

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

**ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΑ
ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΟΙΝΟΥ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ-ΕΛΕΝΗ ΜΠΟΥΚΑΡΑ



ΚΑΛΑΜΑΤΑ

2018

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

**ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΑ
ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΟΙΝΟΥ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ-ΕΛΕΝΗ ΜΠΟΥΚΑΡΑ

Εξεταστική επιτροπή:

- 1. Καπόλος Ιωάννης (επιβλέπων καθηγητής)**
- 2. Βαρζάκας Θεόδωρος**
- 3. Κουτρομπής Φώτιος**

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

2018

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την αγάπη, τη βοήθεια, την υποστήριξη και εμπιστοσύνη που μου έδειξε σε αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Επιβλέπων καθηγητή κ. Καπόλο Ιωάννη για την ουσιαστικά επιστημονική βοήθεια και καθοδήγηση που μου παρείχε. Οι σημαντικές υποδείξεις και συμβουλές του με κατεύθυναν ορθά καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της πτυχιακής μου εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμη, όλους τους καθηγητές του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πελοποννήσου για τις γνώσεις που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα τέλος να απευθύνω στον οινολόγο και οινοποιό κ. Κυριάκο Κορωνιώτη, για το ενδιαφέρον του και τις πολύτιμες πληροφορίες που μου μετέδωσε στα πλαίσια της πρακτικής μου άσκησης στο οινοποιείο του.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στην παρουσίαση των αρωματικών ενώσεων που διαμορφώνουν τον αρωματικό χαρακτήρα του οίνου και την μελέτη της προέλευσής τους. Το άρωμα του οίνου διακρίνεται σε πρωτογενές, δευτερογενές και τριτογενές και είναι αποτέλεσμα μεγάλου πλήθους χημικών ενώσεων που συντελούν καθεμία ξεχωριστά στην πολυπλοκότητα του τελικού αρώματος. Αρχικά, γίνεται μια αναφορά στις χημικές ενώσεις που περιέχονται στον οίνο και ευθύνονται μια καθεμία από τις προαναφερόμενες κατηγορίες αρώματος. Έπειτα, γίνεται αναλυτική περιγραφή των παραγόντων που επηρεάζουν την παρουσία και την ποσότητα των ενώσεων αυτών στους οίνους.

Λέξεις κλειδιά: οίνος, άρωμα, αρωματική ουσία-ένωση, όσφρηση-οσμή

ABSTRACT

The present diploma thesis focuses on the presentation of aromatic compounds that shape the aromatic character of wine and the study of its origins. The aroma of wine is distinguished in primary, secondary and tertiary and is the result of a large number of chemical compounds that each contribute to the complexity of the final result. Initially, reference is made to the chemical compounds contained in the wine and are responsible for each of the aforementioned flavor categories. After that, an analytical description of the factors affecting the presence and quantity of these compounds in wine is made.

Key words: wine, aroma, aromatic compound, smell-odor

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ ΑΡΩΜΑ ΟΙΝΟΥ	10
1.1 Κατηγορίες αρωματικών ενώσεων που διαμορφώνουν το πρωτογενές άρωμα	10
1.1.1 Τερπένια	10
1.1.2 Πυραζίνες	15
1.1.3 Πτητικές φαινολικές ενώσεις	17
1.1.4 Πτητικές θειόλες	18
1.1.5 Παράγωγα C13-νορισοπρενοειδών	19
1.2 Παράγοντες που επιδρούν στο πρωτογενές άρωμα του οίνου	21
1.2.1 Ποικιλία σταφυλιών	21
1.2.2 Εδαφοκλιματικοί παράγοντες	23
1.2.2.1 Κλίμα	23
1.2.2.2 Έδαφος	24
1.2.2.3 <i>Terroir</i>	25
1.2.3 Διαχείριση αμπελώνα	26
1.2.3.1 Άρδευση – Έλλειψη νερού – Αζωτούχος λίπανση	26
1.2.3.2 Χαλκούχα σκευάσματα	28
1.2.4 Ηλικία πρέμνου	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΣ ΑΡΩΜΑ ΟΙΝΟΥ	29
2.1 Κατηγορίες αρωματικών ενώσεων που διαμορφώνουν το δευτερογενές άρωμα	29
2.1.1 Αλκοόλες	29
2.1.2 Εστέρες	31
2.1.3 Λιπαρά οξέα	34
2.1.4 Θειούχες ενώσεις	35
2.1.5 Καρβονυλικές ενώσεις	37
2.1.6 Αζωτούχες ενώσεις	37
2.2 Παράγοντες που επιδρούν στο δευτερογενές άρωμα του οίνου	38
2.2.1 Αλκοολική ζύμωση	38
2.2.1.1 Είδος ζυμομύκητα	39
2.2.1.2 Σύσταση γλεύκους	40
2.2.1.3 Χειρισμοί κατά την οινοποίηση	41

