αντιοξειδωτική δράση, που επιταχύνουν τη διαδικασία γήρανσης. Χαμηλότερες συγκεντρώσεις PC και λιγότερο έντονα συναφή χαρακτηριστικά παρέχονται από άλλα είδη δρυός (*Q. petraea* και *Q. alba*). Κατά τη διάρκεια μιας περιόδου ωρίμανσης βαρελιού ενός έτους, η επίδραση της τεχνικής φρυγανίσματος και της δασικής προέλευσης διερευνήθηκε επίσης στο κρασί Merlot. Αποδείχθηκε ότι η διαδικασία ποτίσματος κατά τη διάρκεια του φρυγανίσματος βελτιώνει την εκχύλιση φουρανικών ενώσεων, βανιλίνης και λακτονών βελανιδιάς, αλλά το ψήσιμο τεμαχίων κεφαλής βαρελιού μπορεί να προκαλέσει την καταστροφή της ευγενόλης και του ET. Το κρασί από βαρέλια που έχουν ψηθεί ελαφρά γίνεται αντιληπτό ως λιγότερο γλυκό και στυφό (Chira & Teissedre, 2014).

Οι τυπικές οργανοληπτικές ιδιότητες αυτής της διαδικασίας εκτιμώνται επίσης όταν το κρασί ωριμάζει με τσιπς σε αντίθεση με τα βαρέλια. Σε αυτήν την περίπτωση, δείγματα κρασιού που είχαν ωριμάσει σε αμερικανική βελανιδιά για τρεις μήνες είχαν υψηλότερες συγκεντρώσεις λακτόνης cis-ουίσκι και γουαϊακόλης. Υψηλότερα επίπεδα φουρφουράλης, 5-μεθυλφουρφουράλης, 4-βινυλγουαϊακόλης και λακτόνης trans-ουίσκι επιτυγχάνονται σε κρασιά παλαιωμένα με τσιπς γαλλικής βελανιδιάς. Τα κρασιά που παλαιώθηκαν με τσιπς γαλλικής βελανιδιάς είχαν πιο έντονα αρώματα καπνού και γλυκόριζας λόγω της υψηλότερης χημικής παρουσίας, ενώ κρασιά παλαιωμένα με τσιπς αμερικανικής βελανιδιάς είχαν νότες βανίλιας και κακάο. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε χημειομετρική ανάλυση για τη διάκριση μεταξύ των ερυθρών κρασιών παλαιωμένα με αμερικανικά και γαλλικά τσιπ βελανιδιάς, τα οποία υποστήριξαν την ανάπτυξη του AC (Dumitriu et al., 2019).

Επιπλέον, η αλληλεπίδραση μεταξύ των εκχυλισμάτων ξυλείας και των διαχωρισμένων εκχυλισμάτων ανθοκυανίνης από τη φλούδα του σταφυλιού οδήγησε σε μείωση της περιεκτικότητας σε ανθοκυανίνη και της έντασης του χρώματος (ιδιαίτερα του κόκκινου χρώματος) στα διάφορα πειραματικά διαλύματα συνθετικού κρασιού που εξετάστηκαν. Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω λεπτομέρειες, καθώς και την οικονομική και ιστορική σημασία των κρασιών που ωριμάζουν, η διαδικασία παλαίωσης μπορεί να θεωρηθεί ως ένα κρίσιμο βήμα στην παραγωγή ορισμένων ειδών κρασιών, καθένα από τα οποία έχει μοναδικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Η χημική σύνθεση ενός κρασιού επηρεάζει τη σταθερότητά του κατά την αποθήκευση και αλλάζει συνεχώς ως αποτέλεσμα στοιχείων όπως η θερμοκρασία, το φως, η θέση της φιάλης, η συγκέντρωση οξυγόνου και η περίοδος αποθήκευσης (Jordão et al., 2019).

Δεδομένου ότι τα PC είναι συχνά εξαιρετικά ασταθή και περνούν από διαδικασίες οξείδωσης, πολυμερισμού και συν-χρώσης κατά τη διάρκεια της γήρανσης, η χημική τους σύνθεση υφίσταται τις μεγαλύτερες αλλαγές κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, κυρίως στην αφθονία και τη σύνθεσή τους, γεγονός που έχει αντίκτυπο στην αντιοξειδωτική τους λειτουργία. Σε αυτό το σημείο το κρασί εμφιαλώνεται. Προκειμένου να αποφευχθεί η είσοδος οξυγόνου, αυτό το δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται σε αεροστεγή δοχεία. Ως εκ τούτου, η ποσότητα της έκθεσης σε οξυγόνο στη φιάλη είναι αυτή που προκαλεί την πλειοψηφία των αλλαγών. Μερικές φορές απαιτείται προκαταρκτική διευκρίνιση και το PC (ιδιαίτερα τα υδροξυκιναμικά οξέα) και οι χρωστικές πρέπει να συσκευάζονται σε ανθεκτικά στο φως δοχεία. Σε αυτό

το σημείο, μια σειρά από μεταβλητές, συμπεριλαμβανομένης της θερμοκρασίας αποθήκευσης (μεταβλητή, σταθερή και κρύα), η στάση του μπουκαλιού (οριζόντια ή κάθετη), η περίοδος αποθήκευσης (3, 6, 9 και 12 μήνες), και η ποικιλία, επηρεάζουν το πόσο σταθερό είναι το κρασί στις φιάλες. Επίσης, τα αποτελέσματα της αναγωγικής φάσης σε ένα μπουκάλι βασίζονται στις συνθήκες της προηγούμενης φάσης (Zamora, 2018).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η μεταφορά οξυγόνου είναι μια κρίσιμη ανάγκη για τη γήρανση. Το κρασί τοποθετείται σε δοχεία για αυτόν τον λόγο και αυτά τα δοχεία πρέπει να επιτρέπουν μια ορισμένη ποσότητα οξυγόνου. Τα ξύλινα βαρέλια ήταν παραδοσιακά οι πιο δημοφιλείς δέκτες για αυτές τις χρήσεις. Η αφομοίωση του οξυγόνου μέσω του ξύλου, της επιφάνειας, η μεταφορά ενώσεων ξύλου και οι απώλειες εξάτμισης θα καθορίσουν επομένως τις πρωταρχικές ανταλλαγές που συμβαίνουν σε αυτό το στάδιο. Η βοτανική και γεωγραφική προέλευση του ξύλου, το καρύκευμα, το επίπεδο φρυγανίσματος και ο αριθμός των φορών που έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν το βαρέλι πρέπει όλα να ληφθούν υπόψη προκειμένου να ρυθμιστεί σωστά αυτή η διαδικασία (Zamora, 2018).



Εικόνα 22. Μεταφορά οξυγόνου (pyroscience, 2023)

Για παράδειγμα, το OTR καθορίζεται από το είδος των δέντρων. Ανακαλύφθηκε ότι το OTR βασίζεται επίσης στο είδος του ξύλου, παρά το γεγονός ότι προηγουμένως πιστευόταν ότι το οξυγόνο που εμπλέκεται στη φάση γήρανσης περιοριζόταν στον αέρα στο πάνω μέρος του βαρελιού ή αφομοιώθηκε κατά τη μεταφορά και το γέμισμα του βαρελιού. Η ανατομική δομή του ξύλου καθώς και η διαφορά συγκέντρωσης οξυγόνου μεταξύ των δύο πλευρών καθώς και το πάχος του στρώματος ξύλου επηρεάζουν όλα αυτή τη διαδικασία. Κατά συνέπεια, μια πρόσφατη

έρευνα ανακάλυψε ότι τα γαλλικά και αμερικανικά δρύινα βαρέλια επέτρεπαν διαφορετικούς ρυθμούς οξυγόνωσης (Del Alamo-Sanza et al., 2018).

Λόγω των πολυάριθμων μικροπόρων τους, τα δρύινα βαρέλια, που επιτρέπουν τη σταθερή και μέτρια πρόσληψη οξυγόνου, το οποίο σταδιακά ενσωματώνεται στο κρασί, χρησιμοποιούνται ευρέως. Καθώς οι μικροπόροι του ξύλου μπλοκάρονται όλο και περισσότερο, η μετάδοση οξυγόνου που παρέχει το βαρέλι θα μειώνεται με το χρόνο και με κάθε χρήση. Τα βαρέλια μπορεί να είναι κατασκευασμένα από διάφορα είδη, αλλά τα δρύινα βαρέλια είναι τα πιο δημοφιλή λόγω της αποτελεσματικότητάς τους και των αρωμάτων τους. Υπάρχουν πολλά διαθέσιμα μεγέθη, με τα πιο δημοφιλή να είναι τα βαρέλια 225 L (Μπορντό) και 300 L (Βουργουνδία). Συνήθως ταξινομούνται μεταξύ γαλλικής και αμερικανικής βελανιδιάς. Λόγω της απελευθέρωσης διαφόρων συστατικών από το ξύλο σε αυτό το στάδιο, το άρωμα γίνεται πιο περίπλοκο και/ή ισχυρό. Ορισμένες από τις χημικές ουσίες που απελευθερώνονται, όπως το ET, είναι υπεύθυνες για τη στυπτικότητα και τις τροποποιήσεις της υφής. Λόγω των αλληλεπιδράσεων που λαμβάνουν χώρα μεταξύ των ανθοκυανινών και των προανθοκυανινών κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, το χρώμα σταθεροποιείται επίσης (Zamora, 2018).

Μικρές ποσότητες αέρα που εισέρχονται από τους πόρους του ξύλου και το καπάκι του βαρελιού ευθύνονται κυρίως για τη βελτίωση των διαδικασιών πολυμερισμού και συμπύκνωσης μεταξύ των φλαβονοειδών συστατικών, τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν άμεσα το χρώμα και τη στυπτικότητα του κρασιού και αλλάζουν τις οργανοληπτικές του ιδιότητες. Ωστόσο, οι διεργασίες οξείδωσης και η προσθήκη παραγόμενων φαινολικών που εξάγονται από ξύλο, όπως γαλλικό οξύ, συριγικό οξύ, βανιλικό οξύ, φερουλικό οξύ, ελλαγικό οξύ και ET, που παρέχουν επιθυμητούς συμπαράγοντες για διεργασίες χρωματισμού με ανθοκυανίνες, προκαλούν αλλαγές στη φαινολική σύνθεση κρασιών (και επομένως το χρώμα του), σε δρύινα βαρέλια (Durner, 2016).

Η επίδρασή του μεταβάλλεται συνεχώς και καθορίζεται από την κάννη που χρησιμοποιείται. Το μαύρισμα του λευκού κρασιού, το οποίο είναι ένα σοβαρό πρόβλημα για τα λευκά κρασιά, επειδή λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε PC, έχει μια τάση για μειωμένη άνοδο των τιμών του δείκτη δυναμικού μαυρίσματος σε νέα δρύινα βαρέλια. Μπορεί να πολυμεριστούν και να δημιουργήσουν μακρομόρια με κίτρινο-καφέ χρώμα επειδή μπορούν εύκολα να οξειδωθούν σε κινόνες. Επιπλέον, ουσίες που προέρχονται από ξύλο, όπως το ET και το ελλαγικό οξύ, απορροφούν

ταχύτερα το οξυγόνο, αυξάνοντας την υδροϋπεροξειδωση των συστατικών του κρασιού και χρησιμεύουν ως αναστολείς των αλλαγών χρώματος. Επιπλέον, σε αυτό το στάδιο θα συμβούν μια σειρά από διεργασίες που ισχύουν για όλα τα κρασιά (συμπεριλαμβανομένων εκείνων που δεν παλαιώνουν σε βαρέλια), όπως η καθίζηση των κατακρημνισμένων ενώσεων που βρίσκονται στο κρασί, η οποία κάνει το κρασί να γίνει πιο καθαρό και να έχει λιγότερη θολότητα (Zamora, 2018).

Ενώ τα βαρέλια επιτρέπουν λίγη οξυγόνωση και απελευθερώνουν ευεργετικά συστατικά στο κρασί, η ανακαίνισή τους είναι αρκετά δαπανηρή. Έχουν δημιουργηθεί αρκετές τεχνητές ή υποκατάστατες μέθοδοι για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος. Τρεις διακριτές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παλαίωση κρασιών με εναλλακτικά συστήματα: προσθήκη τσιπς ξύλου στο κρασί, συνδυασμός αυτών των τσιπς με μικροοξυγόνωση ή παλαίωση του κρασιού στις οινολάσπες. Για να παρέχει ιδιότητες παλαιωμένου κρασιού που θυμίζουν αυτές του κρασιού παλαιωμένου σε βαρέλι 1s, η πρώτη προσέγγιση χρησιμοποιεί συχνά μικρά θραύσματα ξύλου ή "τσιπς" που παραμένουν βυθισμένα σε υγρό. Το μέγεθος του κομματιού, το είδος του ξύλου που χρησιμοποιείται, και το επίπεδο φρυγανίσματος επηρεάζουν όλα το αποτέλεσμα (Rubio-Bretón et al., 2018).

Όσον αφορά τη διαδικασία παρασκευής, τα κομμάτια τοποθετούνται σε ένα θάλαμο που χρησιμεύει ως έγχυμα καθώς απορροφούν το κρασί, επιτρέποντας τη μεταφορά διαφόρων ενώσεων, όπως αυτές που βρίσκονται σε βαρέλια. Παρά την προσπάθεια μίμησης των παραδοσιακών μεθόδων, τα τελικά προϊόντα που παράγονται από αυτή τη νέα προσέγγιση είναι αρκετά διαφορετικά από εκείνα που παράγονται όταν το κρασί ωριμάζει σε δρύινα βαρέλια. Η ποσότητα της σύριγγαλδεΐδης, της βανιλίνης, της γουαϊακόλης και της φουρφουράλης καθιστά εφικτό τον εντοπισμό μεταξύ κρασιών που παρασκευάζονται με ροκανίδια και εκείνων που παρασκευάζονται σε βαρέλια μετά από ανάλυση πτητικών PC. Άλλες πτυχές αυτής της έρευνας, όπως το μέγεθος των τσιπς, αξιολογήθηκαν, αλλά τυπικά ανακαλύφθηκε ότι οι συγκεντρώσεις αυτών των χημικών ουσιών κατά τη χρήση τσιπς βελανιδιάς ήταν είτε μεγαλύτερες είτε ισοδύναμες με εκείνες κατά τη γήρανση του βαρελιού (Arapitsas et al., 2003).

Πρόσθετη έρευνα σε αυτόν τον τομέα ανακάλυψε ότι τα μόρια ανθοκυανίνης ήταν τα πιο υπεύθυνα για τις αλλαγές στη σύνθεση, με τα βαρέλια να έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνη από τα τσιπς. Ωστόσο, ενώ χρησιμοποιείται αυτή η εναλλακτική προσέγγιση, άλλες μεταβλητές όπως το τοστ μπορεί να επηρεάσουν το αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, τα κρασιά που παρασκευάζονται με τσιπς ξύλου μέτριου

φρυγανίσματος έλαβαν υψηλότερες βαθμολογίες για τα καπνιστά, πικρά και φυτικά αρώματα και γεύσεις τους (Koussissi et al., 2009).

Διαφορετικές μελέτες δείχνουν ότι τα τσιπς βελανιδιάς μπορούν να είναι μια καλή επιλογή για την παραγωγή νεαρών κρασιών με λεπτές οσφρητικές και γευστικές νότες ξύλου αρκετά παρόμοιες με κρασιά που παλαιώνουν σε νέα βαρέλια για μικρά χρονικά διαστήματα (περίπου τρεις μήνες), παρά το γεγονός ότι τα τεχνητά συστήματα δεν επιτρέπουν την απόκτηση των ίδιων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών. Λόγω της βελτιωμένης μεταφοράς και απορρόφησης πτητικών ενώσεων με ξυλώδεις νότες, αυτή η τεχνολογία έχει μέχρι στιγμής αποδειχθεί πιο προσιτή, αποτελεσματική και βιώσιμη από τη γήρανση του βαρελιού, ενώ μπορεί ωστόσο να παράγει προϊόντα συγκρίσιμης ποιότητας. Για παράδειγμα, μια μελέτη που συνέκρινε τις επιδράσεις των τεχνητών συστημάτων και των παραδοσιακών βαρελιών στο παλαιωμένο κρασί διαπίστωσε ότι το κρασί που έχει υποστεί επεξεργασία με τεχνητά συστήματα παλαιώνει σε μπουκάλια πιο γρήγορα από το κρασί που παλαιώνει σε βαρέλια, με ταχύτερη απώλεια ανθοκυανινών και μεγαλύτερο αριθμό πολυμερισμών. Ανακαλύφθηκαν επίσης σημαντικές παραλλαγές μεταξύ κρασιών που παρασκευάζονται σε διάφορα βαρέλια, με το γαλλικό ξύλο δρυός να παρουσιάζει κάπως λιγότερη απώλεια ανθοκυανίνης από την ουγγρική (*Quercus frainetto*) και την αμερικανική (*Quercus alba*) δρυ (Del AlamoSanza, Nevares, 2006).

Η δεύτερη προσέγγιση συνδυάζει δύο μεθόδους για την τεχνητή και σκόπιμη προσομοίωση της διαδικασίας γήρανσης σε βαρέλια. Αυτό το επιτυγχάνει χρησιμοποιώντας τσιπς ξύλου σε συνδυασμό με μια διαδικασία που ονομάζεται μικρο-οξυγόνωση, η οποία απελευθερώνει μικροσκοπικές ποσότητες οξυγόνου. Τροποποιώντας κυρίως τις γευστικές και αρωματικές ιδιότητες του κρασιού, αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιείται συχνά για τη βελτίωση διαδικασιών όπως η σταθερότητα και η ενίσχυση του χρώματος, καθώς και για την ενίσχυση των οργανοληπτικών πτυχών του κρασιού. Καθώς η δόση οξυγόνου έχει τη μεγαλύτερη επίδραση σε αυτή τη διαδικασία, χορηγείται σε μια προσπάθεια μίμησης του μοντέλου ενός ξύλινου βαρελιού, μερικές φορές ακόμη και παρακολουθώντας τη συγκέντρωσή του (Tao et al., 2014).

Οι οινολάσπες που μένουν πίσω μετά τη διαδικασία οينوποίησης της αποθήκευσης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση της διαδικασίας παλαίωσης για λευκούς ή αφρώδεις οίνους. Τα κυτταρικά τοιχώματα που παράγονται από αυτόλυση ζυμομύκητα αποτελούν την πλειονότητα των οινολάσπης, μαζί με

ορισμένες ιζηματοποιημένες ανόργανες χημικές ουσίες και τρυγικό οξύ σε μικρότερες ποσότητες. Αυτή η επιλογή παλαίωσης συνδυάζεται με παλαίωση σε βαρέλι ή παλαίωση σε άλλα δοχεία όπως δεξαμενές από ανοξείδωτο χάλυβα και μεγάλα συστήματα βαρελοποιίας. Η αλληλεπίδραση μεταξύ της οινολάσπης και του κρασιού σε όλη τη διαδικασία παλαίωσης μπορεί να αλλάξει τις οργανοληπτικές ιδιότητες του κρασιού, να ενισχύσει το αισθητήριο προφίλ του και να μειώσει την πικρία και τη στυφότητα, μεταξύ άλλων. Ως αποτέλεσμα, μπορεί να αυξήσει την πιθανότητα παραγωγής καλύτερου κρασιού χρησιμοποιώντας εναλλακτικές τεχνικές, διατηρώντας παράλληλα την επαναληψιμότητα σε παρτίδες συγκρίσιμης ποιότητας (Tao et al., 2014).



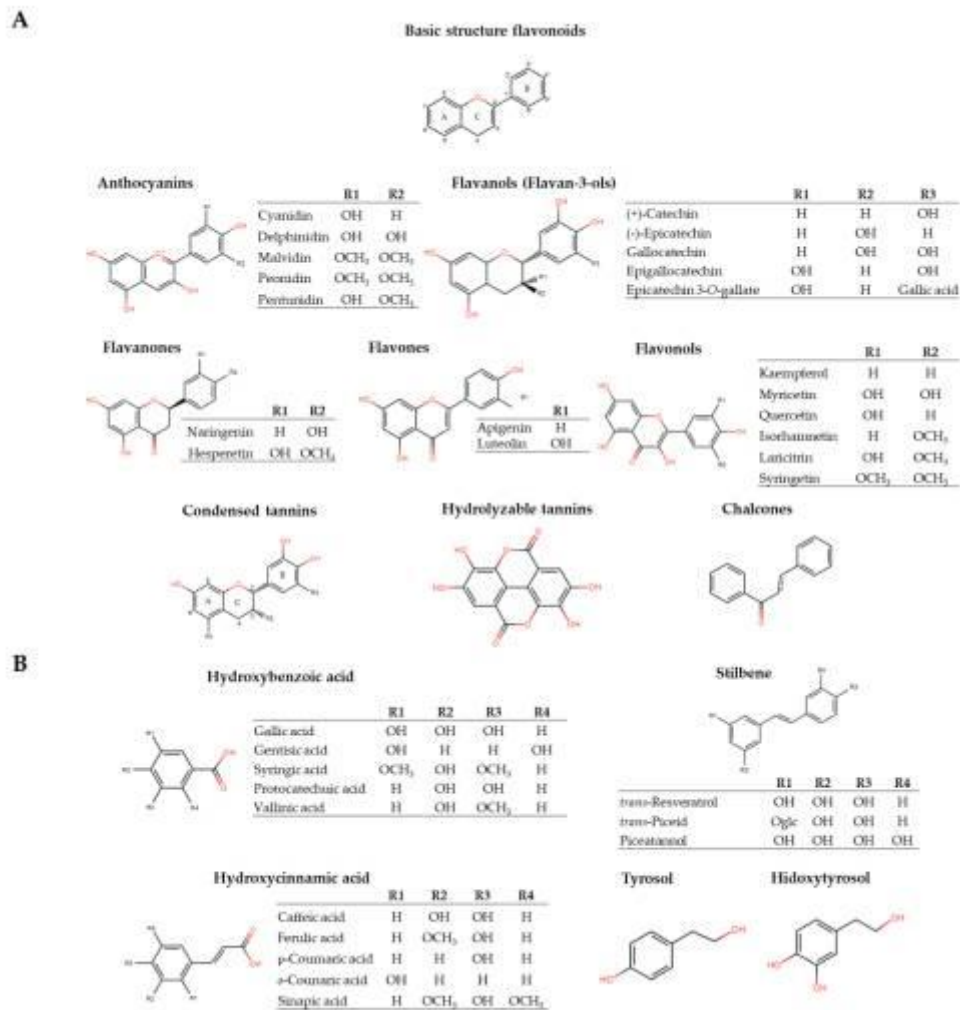
Εικόνα 23. Οινολάσπη (Wine Tasting Bliss, 2017)