2.2.2 Μηλογαλακτική ζύμωση	43
2.2.3 Άλλες μικροβιακές δράσεις (Δευτερογενείς ζυμώσεις – εκτροπές οίνου)	43
2.2.3.1 Δράσεις γαλακτικών βακτηρίων	43
2.2.4 Αλληλεπιδράσεις συστατικών του οίνου	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΡΙΤΟΓΕΝΕΣ ΑΡΩΜΑ ΟΙΝΟΥ.....	46
3.1 Κατηγορίες αρωματικών ενώσεων που διαμορφώνουν το τριτογενές άρωμα.....	47
3.1.1 Λακτόνες: β -μέθυλο-γ-οκταλακτόνη	47
3.1.2 Φαινολικές αλδεΐδες και πτητικές φαινόλες	48
3.1.3 Ευγενόλη.....	50
3.1.4 Αλδεΐδες.....	51
3.1.5. Νορισοπρενοειδείς ενώσεις	51
3.1.6. Φουρανικά παράγωγα	52
3.2 Παράγοντες που επιδρούν στο τριτογενές άρωμα του οίνου.....	52
3.2.1 Οξειδωτική παλαίωση.....	53
3.2.1.1 Είδος βαρελιού.....	55
3.2.1.2 Χειρισμοί κατά την παλαίωση.....	56
3.2.2 Αναγωγική παλαίωση.....	57
3.2.3 Συνθήκες αποθήκευσης.....	59
3.2.3.1 Επίδραση υψηλών θερμοκρασιών στα πτητικά συστατικά	61
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	68

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Τερπένια	11
Πίνακας 2. Συγκεντρώσεις πτητικών θειολών (ng/L)	18
Πίνακας 3. Συγκεντρωτικός πίνακας αλκοολών που περιέχονται στο κρασί .	29
Πίνακας 4. Θειούχες ουσίες και οι δυσμενείς οσμές τους	34

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Τα κυριότερα τερπένια των σταφυλιών	12
Εικόνα 2. Αρώματα που χαρακτηρίζουν τις ποικιλίες Sauvignon blanc, Riesling και Chardonnay	22
Εικόνα 3. Οι σημαντικότερες αλκοόλες των οίνων	28
Εικόνα 4. Υδρόλυση γλυκοσιδικών πρόδρομων αρωματικών ενώσεων	41
Εικόνα 5. Β-μέθυλο-γ-οκταλακτόνη	43
Εικόνα 6. Πτητικές φαινόλες που εκχυλίζονται από το ξύλο δρυός	44
Εικόνα 7. Μετατροπή φερουλικού και κουμαρικού οξέος σε πτητικές φαινόλες	45
Εικόνα 8. Ευγενόλη	46
Εικόνα 9. β-ιονόνη	47
Εικόνα 10. Φουρανικά παράγωγα	49
Εικόνα 11. Οι ενώσεις TDN και βιτισπιράνιο	60

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το άρωμα μπορεί να οριστεί τόσο από αισθητηριακή, όσο και χημική άποψη. Από αισθητηριακή άποψη το άρωμα αντιστοιχεί στο σύνολο των οσφρηντικών αισθημάτων που ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται μέσω της ρινικής ή της πισωρινικής οδού κατά την κατάποση, ενώ από χημική άποψη αντιστοιχεί στο σύνολο των πτητικών ενώσεων που προκαλούν αυτά τα οσφρηντικά αισθήματα. Έτσι, οι αρωματικές ενώσεις είναι οι ενώσεις που έχουν οσμή και μπορούν να γίνουν αντιληπτές από το αισθητήριο της όσφρησης (Τσακίρης, 2014). Εκατομμύρια οσφρητικά αισθητήρια νεύρων, εφάπτονται στους οσφρητικούς υποδοχείς που υπάρχουν στο ανθρώπινο οσφρητικό επιθήλιο. Κάθε ένα οσφρητικό αισθητήριο, μπορεί να αντιληφθεί πολλές ενώσεις με κοινές λειτουργικές ομάδες. Η οσμή, ουσιαστικά, είναι μια ηλεκτροφυσιολογική και βιολογική διεργασία που αλλάζει τη μοριακή πληροφορία ενός αρώματος σε αντιληπτική αντίδραση. Έχουν αναγνωρισθεί 347 εν δυνάμει λειτουργικά γονίδια οσφρητικών υποδοχέων, τα οποία επιτρέπουν στους ανθρώπους να αναγνωρίσουν χιλιάδες αρωματικές ενώσεις που υπάρχουν στη φύση (Βουκίδης, 2014).

Η πτητικότητα των αρωματικών ενώσεων, είναι η ικανότητα μιας ένωσης πάνω από μία συγκεκριμένη συγκέντρωση, να γίνει αντιληπτή από τα αισθητήρια της όσφρησης (Τσακίρης, 2014). Η γνώση της πτητικής σύνθεσης ενός κρασιού έχει μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς αυτές οι ενώσεις σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με τη γεύση του. Η αντίληψη της γεύσης και του αρώματος του κρασιού είναι το αποτέλεσμα πλήθους αλληλεπιδράσεων μεταξύ μεγάλου αριθμού χημικών ενώσεων και αισθητηριακών υποδοχέων (Styger *et al.* 2011). Αν και εκατοντάδες χημικές ενώσεις έχουν εντοπιστεί στα σταφύλια και τους οίνους, μόνο λίγες από αυτές συμβάλλουν πραγματικά στην αισθητική αντίληψη της γεύσης του κρασιού (Polášková *et al.* 2008).