Η επιταχυνόμενη γήρανση είναι μια τεχνοτροπία που χρησιμοποιεί μια ποικιλία προσεγγίσεων για την επιτάχυνση της παλαίωσης του κρασιού μέσω της χρήσης μικροοξυγόνωσης ή της χρήσης διαφόρων φυσικών διεργασιών. Σε πολλές περιπτώσεις, συνεπάγεται τη χρήση ιδανικών συνθηκών θερμοκρασίας και αέρα για τη μείωση του χρόνου που απαιτείται για την παρασκευή ενός συγκεκριμένου είδους κρασιού. Ως εκ τούτου, ορισμένα έξοδα περικόπτονται. Το κρασί υποβάλλεται σε μικρο-οξυγόνωση για να επιτευχθούν ορισμένα τεχνολογικά οφέλη, όπως σταθεροποίηση χρώματος, ενίσχυση του κόκκινου χρώματος στο κόκκινο κρασί, βελτίωση της υγείας των ζυμών κατά την αλκοολική ζύμωση, βελτίωση της γεύσης και της δομής του κρασιού, τροποποίηση των αρωματικών χαρακτήρων του κρασιού. Λόγω των χημικών ουσιών που απελευθερώνει το ξύλο όταν το κρασί δεν παλαιώνεται σε ξύλινα βαρέλια, η χρήση τσιπς ξύλου είναι ένας άλλος τρόπος για να επιτευχθούν όλα αυτά τα οφέλη. Το ελεύθερο SO₂, η αιθανόλη, οι χρωματικοί δείκτες, και η διαθέσιμη ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου είναι οι παράγοντες που έχουν τα περισσότερα αποτελέσματα σε αυτή τη διαδικασία (Nevares et al., 2010).

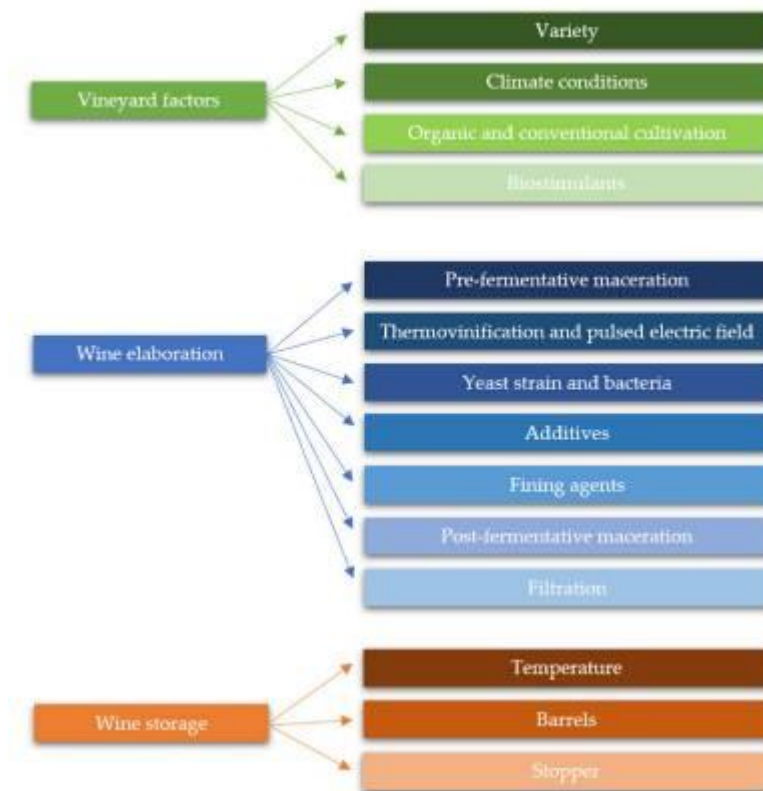
Πολλά διπλώματα ευρεσιτεχνίας έχουν δημιουργηθεί για να μειώσουν τα μεγάλα χρονικά πλαίσια και τα ακριβά έξοδα που σχετίζονται με τη γήρανση. Ένα από αυτά είναι η στερέωση ενός εργαλείου στο βαρέλι παλαίωσης που προκαλεί την κίνηση του κρασιού, αυξάνοντας την επαφή του υγρού με την επιφάνεια του δοχείου και τον αέρα. Ορισμένα σχέδια απαιτούν απλώς να μειωθεί το μέγεθος των τσιπς ξύλου έως ότου συνθλίβονται επαρκώς (1 mm) για να επιτευχθεί ίση ηλικία στο ένα δέκατο έως ένα εκατοστό του χρόνου που απαιτείται για τη συμβατική παλαίωση βαρελιού. Φυσικές τεχνικές, όπως πολωμένα παλμικά μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας στην περιοχή των 50 kHz, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παράγουν ισοδύναμα αποτελέσματα. Πρόσθετες φυσικές τεχνικές που βελτιώνουν την οξειδωση περιλαμβάνουν ακτίνες γάμμα, ηλεκτρικά πεδία, υπερηχητικά κύματα και φωτοκατάλυση-νανοχρυσού. Οι ΗΠΑ επινόησαν ένα σύστημα υπερήχων που όχι μόνο επιτάχυνε τη διαδικασία, αλλά και επέκτεινε τη διάρκεια ζωής του κρασιού διατηρώντας παράλληλα την ποιότητα (Leonhardt & Morabito, 2007).

Το κρασί που δημιουργείται από ορισμένα υλικά, αλλά όχι όλα, μπορεί να παλαιωθεί με την τεχνική της ροής. Τα κρασιά υποβάλλονται σε επεξεργασία με υπερήχους κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας καθώς ταξιδεύουν μέσα από το στόμιο του ψεκαστήρα. Το κρασί που βρίσκεται σε επαφή με τσιπς βελανιδιάς τοποθετείται σε μια συσκευή υπερήχων που συνδέεται με έναν μεγαλύτερο θάλαμο μέσω ενός συστήματος υπερήχων με αερισμό. Λόγω μιας σταθερής ροής οξυγόνου σε αυτόν τον θάλαμο, λαμβάνει χώρα οξυγόνωση. Με θετικά αποτελέσματα, η ακτινοβολία γάμμα διερευνήθηκε επίσης για την παλαίωση κρασιών που δεν ανήκουν στα σταφύλια (όπως το κρασί από ρύζι). Απαιτείται περισσότερη έρευνα, ωστόσο, καθώς ενδέχεται να προκύψουν ζητήματα τοξικότητας. Οι καλύτερες συνθήκες για ορισμένους τύπους νεαρών ερυθρών κρασιών είναι 600 V/cm και χρόνος επεξεργασίας 3 λεπτών, καθώς τα ηλεκτρικά πεδία ενισχύουν την εξαγωγή από υπολογιστή και επιταχύνουν τη διαδικασία παλαίωσης. Η παραγωγή ελεύθερων ριζών υδροξυλίου, οι οποίες μπορεί να επιταχύνουν τις χημικές διεργασίες και έχουν χρησιμοποιηθεί προηγουμένως για την επιτάχυνση της ωρίμανσης των νεαρών αποσταγμάτων σόργου, ενθαρρύνεται από τους καταλύτες νανοχρυσού. Οι μέθοδοι υψηλής πίεσης βρίσκονται ακόμη στα αρχικά στάδια της έρευνας. Αν και ο στόχος της χρήσης αυτού του τύπου παλαίωσης είναι να παραχθούν κρασιά παρόμοια με εκείνα που παρασκευάζονται με μη επιταχυνόμενη παλαίωση, η ανάπτυξη ενός αριθμού πτητικών ενώσεων, συμπεριλαμβανομένων των C6 αλκοόλες, των διοξολανών, της -Δαμασκενόνης, -

Βουτυρολακτόνης και 1,2 -Διϋδρι-1,1,6-Τριμεθυλοναφθαλένιο, επιτρέπει στα κρασιά να διακρίνονται κατά τη διαδικασία (Leonhardt & Morabito, 2007).



Εικόνα 24. Α. Δομή των φλαβονοειδών ενώσεων στο κρασί. Β. Δομή των μη φλαβονοειδών ενώσεων στο κρασί (Gutiérrez-Escobar, Aliaño-González, Cantos-Villar, 2021).



Εικόνα 25. Συνοπτικό διάγραμμα σχετικά με τους εξωτερικούς παράγοντες που επιδρούν στις φαινολικές ενώσεις στο σταφύλι, το γλεύκος και το κρασί. (Gutiérrez-Escobar, Aliaño-González, Cantos-Villar, 2021).

2.6.1 Η επίδραση των εκχυλισμάτων βελανιδιάς στη γεύση του κρασιού

Ένα σημαντικό συστατικό, η κυτταρίνη, αντιπροσωπεύει σχεδόν το μισό του ξηρού βάρους του ξύλου. Ένα μακρύ δομικό πολυμερές, περιέχει μεταξύ 2500 και 3500 μονάδες γλυκόζης. Βοηθά στην αντοχή του ξύλου και υφίσταται ελάχιστη χημική αλλαγή κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του ξύλου. Η ημικυτταρίνη, με όγκο 20–25%, αποτελείται κυρίως από 5 σάκχαρα άνθρακα όπως ξυλόζη και λίγη αραβινόζη και περιέχει μόνο ίχνη 6 σακχάρων άνθρακα (μαννόζη και γαλακτόζη). Στις 75 έως 100 μονάδες, το πολυμερές ημικυτταρίνης είναι λίγο μικρότερο από την κυτταρίνη. Η ημικυτταρίνη διασπάται με θερμική επεξεργασία, απελευθερώνοντας φουρφουράλη, μαλτόλη, κυκλοτένιο και αιθοξυλακτόνη. Το 25-35% του ξηρού βάρους του ξύλου αποτελείται από λιγνίνη, η οποία είναι ευαίσθητη σε αποδόμηση από τη θερμότητα, την υδρόλυση και τους μικροοργανισμούς. Οι λιγνίνες υφίστανται σημαντικές χημικές αλλαγές όταν καρυκεύονται και φρυγανίζονται (Cavaliere et al., 2003).

Πολλές ουσίες που παράγονται όταν η λιγνίνη αποικοδομείται θερμικά έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη γεύση του κρασιού. Αυτά είναι το π-κουμαρικό οξύ, η

βανιλίνη, η γουαϊακόλη, η 4'-αιθυλική γουαϊακόλη, το φερουλικό οξύ, η ευγενόλη, η 4'-μεθυλ γουαϊακόλη και η 4'-αιθυλική φαινόλη. Οι τανίνες βελανιδιάς είναι εστέρες γαλλικού οξέος γλυκόζης και ελλαγικού οξέος, που αποτελούν περίπου το 5-10% της περιεκτικότητας σε τανίνες του ξύλου. Τα κύρια φαινολικά συστατικά της βελανιδιάς ονομάζονται ελλαγιτανίνες. Καθιζάνουν με πρωτεΐνες και έχουν στυπτικότητα (Bauer et al., 2015).