Μέσω της οργανοληπτικής αξιολόγησης του οίνου μπορούν να αξιολογηθούν τα αρωματικά χαρακτηριστικά. Στη διαδικασία της οργανοληπτικής εξέτασης συμμετέχουν τόσο η όραση, όσο και η όσφρηση και γεύση και η σπουδαιότητα της στον καθορισμό της ποιότητας του οίνου φαίνεται από το γεγονός ότι από το 1979 για να αποδοθεί η ονομασία

προέλευσης σε έναν οίνο απαιτείται και η διεξαγωγή οργανοληπτικής εξέτασης, πέρα από τις απαραίτητες αναλύσεις και ελέγχους που πραγματοποιούνται. Η οργανοληπτική εξέταση από έναν οινολόγο είναι λεπτομερής και προσεκτική, πιθανόν περισσότερο σε σύγκριση με άλλες κατηγορίες δοκιμαστών, καθώς μπορεί να αναζητά τις αιτίες ή τις πηγές προέλευσης ορισμένων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στα στάδια παραγωγής και διατήρησης του προϊόντος (Σουφλερός, 2009).

Με την όσφρηση του οίνου αξιολογείται το ποικιλιακό άρωμα (άρωμα του σταφυλιού), το δευτερεύον άρωμα (άρωμα της ζύμωσης) και το τριτεύον άρωμα ή μπουκέτο (*bouquet*), που είναι προϊόν της παλαίωσης του οίνου. Οι πληροφορίες που παίρνει ο δοκιμαστής από τις οσμές που αντιλαμβάνεται σχετίζονται τόσο με την οινοποίηση και τον τρόπο διατήρησης και μεταχείρισης του οίνου, όσο και τυχόν ανεπιθύμητες ζυμώσεις που μπορεί να πραγματοποιήθηκαν. Ορισμένοι τύποι οίνων, μάλιστα, μπορούν να διακριθούν αποκλειστικά και μόνο από το άρωμά τους. Αρχικά, ο οίνος οσφραίνεται παρατεταμένα ακίνητος. Στη συνέχεια, για την αποτελεσματική όσφρηση του οίνου συνιστάται η περιστροφική ανακίνηση του ποτηριού, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη μεγέθυνση της επιφάνειας εξάτμισης και συνεπώς τη μεγαλύτερη απελευθέρωση αρώματος. Η γεύση του οίνου αξιολογείται μετά από περιστροφή του οίνου στο στόμα και απομάκρυνση του (Σουφλερός, 2009). Οι Darici et al. [13] που αξιολόγησαν το άρωμα ενός κρασιού Çalkarası rosé από την Τουρκία με οργανοληπτική αξιολόγηση, αέρια χρωματογραφία-ολφακτομετρία (Gas Chromatography – Olfactometry - GC-O) και τέσσερις ποσοτικές μεθόδους διαπίστωσαν ότι το άρωμα του οίνου έδειξε ένα περίπλοκο προφίλ με 28 ενώσεις που προσδιορίστηκαν πάνω από το κατώφλι αναγνώρισης της οσμής τους, δηλαδή την χαμηλότερη συγκέντρωση στην οποία γίνεται αντιληπτή μία οσμή από ένα άτομο (Zhu et al. 2016).

Ωστόσο, δεν συμβάλλουν όλες οι ενώσεις στον ίδιο βαθμό στο άρωμα του οίνου. Στην πραγματικότητα, εάν η αναλογία συγκέντρωσης / οσφρητικού κατωφλίου από κάθε ένωση γνωστή ως "τιμή δραστηριότητας οσμής" (OAV) είναι ≥ 1 , αυτό επιτρέπει την εκτίμηση της συνεισφοράς κάθε ένωσης στο άρωμα του κρασιού (Zalacain et al. 2007).

Ένα κρασί, ονομάζεται αρωματικό, όταν είναι ικανό να δώσει αρώματα τόσο του σταφυλιού, όσο και αρώματα που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και της παλαίωσης. Το άρωμα του κρασιού διακρίνεται στο πρωτογενές, που είναι χαρακτηριστικό της κάθε ποικιλίας, στο δευτερογενές που δημιουργείται κατά τη διάρκεια των ζυμώσεων και στο τριτογενές που δημιουργείται κατά τη διατήρηση και παλαίωση των οίνων.

Ανώτερες αλκοόλες, οξέα και εστέρες κυριαρχούν ποσοτικά στο άρωμα του κρασιού και είναι σημαντικές για τις οργανοληπτικές ιδιότητες και την ποιότητα του οίνου. Μικρές ποσότητες ανώτερων αλκοολών συμβάλλουν θετικά στην ποιότητα του κρασιού, ενώ υψηλές ποσότητες ενδέχεται να έχουν αρνητική επίδραση. Οι εστέρες συμβάλλουν στην οσμή του κρασιού και σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις λιπαρών οξέων δίνουν έντονα αισθητή οσμή (Zhu *et al.* 2016).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ ΑΡΩΜΑ ΟΙΝΟΥ

Τα πρωτογενή ή ποικιλιακά αρώματα αποκαλύπτουν τα ιδιαίτερα αρωματικά χαρακτηριστικά της κάθε ποικιλίας αμπέλου, τα οποία επηρεάζονται από τις κλιματικές συνθήκες που έχουν επικρατήσει, κυρίως, κατά την χρονική περίοδο της ωρίμανσης, από την υγιεινή κατάσταση του σταφυλιού και από το βαθμό ωριμότητάς του. Οι τάξεις χημικών ενώσεων που υπάρχουν στο σταφύλι είναι τα τερπένια, οι πυραζίνες, οι φαινολικές ενώσεις και αλκοόλες, όπως μεθανόλη και εξανόλη. Από αυτές, τα τερπένια, οι πυραζίνες και οι αλκοόλες επηρεάζουν το άρωμα του οίνου.