2.6.2 Αρωματικές ουσίες βελανιδιάς

Τα κρασιά που παλαιώνονται σε βαρέλι επωφελούνται από τη γεύση πολλών συστατικών που προέρχονται από το ξύλο. Μερικές από αυτές τις ουσίες βρίσκονται στο είδος του ξύλου, ενώ άλλες δημιουργούνται όταν τα βαρέλια καρυκεύονται και φρυγανίζονται. Η γεύση βανίλιας στα κρασιά παλαιωμένης βελανιδιάς προκαλείται από τη βανιλίνη, ένα βασικό συστατικό του εκχυλίσματος βελανιδιάς. Το καρύκευμα και το φρυγάνισμα του ξύλου έχουν αντίκτυπο σε αυτό. Όταν τα βαρέλια φρυγανίζονται, η ποσότητα της βανιλίνης αυξάνεται σημαντικά. Η ευγενόλη είναι πιο άφθονη σε πράσινο ξύλο και έχει ένα πικάντικο άρωμα που μοιάζει με γαρύφαλλο. Κατά τη διάρκεια του καρυκεύματος, η περιεκτικότητα σε ευγενόλη μειώνεται (Del Alamo-Sanza & Nevares, 2018).

Τόσο η γουαϊακόλη όσο και η 4 μεθυλ-γουαϊακόλη μυρίζουν καπνό. Υπάρχουν στο φρυγανισμένο ξύλο σε σημαντικά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από το μη φρυγανισμένο ξύλο, όπου υπάρχουν μόνο αμελητέες ποσότητες. Προκύπτουν από την αποικοδόμηση της λιγνίνης σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Ο βαθμός του φρυγανίσματος παίζει καθοριστικό ρόλο στο να δώσει στο κρασί μια καπνιστή γεύση. Η τετρααιθυλικήγουαϊακόλη, η οποία έχει καπνιστή, πικάντικη και κάπως φαρμακευτική οσμή, και η τετρααιθυλική φαινόλη, η οποία έχει φαρμακευτική οσμή, είναι άλλες αξιοσημείωτες πτητικές φαινόλες. Αν και το παλιό κρασί μπορεί να έχει σημαντικά μεγαλύτερες ποσότητες από αυτές τις χημικές ουσίες, το εκχύλισμα βελανιδιάς περιέχει μόνο ίχνη από αυτές. Αυτές οι χημικές ουσίες φαίνεται να έχουν σχηματιστεί ως αποτέλεσμα μικροβιακής δραστηριότητας (Ortega-Herasetal., 2007).

Στα κρασιά που έχουν παλαιωθεί σε βαρέλι, υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας σε 4αιθυλοφαινόλη και της δραστηριότητας Brattanomyces. Αυτές οι ουσίες δημιουργούνται όταν η ημικυτταρίνη αποικοδομείται θερμικά. Η φουρφουράλη, η υδροξυλομεθυλοφουρφουράλη, η μαλτόλη και το κυκλοτένιο παράγονται κατά το φρυγάνισμα. Όλες αυτές οι ενώσεις έχουν αρώματα καραμελωμένης ζάχαρης. Η μαλτόλη και το κυκλοτένιο πιστεύεται ότι είναι υπεύθυνα

για το φρυγανισμένο, ευχάριστο άρωμα των τσιπς βελανιδιάς. Μια άλλη ουσία που παρασκευάζεται από υδατάνθρακες, η αιθοξυλακτόνη μυρίζει ευχάριστα. Οι δύο ισομερείς γ-λακτονές είναι μέρος των λακτόνων δρυός, κοινώς γνωστές ως λακτόνες ούισκι. Σε σύγκριση με το trans-ισομερές, το cis-ισομερές έχει σημαντικά χαμηλότερο όριο αρώματος και 4-5 φορές ισχυρότερο άρωμα. Αυτές οι λακτόνες βελανιδιάς δίνουν στο κόκκινο κρασί ένα ξυλώδες άρωμα όταν υπάρχουν σε μικρότερες ποσότητες (Oberholster et al., 2015).

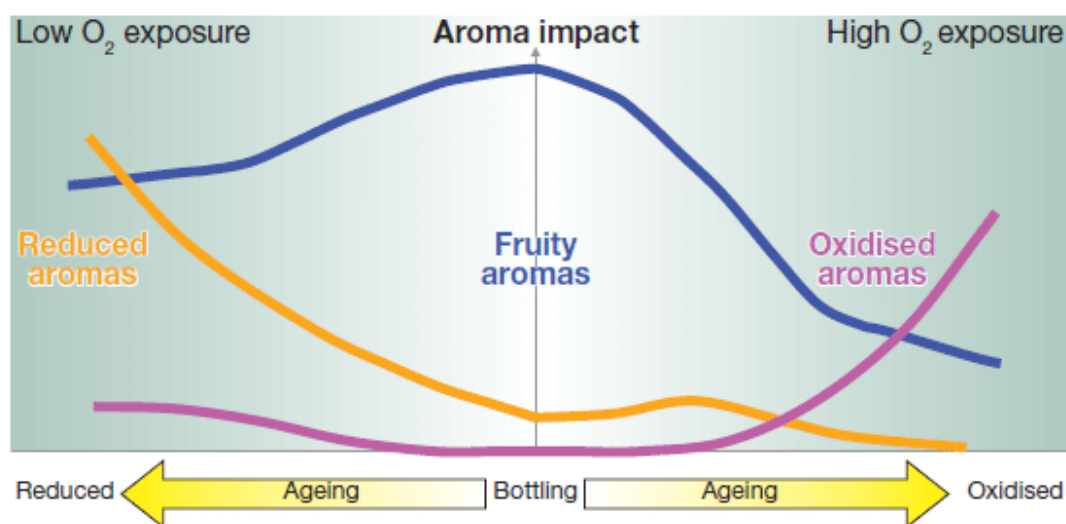
Ωστόσο, σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, μπορεί να παράγουν ένα μη ελκυστικό ρητινώδες άρωμα που μοιάζει με καρύδα. Κάθε ξύλο βελανιδιάς που χρησιμοποιείται για βαρελοποιία περιέχει λακτόνες βελανιδιάς, αν και η αμερικανική λευκή βελανιδιά έχει σημαντικά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις cis-λακτονών από άλλα είδη βελανιδιάς. Και οι δύο συγκεντρώσεις λακτόνης αυξάνονται κατά τη διάρκεια του καρυκεύματος και του τοστ. Οι γαλλοτανίνες και οι ελλαγιτανίνες είναι άλλες ονομασίες για τις τανίνες βελανιδιάς. Σε αντίθεση με τις συμπυκνωμένες τανίνες που υπάρχουν στα σταφύλια, είναι διακριτές. Δεδομένου ότι είναι ασταθείς στο pH του κρασιού και διασπώνται σε γαλλικό και κυρίως ελλαγικό οξύ, είναι επίσης γνωστές ως υδρολυόμενες τανίνες. Οι ελλαγιτανίνες καθιζάνουν πρωτεΐνες και έχουν στυπτική δράση. Η αμερικανική βελανιδιά αναμένεται να παράγει περίπου 30 mg εκχυλισμένων στερεών και περίπου 8 mg (GAE) φαινόλης σε 500 mg ξηρού ξύλου ανά λίτρο κρασιού (Black et al., 2015).

Συγκρίσιμη με την αμερικανική βελανιδιά, η ευρωπαϊκή δρυς θα πρέπει να παρέχει περίπου 50 mg εκχυλισμένων στερεών και 26 mg ολικής φαινόλης ανά λίτρο. Πιστεύεται ότι η αισθητηριακή επίδραση των τανινών βελανιδιάς επηρεάζει τη στυπτικότητα και την αίσθηση του στόματος ενός κρασιού. Για να επιβεβαιωθεί η αισθητηριακή τους επίδραση, απαιτούνται περαιτέρω δεδομένα αισθητηριακής μελέτης. Τα εκχυλίσματα βελανιδιάς τόσο από την αμερικανική όσο και από τη γαλλική βελανιδιά έχουν ανακαλυφθεί ότι περιλαμβάνουν μονοτερπένια, σεσκιτερπένια και πολλά νορισοπρενοειδή. Ο καπνός, το τσάι και τα επιλεγμένα φρούτα έχουν όλα ξεχωριστές γεύσεις χάρη στα νορισοπρενοειδή. Για να κατανοηθεί πλήρως η λειτουργία τους στον αρωματισμό κρασιών παλαιωμένων σε ξύλο, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση. Η παλαιώση του κρασιού επιτρέπει την εξαγωγή πολλών συστατικών βελανιδιάς. Αρκετές από αυτές λαμβάνουν χώρα κάτω από το αισθητήριο όριο και μπορεί να έχουν ακούσιες συνέπειες. Oaky, vanilla, smokey, toasty, peppery και coconut είναι δημοφιλή επίθετα που χρησιμοποιούνται για να

περιγράψουν κρασιά που έχουν ωριμάσει σε δρύινα βαρέλια (Comuzzo & Battistutta, 2018).

Odor characteristic	Impact compounds	Cultivar	Refs
Floral	Linalool	Muscat	[41]
Citrus, floral	Geraniol	Muscat	[41]
Citrus, floral	Nerol	Muscat	[41]
Geranium oil	Tetrahydro-4-methyl-2-(2-methyl-1-propenyl)-2,5-cis-2H-pyran (<i>cis</i> -Rosc oxide)	Gewurztraminer	[112]
Kerosene	1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene	Riesling	[116]
Bell pepper	3-Isobutyl-2-methoxypyrazines	Sauvignon blanc	[112]
Coconut, woody, sweet	3,6-Dimethyl-3a,4,5,7a-tetrahydro-3H-1-benzofuran-2-one	Gewurztraminer	[5]
Black currant	4-Methyl-4-mercaptopentan-2-one	Sauvignon blanc	[130]
Grapefruit, citrus peel	3-Mercapto-1-hexanol (<i>R</i> isomer)	Sauvignon blanc	[128]
Passion fruit	3-Mercapto-1-hexanol (<i>S</i> isomer)	Semillon	[128]
Black pepper	Rotundone	Shiraz	[126, 140]

Εικόνα 26. Επιδραστικά αρωματικά που συμβάλλουν στα ποικιλιακά αρώματα επιλεγμένων κρασιών (Styger, Prior., Bauer, 2011).



Εικόνα 27. επίδραση του αρώματος (briscoebites, 2023)

2.6.3 Μικροοξυγόνωση

Η εξάτμιση αφορά ένα μέρος του κρασιού σε ένα βαρέλι. Η απώλεια όγκου είναι συνήθως μεταξύ 2 και 5% κάθε χρόνο. Μικρότερα μόρια όπως του νερού και της αιθανόλης διεισδύουν στο ξύλο ως υγρό και αφήνονται ως ατμός. Η υγρασία και η θερμοκρασία στο υπόγειο έχουν αντίκτυπο στην απώλεια. Θα πρέπει να διατηρείται ένα επίπεδο υγρασίας 65% στο κελάρι. Περισσότερο νερό χάνεται σε ένα κελάρι στεγνωτηρίου, αυξάνοντας το επίπεδο αλκοόλης του κρασιού. Περισσότερο αλκοόλ χάνεται στα υγρά κελάρια, μειώνοντας το επίπεδο αιθανόλης του υπόλοιπου κρασιού (Domínguez & Del AlamoSanza, 2019).



Εικόνα 28. Συσκευή μικροοξυγόνωσης (οίνοanalysis, 2015).