Οι ενώσεις που επηρεάζουν το πρωτογενές ή ποικιλιακό άρωμα των οίνων βρίσκονται στους οίνους είτε ως ελεύθερες μορφές, οι οποίες μπορούν να συμβάλλουν άμεσα στην οσμή, είτε, σε πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, ως μη πτητικές μορφές, συχνά συζευγμένες με σάκχαρα. Αυτές οι μορφές μπορούν να υδρολυθούν κυρίως με οξέα, ένζυμα ή κατά την παλαίωση του κρασιού, δίνοντας αγλυκόνες, όπως τερπένια, C13-νορισοπρενοειδή, παράγωγα βενζολίου και αλειφατικές αλκοόλες που δεν υπάρχουν πάντα σε όλες τις ποικιλίες *V. vinifera*. Αυτές οι ενώσεις έχουν μεγάλη σημασία επειδή διαδραματίζουν βασικό ρόλο στη διαφοροποίηση των οίνων ανάλογα με τις διάφορες ποικιλίες σταφυλιών που χρησιμοποιούνται για την οινοποίηση (Ribereau-Gayon *et al.* 2006).

1.1 Κατηγορίες αρωματικών ενώσεων που διαμορφώνουν το πρωτογενές άρωμα

1.1.1 Τερπένια

Τα τερπένια, ανήκουν στις αρωματικές ενώσεις και προσδιορίζουν τον πρωτεύοντα αρωματικό χαρακτήρα κάποιων ποικιλιών, όπως οι ποικιλίες Μοσχάτο, Riesling κ.α.. Αν και οι περισσότερες ενώσεις βρίσκονται στο κρασί, οι τερπενικές ουσίες προέρχονται από τα σταφύλια. Τα τερπένια εντοπίστηκαν στον οίνο, σε μοσχάτες ποικιλίες, το 1956 με τη μέθοδο χρωματογραφίας

λεπτής στιβάδας. Στη συνέχεια, με την εξέλιξη των αναλυτικών μεθόδων, οι τερπενικές ενώσεις, βρέθηκαν και σε άλλες ποικιλίες (Τσακίρης, 2014).

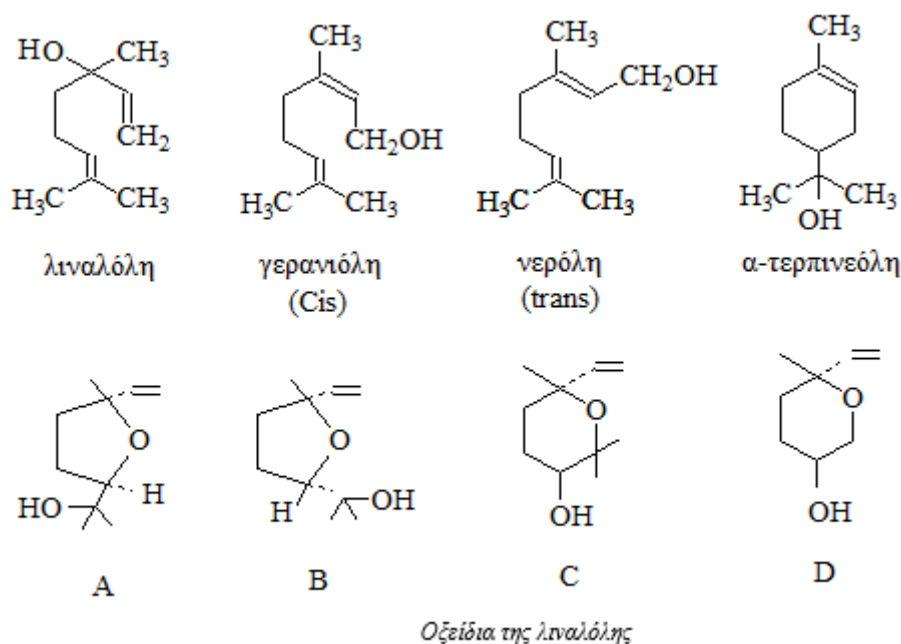
Όλες οι τερπενικές ουσίες προέρχονται από την ένωση περισσότερων ανθρακικών ενώσεων με πέντε άτομα άνθρακα (C5) που έχουν το διακλαδισμένο ανθρακικό σκελετό του ισοπρενίου ή ισοπεντανίου (C5). Η κατάταξή τους γίνεται σύμφωνα με τον αριθμό των μονάδων που έχουν στο μόριό τους. Συνεπώς, τερπένια με δέκα άτομα άνθρακα στο μόριό τους ονομάζονται μονοτερπένια (Πίνακας 1), ενώ ουσίες με τρεις δομικές μονάδες ανήκουν στα σεσκιτερπένια, ενώσεις με είκοσι άτομα άνθρακα αποτελούν τα διτερπένια. Πιο μεγάλα μόρια τερπενίων είναι τα τριτερπένια με τριάντα άτομα άνθρακα, τα τετρατερπένια με σαράντα άτομα άνθρακα και τα πολυτερπένια με n ισοπρενικές μονάδες (n>20) (Σύμπουρα, 2009).

Πίνακας 1. Τερπένια

Αριθμός ατόμων άνθρακα	Τύπος βασικού ανθρακικού σκελετού	Κατηγορία ενώσεων	Χαρακτηριστικοί αντιπρόσωποι
5	C ₅ H ₈	Ισοπρένιο	Ισοπεντενυλοφωσφοτικό
10	C ₁₀ H ₁₆	Μονοτερπένια	Αιθέρια έλαια
15	C ₁₅ H ₂₄	Σεσκιτερπένια	Αιθέρια έλαια, ρητίνες, αμπισικό οξύ
20	C ₂₀ H ₃₂	Διτερπένια	Αιθέρια έλαια, ρητίνες, γιββεριλλινικό οξύ
30	C ₃₀ H ₄₈	Τριτερπένια	Ρητίνες, ελαστικό κόμμι
40	C ₄₀ H ₆₄	Τετρατερπένια	Καροτενοειδή, φυτοένιο
n	(C ₅ H ₈) _n	Πολυτερπένια	Ελαστικό κόμμι, γουταπέρκα

Πηγή: Σύμπουρα, 2009

Στον φυσικό κόσμο, υπάρχουν τουλάχιστον 4.000 τερπενικές ενώσεις, στις οποίες οφείλεται και το άρωμα των λουλουδιών, των φύλλων, του ξύλου, των φρούτων και των σπόρων. Στους οίνους έχουν εντοπισθεί περισσότερα από 70 τερπενοειδή. Αποτελούν την πιο πολυάριθμη ομάδα των δευτερογενών μεταβολιτών, με κοινή βιοσυνθετική προέλευση και είναι αδιάλυτες στο νερό. Οι ενώσεις που έχουν ανιχνευτεί και παρουσιάζουν ενδιαφέρον στο κρασί, είναι τα σесκιτερπένια και τα μονοτερπένια. Τα μονοτερπένια εμφανίζονται με διάφορες μορφές, δηλαδή ως υδρογονάνθρακες, αλδεΐδες, εστέρες και αλκοόλες, όπως γερανιόλη, νερόλη, λιναλόλη, κιτρονελλόλη, α-τερπινεόλη και τέσσερα οξείδια A, B, C, D της λιναλόλης (Εικόνα 1). Οι οσφρητικές ουσίες που εκλύονται παραπέμπουν σε εσπεριδοειδή και λουλούδια, κυρίως τριαντάφυλλο (Lambropoulos and Roussis, 2007).



Εικόνα 1. Τα κυριότερα τερπένια των σταφυλιών (Σουφλερός, 2012)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αυτές οι ουσίες βρίσκονται στα σταφύλια και κυρίως στο φλοιό της ράγας. Η αναλογία και η μορφή τους αλλάζει κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του σταφυλιού και της παλαίωσης του οίνου. Ειδικότερα αυξάνονται ποσοτικά κατά το στάδιο της ωρίμανσης των σταφυλιών για να μειωθούν κατά τη διάρκεια της υπερωρίμανσης. Κάτι ακόμη που αξίζει

να σημειωθεί, είναι πως η προσβολή των σταφυλιών από φαιά σήψη, καταφέρει και μετασχηματίζει αρκετές από τις τερπενικές ενώσεις, με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιεί την περιεκτικότητά τους στη ράγα, επηρεάζοντας έτσι το ποικιλιακό άρωμα. Μερικές αλκοόλες μετασχηματίζονται σε οξείδια με μεγαλύτερο κατώφλι αντίληψης και δε συμβάλουν στον αρωματικό χαρακτήρα του κρασιού, ενώ άλλα τερπένια μετατρέπονται σε κετόνες, όπως οι α- και β-ιονόνη, τα οποία προσδίδουν το άρωμα της βιολέτας (Δήμου, 2012). Για παράδειγμα, η γερανιόλη και η νερόλη μετατρέπονται εύκολα σε α-τερπινεόλη, η οποία είναι ένωση λιγότερο αρωματική, ενώ η λιναλόλη μετατρέπεται στα οξείδιά της (A, B, C, D), των οποίων επίσης το άρωμα είναι πιο αδύνατο (Σουφλερός, 2012).

Οι αλκοόλες κιτρονελλόλη, λιναλόλη και γερανιόλη ελαττώνονται όσο αυξάνεται ο χρόνος παλαίωσης. Φυσικά δεν έχουν όλες οι τερπενικές ουσίες ευχάριστο άρωμα. Για παράδειγμα, κάποια σεσκιτερπένια που παράγονται από την ανάπτυξη του μύκητα *Penicillium roquefortii* και από είδη *Streptomyces* δίνουν αρκετά δυσάρεστες οσμές (Δήμου, 2012).