Και στις δυο περιπτώσεις, οι χημικές ουσίες που δεν εξατμίζονται θα συγκεντρωθούν. Ένα βαρέλι με λιγότερο κρασί έχει κενό χώρο πάνω από την επιφάνεια του υγρού. Η κάννη θα δημιουργήσει ένα κενό εάν είναι στεγανή. Αλλά, εάν δεν δημιουργηθεί κενό, σημαίνει ότι υπήρξε ένα ρήγμα που επέτρεψε στον αέρα να εισέλθει στην κάννη. Η οξείδωση και η οξική φθορά είναι πιθανό να διευκολυνθούν από την άδεια περιοχή, η οποία περιέχει αέρα και οξυγόνο. Οι οινοποιοί συχνά γεμίζουν τα βαρέλια μέχρι την κορυφή με κρασί για να αποφύγουν αυτό το θέμα. Το κρασί απορροφά λίγο οξυγόνο κατά τη διαδικασία της επικάλυψης (Hopfer et al., 2015).

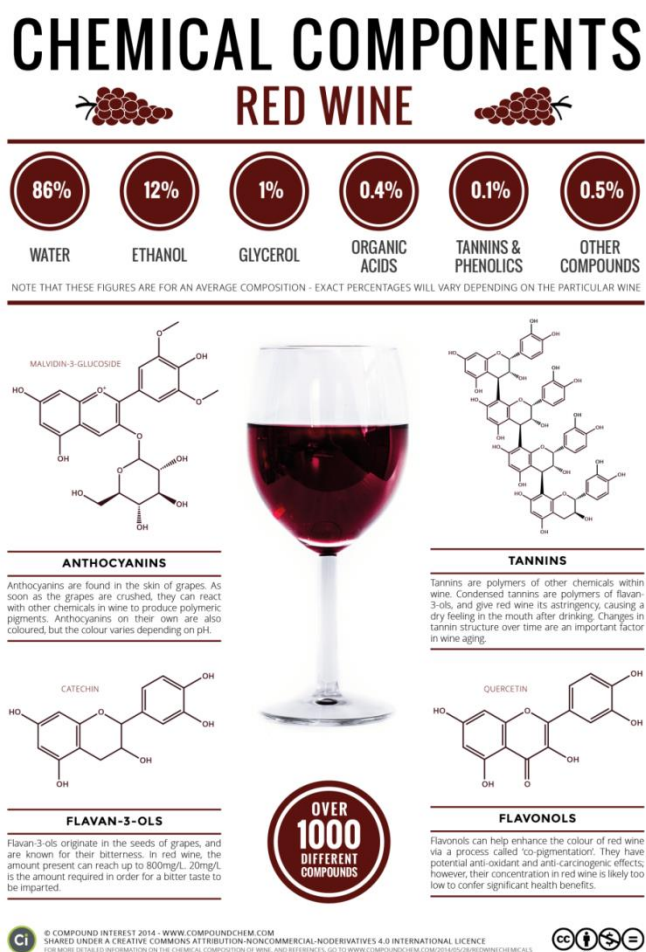
Επιπλέον, η λήψη οξυγόνου μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια των διαδικασιών επεξεργασίας του κρασιού, συμπεριλαμβανομένης της άντλησης και της διήθησης. Ένα κρασί μπορεί να διαλύσει περίπου 6 ή 8 mg οξυγόνου ανά λίτρο για να επιτύχει ένα όριο κορεσμού σε ψυχρότερες θερμοκρασίες κελαριού. Εάν το κρασί δεν προστατεύεται από τον αέρα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, μπορεί κανείς να προβλέψει πρόσληψη οξυγόνου έως και 6 mg/l. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι παρόλο που το ξηρό ξύλο είναι πορώδες για το οξυγόνο, το οξυγόνο δεν θα μπορεί να εισέλθει σε ένα βαρέλι με υγρές ράβδους και χωρίς διαρροές (Hopfer et al., 2015).

2.6.4 Οι επιπτώσεις της ελεγχόμενης οξείδωσης στην ποιότητα του κρασιού

Τα υψηλής ποιότητας κόκκινα κρασιά ωριμάζουν παραδοσιακά σε βαρέλια. Ένα κόκκινο κρασί μερικές φορές εκτίθεται στον αέρα ή το οξυγόνο ενώ ωριμάζει σε ένα βαρέλι. Οι φαινολικές χημικές ουσίες του κρασιού, όπως τα χρώματα και οι τανίνες, αντέδρασαν με το οξυγόνο και υπέστησαν μια σειρά από επωφελείς αλλοιώσεις. Τα βασικά πλεονεκτήματα της παλαιώσης (ελεγχόμενης οξείδωσης) είναι η σταθερότητα και η αύξηση του κόκκινου χρώματος, οι απαλότερες τανίνες, η ανάδυση πολύπλοκων αρωμάτων και η αύξηση του σώματος και της αίσθησης στο

στόμα του κρασιού. Η ελεγχόμενη ή περιορισμένη οξείδωση είναι το κλειδί (Ancín-Azpilicueta et al., 2019).

Η ποιότητα του κρασιού θα επηρεαστεί αρνητικά από το πολύ οξυγόνο. Ένας οινοποιός πρέπει επομένως να παρακολουθεί προσεκτικά τη διαδικασία ωρίμανσης για να διασφαλίσει ότι το κρασί λαμβάνει την κατάλληλη ποσότητα οξυγόνου ανάλογα με τη φαινολική του σύνθεση. Απαιτούνται μεγαλύτεροι χρόνοι παλαίωσης για να μαλακώσουν οι τανίνες σε κρασιά με μεγαλύτερες συγκεντρώσεις φαινολικών συστατικών. Ενώ το κόκκινο κρασί παλαιώνει, οι φαινολικές ενώσεις υφίστανται ποικίλες αλλαγές που επηρεάζονται από τη θερμοκρασία, τη συγκέντρωση SO₂ του κρασιού, το επίπεδο οξείδωσης, τη διάρκεια παλαίωσης του κρασιού και την αναλογία ανθοκυανινών προς τανίνες. Οι ανθοκυανίνες και οι τανίνες είναι οι δύο κύριες φαινολικές ενώσεις του κρασιού. Οι χρωστικές που είναι υπεύθυνες για το χρώμα του κόκκινου κρασιού ονομάζονται ανθοκυανίνες (Ancín-Azpilicueta et al., 2019).



Εικόνα 29. Χημικά συστατικά των ερυθρών κρασιών (blacktailnyc, 2023)

Υπάρχουν και οι δύο άχρωμες και διαφορετικού χρώματος μορφές των ελεύθερων (μονομερών) ανθοκυανινών. Τόσο το pH όσο και το όξινο θειικό έχουν αντίκτυπο σε αυτά. Ένα μεγαλύτερο ποσοστό ελεύθερων ανθοκυανινών σε κόκκινη μορφή παρατηρείται σε χαμηλότερα επίπεδα pH. Οι μονομερείς ανθοκυανίνες και τανίνες αναμειγνύονται κατά την ωρίμανση ή την ηλικία για να δημιουργήσουν προϊόν συνδυασμού τανίνης-ανθοκυανίνης (TA), επίσης γνωστό ως πολυμερική χρωστική ουσία. Μέσω υψηλότερου pH και συμπερίληψης όξινου θειικού, η πολυμερής χρωστική είναι λιγότερο επιρρεπής σε αποχρωματισμό όταν αναμειγνύεται. Η σταθερότητα του χρώματος υποβοηθάται από τη μεγαλύτερη σταθερότητα της πολυμερικής χρωστικής. Σε συνδυαστική μορφή, ο αερισμός αυξάνει την ποσότητα των έγχρωμων χρωστικών, που παράγει μια έντονη απόχρωση. Η θερμοκρασία, το οξυγόνο, ο τύπος ταννίνης και η αναλογία ανθοκυανινών προς τανίνες επηρεάζουν τον τρόπο αντίδρασης των δύο. Οι τανίνες υφίστανται πιο περίπλοκες τροποποιήσεις που συνεπάγονται τόσο οξειδωτικές όσο και μη οξειδωτικές διεργασίες. Η προκυανιδίνη υφίσταται οξείδωση και συμπυκνώνεται, παράγοντας τανίνη, μια ελαφρώς κίτρινη ουσία με μοριακό βάρος (mwt) 500 και το υψηλότερο επίπεδο στυπτικότητας (Rajha et al., 2017).

Επιπλέον, ο μη οξειδωτικός πολυμερισμός της προκυανιδίνης μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό κίτρινου-κόκκινου, συμπύκνωσης d τανίνες με mwts 2000–3000 και μειωμένη στυπτικότητα. Ο περαιτέρω πολυμερισμός έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη εξαιρετικά συμπυκνωμένων τανινών (mwt 3000–5000) που έχουν κίτρινη έως καφέ απόχρωση. Οι τανίνες που έχουν πολυμεριστεί κατακρημνίζονται όταν είναι πολύ μεγάλες (Pérez & Caballero, 2012).

Επιπλέον, οι πρωτεΐνες και οι υδατάνθρακες μπορεί να συμπυκνωθούν με τανίνες. Μειώνοντας την ένταση της τανίνης και παρέχοντας στο κρασί μεγαλύτερο σώμα, ο συνδυασμός τανίνης και πολυσακχαριτών ενισχύει τη γεύση του κρασιού. Ένα κρασί πρέπει να είναι άφθονο στις επιθυμητές φαινολικές ενώσεις για να επωφεληθεί από την παλαίωση της βελανιδιάς. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τόσο η ποσότητα και η ποιότητα των χρωστικών ουσιών και της τανίνης που υπάρχουν στα πλήρως ώριμα σταφύλια, όσο και η εκχύλισή τους κατά την επεξεργασία (Lissi et al., 2014).

Ένας οινοποιός μπορεί να χρησιμοποιήσει μια ποικιλία μεθόδων για να ενθαρρύνει τη φαινολική εκχύλιση, εάν τα σταφύλια έχουν κατάλληλη περιεκτικότητα σε φαινολικά όταν είναι πλήρως ώριμα. Πολλές από τις μεθόδους περιλαμβάνουν α)

πριν από τη ζύμωση, κρύα διαβροχή (η ποικιλία και η θερμοκρασία επηρεάζουν το αποτέλεσμα), β) τροποποίηση της διάρκειας διαβροχής και της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ζύμωσης αυξάνοντας την αναλογία χυμού προς φλούδα με αποστράγγιση λίγου χυμού, γ) χρήση τανινών και ενζύμων για την εξαγωγή χρώματος, δ) παρατεταμένη διαβροχή για να έχει το κρασί εξαιρετικό χρώμα, ισορροπία, απαλότητα, έντονα αρώματα φρούτων και πλούσια αίσθηση στο στόμα μετά την εκχύλιση. Περισσότερο από το να είναι απλώς ένα δοχείο, τα βαρέλια έχουν άλλους σκοπούς. Το κρασί μπορεί να διαχωριστεί από τα ιζήματά του χρησιμοποιώντας βαρέλια τα οποία δίνουν επίσης τανίνες, οξυγόνο και σταθερότητα χρώματος. Το ξύλο απελευθερώνει συστατικά στο κρασί καθώς παλαιώνει, γεγονός που βοηθά στην ενίσχυση των οργανοληπτικών του ιδιοτήτων. Όλα αυτά βοηθούν το κρασί να ωριμάσει δίνοντας στο τελικό προϊόν βάθος, γεύση και μακροζωία (Kubokawa, 2018).