Οι μονοτερπενικές αλκοόλες βρίσκονται κυρίως στα σταφύλια και στους λευκούς οίνους που προέρχονται από μοσχάτες ποικιλίες, όπως το Muscat de Frontignan (που ονομάζεται επίσης Muscat à Petits Grains ή Muscat d'Alsace), το Μοσχάτο Αλεξανδρείας (που ονομάζεται επίσης Muscat à Gros Grains, Muscat d'Otonel, Μοσχάτο άσπρο του Piemonte, κλπ), καθώς και στις ποικιλίες που αποτελούν διασταύρωση ανάμεσα στο Μοσχάτο Αλεξανδρείας και άλλες ποικιλίες, όπως για παράδειγμα το Μοσχάτο Αμβούργου και η ποικιλία Torrontes που καλλιεργείται στην Αργεντινή, δίνοντας ιδιαίτερο οργανοληπτικό χαρακτήρα και προσδίδοντας αρωματικό πλούτο στους παραγόμενους οίνους, καθώς οι συγκεντρώσεις των μονοτερπενίων στους παραγόμενους οίνους ξεπερνούν το αντίστοιχο κατώφλι αίχνευσης των ουσιών (δηλαδή την συγκέντρωση της ουσίας όπου είναι δυνατή η ανίχνευση διαφοράς ανάμεσα σε δύο δείγματα) (Darriet et al. 2012). Στην ποικιλία Μοσχάτο έχουν βρεθεί πολλά τερπένια όπως ορπιενόλη, κιτρονελλόλη, τερπινεόλη-4, σολανόνη, σαφρόλη, φαρνεσόλη, λιμονένιο κλπ. (Σουφλερός, 2012).

Τα μονοτερπένια έχουν περισσότερο ή λιγότερο έντονη επίδραση και στο άρωμα των σταφυλιών και οίνων που προκύπτουν από τις ποικιλίες Gewürztraminer, Albariño, Scheurebe και Auxerrois, και σε κάποιο βαθμό και στο άρωμα των ποικιλιών Riesling, Muscadelle και ορισμένων κλώνων Chardonnay. Αυτές οι μονοτερπενικές αλκοόλες συχνά απαντώνται σε πολλές ποικιλίες (π.χ. Sauvignon, Syrah, Cabernet Sauvignon, κλπ.) σε επίπεδα γενικότερα πιο χαμηλά από το κατώφλι αναγνώρισης των οσμών (Darriet et al. 2012).

Τα τερπένια βρίσκονται κυρίως στους λευκούς οίνους που προέρχονται από μοσχάτες ποικιλίες, δίνοντας ιδιαίτερο οργανοληπτικό χαρακτήρα και προσδίδοντας αρωματικό πλούτο στους παραγόμενους οίνους. Στην ποικιλία Μοσχάτο έχουν βρεθεί πολλά τερπένια όπως ορτιενόλη, κιτρονελλόλη, τερπινενόλη-4, σολανόνη, σαφρόλη, φαρνεσόλη, λιμονένιο κλπ. (Σουφλερός, 2012).

Το περιεχόμενο σε τερπένια εξαρτάται από την ποικιλία της αμπέλου και δεν επηρεάζεται από την τεχνική οινοποίησης. Γι' αυτό αποδείχθηκε ότι η διαφοροποίηση των ποικιλιών αμπέλου, μπορεί να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τα τερπένια, μέσω στατιστικής επεξεργασίας, αντί των αρωμάτων που προκύπτουν από τη ζύμωση. Οι ερυθρές ποικιλίες χαρακτηρίζονται από χαμηλά επίπεδα τερπενίων. (Βουκίδης, 2014). Ακόμη, πολλά γονίδια που παίρνουν μέρος στο μεταβολισμό των ισοπρενίων και τερπενίων έχουν ταυτοποιηθεί σε σταφύλια, κάτι που φανερώνει σπουδαίο ρόλο των τερπενοειδών στην εξέλιξη των σταφυλιών ή/και σε αντοχή από ασθένειες και εχθρούς (Βουκίδης, 2014).

Η βιοσύνθεση των μονοτερπενίων εμφανίζεται κατά την ωρίμανση των σταφυλιών, καθώς οι ενώσεις αυτές εντοπίζονται κυρίως στο φλοιό της ράγας. Οι απόψεις δίστανται ανάμεσα στους ερευνητές σε σχέση με τη συγκέντρωσή τους, καθώς άλλοι υποστηρίζουν ότι υπάρχει συνεχής συσσώρευση μονοτερπενίων και άλλοι μείωση των ελεύθερων μονοτερπενίων πριν από την πλήρη συσσώρευση των σακχάρων στα σταφύλια. Οι συνθήκες ωρίμανσης και ιδιαίτερα η έκθεση τους σε υψηλές θερμοκρασίες και φως κατά τη διάρκεια της περιόδου ωρίμανσης επηρεάζουν τα επίπεδα μονοτερπενίων στα σταφύλια,

ενώ η μη υπερβολική έκθεση είναι ευνοϊκή για αυξημένα επίπεδα πτητικών μονοτερπενίων κατά την ωρίμανση των σταφυλιών. Η ανάπτυξη του *Botrytis cinerea* στα σταφύλια μπορεί επίσης να μεταβάλει τη σύνθεση των μονοτερπενίων σταφυλιών με αποικοδόμηση των κύριων μονοτερπενικών αλκοολών και των οξειδίων τους σε γενικά λιγότερο οσμηρά συστατικά. Εργαστηριακά πειράματα κατέδειξαν ότι η λιναλοόλη μετατρέπεται σε λιλική (lilac) αλκοόλη και αλδεΐδη, ενώ η 8-υδροξυ λιναλοόλη μπορεί επίσης να σχηματιστεί με τη δράση των ενζύμων που εκκρίνονται από τον *B. cinerea* (Darriet et al. 2012).