Προκειμένου να ενισχυθούν οι φυσικές, χημικές και αισθητηριακές ιδιότητες του κρασιού, το βαρέλι κρασιού λειτουργεί ως ενεργό δοχείο που απελευθερώνει χημικές ενώσεις στο ποτό. Οι επίκτητες ιδιότητες ποικίλλουν ανάλογα με την προέλευση, την ηλικία, το πάχος, τη χρήση, το φρυγάνισμα και τη διάρκεια του χρόνου που διατηρείται το κρασί μέσα στο βαρέλι. Καθώς ο αριθμός των ενώσεων που μπορούν να ληφθούν από το ξύλο είναι περιορισμένος, στοιχεία όπως η σύνθεση του κρασιού, η φροντίδα που δίνεται στα βαρέλια και η ζύμωση έχουν αντίκτυπο στο πόσο καιρό μπορούν να χρησιμοποιηθούν πριν χάσουν την ικανότητά τους να εκχυλίζουν ενώσεις κατά τη χρήση τους σε επόμενες παρτίδες κρασιού. Επιπλέον, τα δυσμενή βακτήρια μπορεί να πολλαπλασιαστούν και να σχηματίσουν βιοφίλμ στην εσωτερική πλευρά του βαρελιού, ιδιαίτερα στα κενά διασταύρωσης μεταξύ των δοκών, τα οποία είναι πολύ ανθεκτικά στα μέτρα υγιεινής. Η ανταλλαγή PC, ιδιαίτερα ελλαγιταννινών (ET), μεταξύ του ξύλου και του αποθηκευμένου κρασιού και του AC είναι η κύρια χημική αλλοίωση που προκαλείται από την αλληλεπίδραση με το ξύλο (Bindon et al., 2013).

Το πιο κοινό είδος ξύλου που χρησιμοποιείται για την κατασκευή βαρελιών παλαίωσης κρασιού είναι το δρύινο. Η βελανιδιά χρησιμοποιείται συχνά λόγω της σκληρότητας, της διαπερατότητάς της, της ικανότητάς της να παρέχει διακριτικές μυρωδιές, της πιθανής ικανότητας να αποτρέπει την ανάπτυξη μούχλας και μαγιάς, των μηχανικών χαρακτηριστικών και του ιστορικού χρήσης. Η τιμή είναι μια άλλη κρίσιμη πτυχή, με το γαλλικό ξύλο να είναι πιο δαπανηρό από την αμερικανική βελανιδιά λόγω των απωλειών που σχετίζονται με τους πιο ασταθείς κόκκους και το υψηλότερο

πορώδες. Λόγω αυτής της ιδιότητας, το ξύλο πρέπει να σχίζεται αντί να πριονίζεται, γεγονός που οδηγεί σε μειωμένη απόδοση. Πρόσθετα στοιχεία μείζονος σημασίας εμφανίζονται σε όλη τη διαδικασία παραγωγής, όπως το μέγεθος βαρελιού, το οποίο ευθύνεται για τη μειωμένη ανταλλαγή φαινολικών ενώσεων με το κρασί λόγω της χαμηλότερης αναλογίας επιφάνειας ξύλου προς όγκο κρασιού στα μεγάλα βαρέλια. Τα παλιά βαρέλια έχουν ήδη μειωμένη ανταλλαγή φαινολικών ενώσεων, επομένως αυτό φαίνεται να είναι λιγότερο σημαντικό. Το ψήσιμο των βαρελιών είναι ένα άλλο κρίσιμο στοιχείο (Parr et al., 2020).

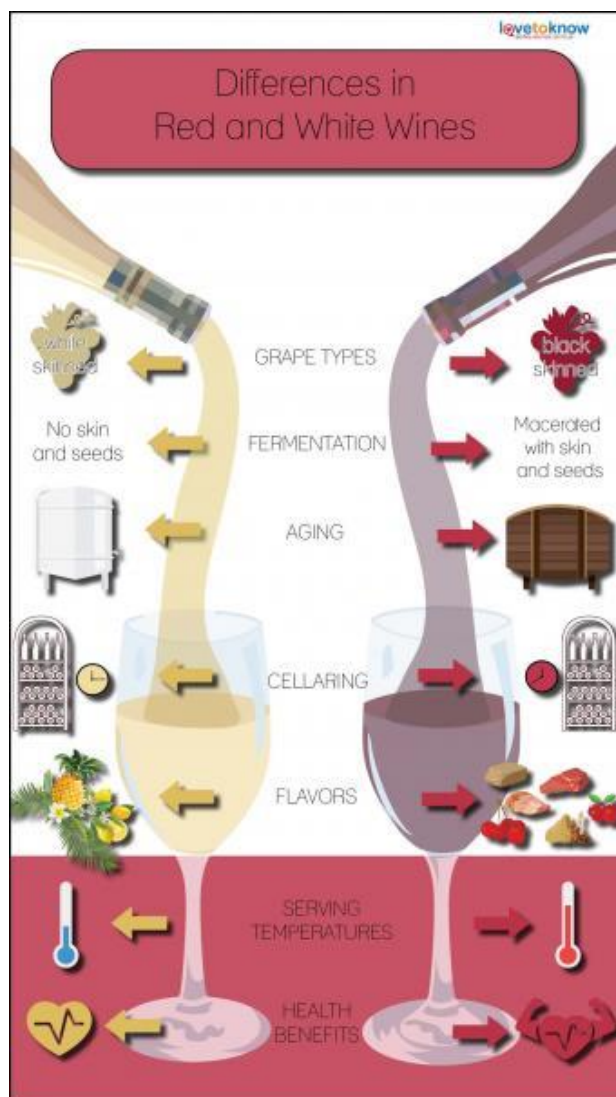
Εξετάζοντας τις πτητικές και ημι-πτητικές χημικές ουσίες που παράγονται από τη θερμική φθορά της βελανιδιάς, είναι εφικτό να γίνει διάκριση μεταξύ των διαφόρων επιπέδων φρυγανίσματος σε βαρέλι. Το ψήσιμο αλλάζει τόσο την ποσότητα όσο και την ποιότητα των εξαγωγίμων συστατικών στο δρύινο ξύλο των βαρελιών. Όταν η ένταση του φρυγανίσματος αυξάνεται, αυτή η διαδικασία προσδίδει μια καπνιστή γεύση, αλλά προάγει επίσης τη θερμοαποδόμηση ορισμένων συστατικών, συμπεριλαμβανομένων των οξέων, της λιγνίνης και της ημικυτταρίνης, τα οποία οδηγούν στη δημιουργία πτητικών φαινολών και λακτόνων βελανιδιάς αφυδατώνοντάς τες (Jackowetz et al., 2011).

Καθώς η διάσπαση των λιγνανών παράγει φαινυλοκετόνες, η συγκέντρωσή τους αυξάνεται σταθερά κατά το ψήσιμο. Επιπλέον, το ψήσιμο μπορεί να γίνει σε διάφορες ρυθμίσεις (υψηλή, μεσαία, χαμηλή) και μπορεί να επηρεαστεί από πράγματα όπως ο τόπος προέλευσης των εξαρτημάτων του ξύλου ή η φάση διάβρεξης στη διαδικασία φρυγανίσματος. Σύμφωνα με μια πρόσφατη έρευνα, για παράδειγμα, η διάβρεξη κατά τη διάρκεια του φρυγανίσματος οδηγεί συχνά σε μειωμένη συγκέντρωση ET (Farrell et al., 2015).

Ωστόσο, η σύνθεση είναι εξαιρετικά εύπλαστη κατά το φρυγάνισμα. Από αυτή την άποψη, μια μελέτη που παρακολούθησε τη διαδικασία χρησιμοποιώντας φασματομετρία μάζας σε πραγματικό χρόνο τόνισε τη μεταβλητή φύση της χημείας του ξύλου βελανιδιάς δείχνοντας πώς διαφορετικές μεμονωμένες σανίδες δρυός ίδιας προέλευσης, περιεκτικότητας υγρασίας και πυκνότητας εμφάνιζαν διαφορετικές τιμές υπό συγκρίσιμες συνθήκες (Cadahía et al., 2003).

Άλλοι ερευνητές εξέτασαν τον αντίκτυπο των ειδών βελανιδιάς και ανακάλυψαν ότι παρόλο που τα γαλλικά, αμερικανικά και ισπανικά είδη είδαν συγκρίσιμες αλλαγές στην περιεκτικότητα σε πτητικές ουσίες μετά το ψήσιμο, τα αμερικανικά είδη υπέστησαν σημαντικές ποσοτικές αποκλίσεις από τα ευρωπαϊκά είδη.

Μαζί με την προσθήκη γέυσης, αυτή η θερμική επεξεργασία διευκολύνει επίσης τη διαμόρφωση των ξύλινων ράβδων σε σχήμα βαρελιού (Sánchez-Gómez et al., 2020).



Εικόνα 30. Διαφορές μεταξύ λευκών και ερυθρών οίνων (Frazier, 2019).

2.7 Συγκριτική Ανάλυση Τεχνολογιών Γήρανσης

Η βιωσιμότητα διαφόρων υλικών και τεχνικών παραγωγής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία παλαιωμένων κρασιών υψηλής ποιότητας έχει διερευνηθεί πρόσφατα. Η μικρο-οξυγόνωση και τα ροκανίδια ξύλου συνεργάζονται για να δημιουργήσουν μια διαδικασία που, όσον αφορά την οξυγόνωση και το άρωμα, μοιάζει περισσότερο με τη γήρανση του βαρελιού. Το μέγεθος των φρυγανισμένων τσιπς μπορεί να διαφέρει. Όσο μικρότερα είναι τα τσιπς, τόσο πιο απλό είναι για το κρασί να τα απορροφήσει και να τα μεταδώσει η ET αφού η ενεργή επιφάνεια είναι μεγαλύτερη (De Roos et al., 2019).

Η γαλλική ή η αμερικανική βελανιδιά μπορεί να είναι τα μόνα είδη που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των τσιπς ή η βελανιδιά μπορεί να συνδυαστεί με άλλα είδη όπως την κερασιά ή την καστανιά για να δημιουργήσει πιο διακριτικά αρώματα. Καθώς ο ανοξειδωτός χάλυβας είναι ένα μη πορώδες υλικό, οι δεξαμενές από ανοξειδωτο χάλυβα είναι εκεί που χρησιμοποιείται συχνότερα αυτή η τεχνική. Λόγω της αναζωπύρωσης της δημοτικότητας των ξύλινων βαρελιών, η πρακτική της παλαίωσης κρασιού σε πήλινα ή τσιμεντένια δοχεία είναι μάρτυρας μιας αρνητικής τάσης στη χρήση του. Η πορώδης φύση αυτών των υλικών επιτρέπει την επαρκή οξυγόνωση των κρασιών και την ανάπτυξη της επίκτητης πολυπλοκότητας που προκύπτει από την παλαίωση του κρασιού (García-Alcaraz et al., 2020).

Ωστόσο, είναι πολύ πιο πρακτικά και λιγότερο δαπανηρά για να αποστειρωθούν χωρίς να θυσιαστούν οι ιδιότητες που σχετίζονται με τη γήρανση. Ωστόσο, πιστεύεται ότι η ενσωμάτωση ορισμένων από αυτά τα υλικά, όπως το σκυρόδεμα ή ο άργιλος, ιδιαίτερα το τελευταίο, δίνει στο παλαιωμένο κρασί μια μεταλλική και γήινη γεύση που συμβάλλει στη μεγαλύτερη ποικιλία γεύσεων. Το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, ένα πορώδες υλικό που επιτρέπει την οξυγόνωση ενώ είναι πολύ φθινό, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία των αγγείων γήρανσης (Cerdán & Ancín-Azpilicueta, 2006).

Ωστόσο, δεν έχουν όλες οι επιφάνειες περιορισμού ίση κατανομή μεταφοράς οξυγόνου, καθώς οι περιοχές κοντά στην αέρια φάση του όγκου έχουν μεγαλύτερο OTR. Εάν το OTR δεν είναι στα ιδανικά επίπεδα, η παλαίωση του κρασιού σε αυτούς τους τύπους δοχείων μπορεί να συνδυαστεί με τη χρήση τσιπς για να προσφέρει φρέσκες γεύσεις και λίγη μικρο-οξυγόνωση. Αυτά τα συστατικά και οι μέθοδοι παράγουν παλαιωμένα κρασιά που είναι υψηλού διαμετρήματος και έχουν τυπικό άρωμα. Πιο συγκεκριμένα, η λιανική τιμή είναι πιο λογική λόγω της μικρότερης επένδυσης που απαιτείται σε σύγκριση με τα συμβατικά παλαιωμένα κρασιά, γεγονός που αυξάνει την προσβασιμότητα των καταναλωτών, παρόλο που ο προκύπτωνφαινολικός και αρωματικός χαρακτήρας αυτών των κρασιών είναι σημαντικά διαφορετικός (De Rosso et al., 2009).

Οι ειδικοί του κρασιού μπορεί να ανιχνεύσουν διαφορές στη γεύση, την αίσθηση στο στόμα, το άρωμα και η χημική ανάλυση των προφίλ PC, ET και AC μπορεί να προσδιορίσει την τεχνική παλαίωσης που χρησιμοποιείται, καθώς αυτές οι χημικές ουσίες είναι συχνά χαμηλότερες σε κρασιά που δεν έχουν ωριμάσει σε δρύινα βαρέλια. Ορισμένες τεχνικές επικεντρώνονται στο στάδιο της παλαίωσης του

μπουκαλιού σε μια προσπάθεια να παράγουν νέα και διακριτικά αρώματα (Milheiro et al., 2019).

Η αποθήκευση των φιαλών γίνεται συχνά σε υπόγεια επειδή προστατεύουν το κρασί από την έκθεση στο φως, τις ακραίες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και τις αλλαγές υγρασίας. Με έμφαση στο υλικό του πώματος, τη θέση της φιάλης ή τη σταθερότητα των χημικών συστατικών, αρκετές μελέτες έχουν εξετάσει τον αντίκτυπο της παλαιώσης της φιάλης και τις συνθήκες αποθήκευσης στις ιδιότητες του παλαιωμένου κρασιού. Διατηρώντας τα σφραγισμένα μπουκάλια κάτω από το νερό, έχει αναπτυχθεί μια νέα μέθοδος για τη βελτίωση της γήρανσης των φιαλών. Μία από τις πρώτες εταιρείες που χρησιμοποίησαν αυτή τη νέα στρατηγική ήταν η ισπανική εταιρεία "CrusoeTreasure". Τα κρασιά αποθηκεύονται 20 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας για τουλάχιστον 6 μήνες, δημιουργώντας ένα κρασί με ευδιάκριτα αλατούχο άρωμα και υψηλό κόστος λιανικής (Sanz et al., 2012).

2.8 Νομοθεσία

Μόνο ένας μικρός αριθμός ξύλων, από τα πολλά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, επιτρέπονται επειδή είναι τα μόνα που δεν προσθέτουν ανεπιθύμητες χημικές ουσίες στο τελικό προϊόν. Αυτά είναι τα μόνα αναγνωρισμένα από το Διεθνή Οργανισμό Αμπέλου και Οίνου (OIV) (Ψήφισμα OENO 4/2005) και είναι της δρυός και της καστανιάς. Άλλες μέθοδοι δημιουργήθηκαν για να ξεπεραστούν τα μειονεκτήματα της ωρίμανσης του βαρελιού, τα οποία περιλαμβάνουν μεγάλους χρόνους και υψηλά έξοδα. Αυτό ισχύει για την πρακτική της προσθήκης τσιπς η οποία εφαρμόζεται για περισσότερα από 15 χρόνια και η χρήση της έχει ακόμη ρυθμιστεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Organisation Internationale de la Vigne et du Vin, 2015).

Ο Διεθνής Οινολογικός Κώδικας του Διεθνούς Οργανισμού Αμπέλου και Οίνου (OIV) (OENO 9/2001) και η Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (CE 1507/2006) διέπουν αυτή τη διαδικασία ωρίμανσης. Σύμφωνα με αυτόν τον κανόνα, μόνο τα είδη *Quercus* μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή τσιπς. Επίσης, κάθε έθνος έχει τους δικούς του ορισμούς και απαιτήσεις για τους μοναδικούς νόμους. Για παράδειγμα, στην ισπανική νομοθεσία, το άρθρο 18 του Real Decreto 1363/2011, της 7ης Οκτωβρίου, το οποίο αναπτύσσει τους κοινοτικούς κανονισμούς για την επισήμανση, την παρουσίαση και την αναγνώριση των λεπτομερειών των αμπελοοινικών προϊόντων, ο όρος "roble" (δρυς) αναφέρεται μόνο σε κρασιά παλαιωμένα σε δρύινα βαρέλια, ενώ ο όρος "barrica" (βαρέλι) μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν το δοχείο είναι από οποιοδήποτε είδος ξύλου. Αυτό το καθιστά

κρίσιμο χαρακτηριστικό, καθώς πολλές έρευνες επικεντρώνονται σε διάφορα είδη ξύλων για την παλαίωση του κρασιού που, ενώ δεν χρησιμοποιούνται τώρα, έχουν αποδείξει μεγάλη δυνατότητα χρήσης (OIV, 2019).

Υπάρχουν περαιτέρω προδιαγραφές για την πώληση βαρελιών κρασιού, όπως η ανάγκη αποκάλυψης της διάρκειας παλαίωσης του ξύλου και ο περιορισμός ότι τα βαρέλια δεν μπορούν να χωρέσουν περισσότερα από 600 L. Παρόλα αυτά, ο όρος "Barrel fermented" μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει κρασιά των οποίων η ζύμωση έχει πραγματοποιηθεί σε βαρέλια χωρίς να χρειάζεται να καθοριστεί ο χρόνος. Ο OIV δηλώνει ότι ο σκοπός της χρήσης τσιπς στην παλαίωση του κρασιού είναι να προσδώσει στο κρασί τις ιδιότητες ορισμένων στοιχείων ξύλου δρυός. Αυτά τα τσιπς πρέπει, ωστόσο, να πληρούν συγκεκριμένες απαιτήσεις, καθώς το ξύλο δρυός πρέπει να συμμορφώνεται με τις οδηγίες του Διεθνούς Οινολογικού Κώδικα (Organisation Internationale de la Vigne et du Vin, 2019).

Αποτελέσματα - Συμπεράσματα

Τα παλαιωμένα κρασιά διατηρούν τόσο υψηλή παραδοσιακή όσο και εμπορική αξία, αποτελώντας σημαντικό μερίδιο της παγκόσμιας οινοβιομηχανίας. Δεδομένου ότι προκαλεί αισθητές αλλαγές στο χημικό και αρωματικό χαρακτήρα των κρασιών, η διαδικασία παλαίωσης είναι μια κρίσιμη φάση στη διαδικασία οινοποίησης και είναι αυτή που παράγει κρασιά υψηλής ποιότητας. Ενώ η γαλλική και η αμερικανική βελανιδιά έχουν χρησιμοποιηθεί ιστορικά για την κατασκευή βαρελιών, τα συστατικά που μεταδίδονται στο κρασί εξαρτώνται από αυτά τα είδη (Stadler & Fischer, 2020).

Ωστόσο, εξετάζονται νέες δυνατότητες προκειμένου να επεκταθεί η χρήση διαφόρων ειδών ξύλων. Το καθήκον σήμερα είναι να βρεθούν εναλλακτικές προσεγγίσεις για τη μείωση του κόστους παραγωγής, τη βελτίωση των λειτουργιών υγιεινής και την επιτάχυνση της διαδικασίας. Τα βαρέλια, ωστόσο, παρουσιάζουν μια σειρά από μειονεκτήματα, όπως η διάρκεια ζωής και το υψηλό κόστος παραγωγής. Η χρήση διαφορετικών υλικών, η χρήση τσιπς σε συνδυασμό με μικροοξυγόνωση, καθώς και η χρήση άλλων φυσικών διεργασιών είναι όλες σήμερα δημοφιλείς μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την επιτάχυνση αυτής της διαδικασίας (Sánchez-Gómez et al., 2020).

Επιπλέον, επί του παρόντος, γίνεται έρευνα για τον εντοπισμό και τον χαρακτηρισμό του AC καθώς και της κινητικής του οξυγόνου στη γήρανση. Ως εκ τούτου, οι νέες προσεγγίσεις επικεντρώνονται σε δύο τομείς, την εύρεση νέων ξύλων

και τις σχετικές οργανοληπτικές ιδιότητές τους, καθώς και να κάνουν τη γήρανση του βαρελιού μια πιο προσιτή διαδικασία. Ιδιαίτερη σημασία έχει η δημιουργία υποκατάστατων συστημάτων που μπορούν να μιμηθούν ή να ενισχύσουν το αισθητηριακό προφίλ ενώ παράλληλα επιταχύνουν τη διαδικασία και μειώνουν το κόστος. Προκειμένου να κατανοηθεί πλήρως, να παρακολουθηθεί και να αναπαραχθεί η διαδικασία, η έρευνα επικεντρώνεται τώρα στην προσομοίωση κάρνης. Ωστόσο, τα βαρέλια εξακολουθούν να είναι η πιο γνωστή μέθοδος και είναι απίθανο να εξαφανιστούν εντελώς τα επόμενα χρόνια (Dumitriu et al., 2019).

Βιβλιογραφία

Ελληνική

Βαλαβανίδης, Ευσταθίου (2015). *Βανιλίνη*, εικόνα, διαθέσιμο στο: http://195.134.76.37/chemicals/chem_Vanillin.htm [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]

Δαβάκης (2023). *Η παλαιώση του κρασιού*, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://davakisanalysis.gr/ypiresies/chimikes-mikroviologikes-analyseis-krasioy/> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]

Μωραίτης (2023). *τσιπς ξύλου δρυός*, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://www.oinos-meli.gr/i/oinopoihtika/oinopoihtika-eidh/diafora-oinopoihtika/ksysma-dryos-1000gr/> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]

Περιοδικό ΟΙΝΟΛΟΓΙΑ, 2010. «*Μερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ωρίμανση των κρασιών*», σελ.30-32. Τεύχος 39ο.

Σταύρακας, Δ.Ε, 2015. *Αμπελογραφία*. Εκδ. Ζήτη, 274-277

Τα μυστικά του κήπου (2020). *Κερασιά*, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://www.mistikakipou.gr/kerasia-kalliergeia/> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]

Τσακίρης, Α.Ν, 2014. *Οινολογία - Από το σταφύλι στο κρασί*. Ψύχαλος, Αθήνα.