Βέβαια, υπάρχουν και ποικιλίες όπως το Μοσχάτο Αλεξανδρείας, όπου τα πιο πολλά τερπένια ανιχνεύονται στη σάρκα των σταφυλιών, κάτι το οποίο δείχνει ότι δεν είναι αναγκαίο να παραμένουν, σε επαφή, τα στέμφυλα με το χυμό.

Η ζύμωση μεταβάλλει σημαντικά τη μονοτερπενική σύνθεση των σταφυλιών μέσω των χημικών και των μικροβιολογικών διεργασιών (Darriet et al. 2012). Επίσης, κατά την παλαίωση των οίνων, η σύσταση και το περιεχόμενο σε τερπένια μεταβάλλεται και όσο περνάει ο χρόνος η ποσότητα των τερπενίων ελαχιστοποιείται (Βουκίδης, 2014).

1.1.2 Πυραζίνες

Οι μεθοξυπυραζίνες ή πυραζίνες προσδιορίστηκαν σχετικά πρόσφατα στους οίνους, το 1975 (Τσακίρης, 2014). Είναι ετεροκυκλικές ενώσεις και στο μόριο τους περιέχουν άζωτο. Βρίσκονται κυρίως στο φλοιό των ραγών των κόκκινων σταφυλιών και εκχυλίζονται κατά την οινοποίησή τους. Ουσίες υπεύθυνες για τα αρώματα της πράσινης πιπεριάς, του σπαραγγιού ή μπιζελιού, και γενικά του χορτώδη αρωματικού χαρακτήρα που προσδίδουν οι πυραζίνες στο κρασί είναι οι 3-αλκυλο-2-μεθοξυπυραζίνες, που περιλαμβάνουν την 3-ισοπροπυλο-2-μεθοξυπυραζίνη, τη δευτερο-βουτυλο-2-μεθοξυπυραζίνη, και τη 3-ισοβούτυλο-2-μεθοξυπυραζίνη (IBMP). Όλες αυτές οι ενώσεις ανιχνεύονται σε ιδιαίτερα χαμηλές συγκεντρώσεις (ng/L) στους οίνους (Δρόσου, 2017).

Μεταξύ αυτών των μεθοξυπυραζινών, η 3-ισοβουτύλο-2-μεθοξυπυραζίνη είναι αυτή που απαντάται συχνότερα και η πλέον πιθανή να συνεισφέρει στο χορτώδες άρωμα των σταφυλιών της ποικιλίας Sauvignon Blanc, όπου έχει προσδιοριστεί σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 0,5 έως 40 ng/L (Darriet et al. 2012).

Στην αρχή, οι πυραζίνες, είχαν ανιχνευθεί στην πράσινη πιπεριά και στις καυτερές πιπεριές, στο τυρί, την πατάτα, το μπιζέλι και το σπαράγγι. Πλέον όμως, είναι γνωστό ότι αυτές οι ουσίες αν και σε μικρή περιεκτικότητα, δίνουν ένα ξεχωριστό άρωμα στο κρασί και είναι χαρακτηριστικό κάποιων ποικιλιών αμπέλου. Για παράδειγμα, στους οίνους της ποικιλίας Sauvignon Blanc που παράγονται στην περιοχή Marlborough οι μεθοξυπυραζίνες είναι υπεύθυνες για το χαρακτηριστικό έντονο άρωμα τους (Jouanneau et al. 2012). Η βιοσύνθεση των μεθοξυπυραζινών στα σταφύλια, ιδιαίτερα της IBMP, δεν έχει ακόμη χαρακτηριστεί και η προτεινόμενη βιοσυνθετική οδός αναφέρεται στη μικροβιακή σύνθεση (Darriet et al. 2012).

Η 3-ισοβουτύλο-2-μεθοξυπυραζίνη εμφανίζεται στις ταξιανθίες λίγες ημέρες μετά την άνθηση και οι συγκεντρώσεις αυξάνονται μέχρι τον περκασμό, ενώ μειώνονται κατά την περίοδο ωρίμανσης. Παρόλα αυτά η βιοσύνθεση της ουσίας συνεχίζεται στα φύλλα της βάσης.