Τσακίρης, Α.Ν., 2005. *Οινολογία, Έρευνα & Εφαρμογές*, Εκδόσεις Ψίχαλου, Αθήνα

Τσέτουρας, Π, 2003. *Οινοτεχνία, η επιστήμη του κρασιού στην πράξη*. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα

Τσίτσας, Σ, 2009. «*Τ' αγριόδεντρα του βουνού και του λόγγου*». Έκδοση του Κέντρου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Μουζακίου Καρδίτσας.

Ξενόγλωσση

Afonso, V.L.G., 2006. Sensory Descriptive Analysis Between White Wines Fermented With Oak Chips and in Barrels. *Journal of Food Science*, 67(6): 2415-2419

- Alamy (2017). Γουαϊακόλη, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://www.alamy.com/stock-imageguaiacolaromaticmoleculeresponsibleforthesmokytaetasteofsmoked169067446.html> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Alanon, M.E., Diaz-Maroto, M., Perez-Coello, 2018. New Strategies to Improve Sensorial Quality of White Wine by Wood Contact. *Beverages*, 4 (4) : 91
- Ancín-Azpilicueta, C., Jiménez-Moreno, N., Sola-Larrañaga, C, 2019. Chapter 9—Wine. In *Innovations in Traditional Foods*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, pp. 221–256.
- Biocrick (2023). Μια άλλη ελλαγιταννίνη, η κασταλίνη που απαντάται στο ξύλο της δρυός, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://www.biocrick.com/Castalagin-BCN0307.html> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Black, C.A., Parker, M., Siebert, T.E., Capone, D.L., Francis, I.L., 2015. Terpenoids and their role in wine flavour: Recent advances. *Aust. J. Grape Wine Res.* 21, 582–600.
- Blacktailnyc (2023) Χημικά συστατικά των ερυθρών κρασιών εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://blacktailnyc.com/is-red-wine-a-mixture-or-compound/> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Boidron, J.N., Chatonnet, P., Pons, M, 1988. Influence Du Bois Sur Certaines Substances Odorantes Des Vins. *Connaiss. Vigne Vin* 22, 275.
- Boulton, R.B., Singleton, V.L., Bisson, L.F., Kunkee, R.E., Boulton, R.B., Singleton, V.L., Bisson, L.F., Kunkee, R.E, 1999. *Principles and Practices of Winemaking*. Springer; New York, NY, USA: 1999. Viticulture for Winemakers; pp. 13–64.
- Briscoe bites (2023) επίδραση του αρώματος εικόνα, διαθέσιμο στο: <http://briscoebites.com/oxidative-versus-reductive-winemaking/> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Cabrita, M.J., Dias, C.B., Freitas, A.M.C, 2011. Phenolic Acids, Phenolic Aldehydes and Furanic Derivatives in Oak Chips: American vs. French Oaks. *South African Journal For Enology and Viticulture*, 32 (2): 204-210
- Cadahía, E., Fernández de Simón, B., Sanz, M.; Poveda, P., Colio, J, 2009. Chemical and chromatic characteristics of Tempranillo, Cabernet Sauvignon and Merlot wines from DO Navarra aged in Spanish and French oak barrels. *Food Chem.* 115, 639–649.
- Caldeira, I., Clímaco, M.C., Bruno De Sousa, R., Belchior, A.P, 2006. Volatile composition of oak and chestnut woods used in brandy ageing: Modification induced by heat treatment. *J. Food Eng* 76, 202–211.

- Callejón, R.M., Torija, M.J., Mas, A., Morales, M.L., Troncoso, A.M., 2010. Changes of volatile compounds in wine vinegars during their elaboration in barrels made from different woods. *Food Chem* 120, 561–571.
- Canas, S., Caldeira, I., Mateus, A.M., Belchior, A.P., Clímaco, M.C., 2006. Bruno-de-Sousa, R. Effect of natural seasoning on the chemical composition of chestnut wood used for barrel making. *Ciência Técnica Vitivinica* 21, 1–16.
- Caudullo, G., Welk, E., San-Miguel-Ayanz, J., 2017. Chorological Maps for the Main European Woody Species. *Data Brief* 12, 662–666.
- Cerezo, A.B., Tesfaye, W., Torija, M.J., Mateo, E., García-Parrilla, M.C., Troncoso, A.M., 2008. The phenolic composition of red wine vinegar produced in barrels made from different woods. *Food Chem.* 109, 606–615.
- Chemical Portal (2023). Φουρφουράλες, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://chemicalportal.ru/compounds/furfurol/> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Chira, K., & Teissedre, P.-L., 2015. Chemical and sensory evaluation of wine matured in oak barrel: Effect of oak species involved and toasting process. *European Food Research and Technology*, 240(3), 533–547.
- Comuzzo, P., Battistutta, F., 2018. *Acidification and pH Control in Red Wines*. Elsevier; Amsterdam, The Netherlands: 2018.
- De Beer, D., Joubert, E., Marais, J., Manley, M., 2008. Effect of oxygenation during maturation on phenolic composition, total antioxidant capacity, colour and sensory quality of pinotage wine. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 2008;29:13–25.
- De Rosso, M., Cancian, D., Panighel, A., Dalla Vedova, A., Flamini, R., 2009. Chemical compounds released from five different woods used to make barrels for aging wines and spirits: Volatile compounds and polyphenols. *Wood Sci. Technol.* 43, 375–385.
- Domínguez, I.N., Del Alamo Sanza, M., 2019. Wine aging technologies. *Beverages*. 2019;5:24. doi: 10.3390/beverages5010024.
- Dumitriu G.D., Teodosiu, C., Gabur, I., Cotea, V.V., Peinado, R.A., de Lerma, N.L., 2019. Evaluation of aroma compounds in the process of wine ageing with oak chips. *Foods*. 2019;8:662. doi: 10.3390/foods8120662.

- Durner, D, 2016. *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages: Industrial Applications for Improving Food Color*. Woodhead Publishing; Cambridge, UK: 2016. Improvement and Stabilization of Red Wine Color; pp. 240–264.
- East coast wooden barrels (2023). *Φρυγάνισμα βαρελιού* εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://ecwbny.com/european-oak> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Echave, J., Barral, M., Fraga-Corral, M., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2021). Bottle Aging and Storage of Wines: A Review. *Molecules*, 26(3), 713. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/molecules26030713>
- Escalona, H., Birkmyre, L., Piggott, J.R., Paterson, A, 2002. Effect of maturation in small oak casks on the volatility of red wine aroma compounds. *Analytica Chimica Acta* 458, 45–54. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(01\)01538-0](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(01)01538-0)
- Frazier (2019). *Διαφορές μεταξύ λευκών και ερυθρών οίνων*, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://www.lovetoknow.com/food-drink/wine/wine-differences> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- García-Alcaraz, J.L., Flor Montalvo, F., Martínez Cámara, E., Sáenz-Diez Muro, J.C., Jiménez-Macías, E., Blanco-Fernández, J, 2020. Comparative environmental impact analysis of techniques for cleaning wood wine barrels. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2020;60:102301. doi: 10.1016/j.ifset.2020.102301.
- Le media de la vie locale (2023). *Ακακία*, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://www.francebleu.fr/emissions/conseils-bien-etre-d-isabelle-schillig/isere/l-acacia> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Lissi, E., Campos, A.M., Calderón, C., Lobato, S., López-Alarcón, C, 2014. *Effects of Aging on the Antioxidant Capacity of Red Wines*. Elsevier; Amsterdam, The Netherlands
- Matelma (2023). *Fraxinus (τέφρα)*, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://www.matelma.com/be-fr/encyclopedie-des-plantes/1676/fraxinus-excelsior> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Meygeia (2023). *Ξύλο βελανιδιάς*, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://meygeia.gr/ksylo-velanidias-charaktiristika-kai-kyries-chriseis/> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Nevarés, I., del Alamo, M., Gonzalez-Muñoz, C, 2010. Dissolved oxygen distribution during micro-oxygenation. Determination of representative measurement points in hydroalcoholic solution and wines. *Anal. Chim. Acta.* 2010;660:232–239. doi: 10.1016/j.aca.2009.09.048.

- Nsiklopedia Dunia (2023) Λακτόνες, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Lakton> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Νάνοjská, J., Brandes W., Nauer, S., Eder, R., Francakova, H,2012. Influence of different oak chips on aroma compounds in Wine, *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences.*, 1 (4) :957-971
- Oinoanalysis (2015). Συσκευή μικροξυγόνωσης, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://www.oinoanalysis.gr/page/9/mox> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Ortega-Heras, M., González-Sanjosé, M.L., González-Huerta, C,2007.Consideration of the influence of aging process, type of wine and oenological classic parameters on the levels of wood volatile compounds present in red wines. *Food Chem.* 2007;103:1434–1448. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.10.060.
- OVID (2023). Δρύινο βαρέλι, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://ovidnapavalley.com/essays/french-oak-barrel-selection/> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Puech, J.L,1987. Extraction of Phenolic Compounds from Oak Wood in Model Solution and Evolution of Aromatic Aldehydes in Wines Aged in Oak Barrels. *American Journal of Enology and Viticulture*, 38 (3) : 236-238
- Pyroscience (2023). μεταφορά οξυγόνου, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://www.pyroscience.com/en/applications/customer-reports/oxygen-in-wine-barrels> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Rodriguez, M.C., Pereira, A.G., Lage, M.A.P., Simal-Gandara, J,2020. Wine Aging Technology: Fundamental Role of Wood Barrels. *Foods*, 9 (9): 1160
- Μουριά, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://www.thes.gr/diatrofi/mouria-to-dentro-pou-ypotimoume-alla-agnooume-tis-evergetikes-tou-idiotites-foto/> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Vareli.gr. (2023) Δρύινο βαρέλι εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://www.vareli.gr/varelia.php> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Vivas, N, 2005.*Manual De Tonelería: Destinado A Usuarios De Toneles*; Mundi, Pre: Madrid, Spain]
- Whitegate (2023). Καστανιά, εικόνα, διαθέσιμο στο: <http://whitegate.gr/Products/ksuleia-kastanias-chestnut-timber/> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]
- Wine Folly (2017). Στα λευκά κρασιά σκουραίνει το χρώμα τους καθώς παλαιώνουν εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://www.facebook.com/WineFolly/photos/white-wines->

[increase-in-color-as-they-age/10155039838701543/](https://www.wineplus.gr/el/wineschool/%CE%A4%CE%B9%CF%80%CE%BF%CF%85%CF%80%CF%89%CF%82%CE%9C%CE%B1%CE%B8%CE%B1%CE%AF%CE%BD%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%A4%CE%B1%CE%B1%CF%81%CF%8E%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%85%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BF%CF%8D.24/) [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]

Wine plus (2023). ο κύκλος των αρωμάτων του κρασιού εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://wineplus.gr/el/wineschool/%CE%A4%CE%B9%CF%80%CE%BF%CF%85%CF%80%CF%89%CF%82%CE%9C%CE%B1%CE%B8%CE%B1%CE%AF%CE%BD%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%A4%CE%B1%CE%B1%CF%81%CF%8E%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%85%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BF%CF%8D.24/> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]

Wine Tasting Bliss (2017). Οινολάσπη, εικόνα, διαθέσιμο στο: <https://winetastingbliss.com/2017/09/wine-lees-explained/#> [Ημερομηνία πρόσβασης 15 Ιουνίου 2023]