Τέλος, οι συγκεντρώσεις των πυραζινών εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τις κλιματικές συνθήκες (Κοντοκώστας, 2011). Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η συγκέντρωση της ουσίας επηρεάζεται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, καθώς και τις εφαρμοζόμενες αμπελοκομικές τεχνικές (Darriet et al. 2012). Πιο συγκεκριμένα, χαμηλότερες συγκεντρώσεις έχουν εντοπιστεί σε σταφύλια που ωρίμασαν σε υψηλότερες θερμοκρασίες (Allen et al. 1993) ενώ οι Falcão et al. (2007) διαπίστωσαν ότι την παρουσία μεγαλύτερων συγκεντρώσεων IBMP σε σταφύλια που προήλθαν από μεγαλύτερο υψόμετρο. Η συγκεκριμένη ένωση παρουσιάζει ευαισθησία στην ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία, η οποία προκαλεί την αποικοδόμηση της και το σχηματισμό 2-μέθοξυ-3-μεθυλοπυραζίνης, μία ένωση που είναι λιγότερο οσμηρή. Άλλοι αμπελοκομικοί παράγοντες, όπως η πρώιμη απομάκρυνση των φύλλων της βάσεως, οι αποδόσεις και η διαθεσιμότητα νερού και αζώτου φαίνεται ότι έχουν αντίκτυπο στην δημιουργία

του IBMP. Το περιεχόμενο IBMP σε ώριμα σταφύλια μπορεί επίσης να ποικίλει σημαντικά ανάλογα με την κλωνική προέλευση των αμπέλων. Επιπλέον, η ανίχνευση του IPMP στους οίνους μπορεί να σχετίζεται με τη μόλυνση των σταφυλιών κατά τη συγκομιδή από το έντομο *H. axyridis*, ένα έντομο εισήχθη για τον βιολογικό έλεγχο των αφιδών (Darriet et al. 2012).

1.1.3 Πτητικές φαινολικές ενώσεις

Οι φαινολικές ουσίες που περιλαμβάνονται στο κρασί, κατά κύριο λόγο, προέρχονται από τα σταφύλια, τα οποία επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η ποικιλία, η ωρίμανση του σταφυλιού, το φως, η διαθεσιμότητα σε νερό, τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους, οι μεταβολές στους εχθρούς και τις ασθένειες. Ακόμη, το φαινολικό περιεχόμενο των οίνων, επηρεάζεται και από διάφορες οινολογικές πρακτικές, καθώς και από τη διάρκεια των ζυμώσεων, αλλά και της παλαίωσης (Δήμου, 2012).

Βέβαια, τα φαινολικά οξέα, όπως είναι το καφεϊκό οξύ, δεν είναι ουσίες όσφρησης, όμως μέσα από κάποιες χημικές αντιδράσεις, μπορούν να μετατραπούν σε ενώσεις που δίνουν αρώματα καπνού, δέρματος ή ξύλου. Συνήθως, αυτά τα αρώματα δε διακρίνονται εύκολα, διότι καλύπτονται από άλλες ουσίες. Διαφοροποιούνται ανάλογα με την ποικιλία της αμπέλου, ενώ ένα μέρος τους χάνεται λόγω οξειδώσεων. Κάποιες φαινόλες, είναι εστεροποιημένες με τρυγικό οξύ και άλλες είναι ενωμένες με γλυκόζη. Επίσης, οι ζύμες μπορούν να τις αποκαρβοξυλιώσουν δίνοντας πτητικά παραπροϊόντα. Πτητικές φαινόλες μπορούν να παραχθούν και με ενζυμική υδρόλυση.

Τέλος, ο κινναμμωνικός αιθυλεστέρας, ο οποίος έχει πολύ χαμηλό κατώφλι όσφρησης, παράγεται όπως και άλλες ενώσεις από την εστεροποίηση των φαινολικών οξέων. Αυτές οι ενώσεις, συμβάλλουν στο χαρακτηρισμό των ποικιλιών (Τσακίρης, 2014).

1.1.4 Πτητικές θειόλες

Οι θειόλες είναι ενώσεις που περιέχουν θείο, με μια ομάδα σουλφυδριλίου (-SH) προσαρτημένη σε ένα άτομο άνθρακα στη χημική δομή τους. Η προσθήκη μιας ομάδας θειόλης σε ένα μόριο με μέσες οργανοληπτικές ιδιότητες μπορεί να το μετασχηματίσει σε μια εξαιρετικά ισχυρή ένωση γεύσης, μειώνοντας το όριο αντίληψης σε αρκετές τάξεις μεγέθους. Πολλές ενώσεις θείου στην οικογένεια των θειολών θεωρούνται υπεύθυνες για οσφρητικά ελαττώματα. Ωστόσο, έχει σαφώς έχουν αποδειχθεί ότι συμβάλλουν σημαντικά στα αρώματα πολλών φρούτων (φραγκοστάφυλο, γκρέιπφρουτ). Πολλά από αυτά τα συστατικά έχουν ανιχνευθεί στον οίνο και η θετική συμβολή τους στη γεύση του κρασιού, ιδιαίτερα στο ποικιλιακό άρωμα των οίνων Sauvignon Blanc και άλλων λευκών και ερυθρών ποικιλιών, είναι πλέον καλά τεκμηριωμένη. Οι τρεις πιο σημαντικές θειόλες στο άρωμα Sauvignon Blanc θεωρούνται ότι είναι 3-σουλφανυλεξανόλη (3SH) με γεύση γκρέιπφρουτ, ο οξικό 3-σουλφανυλοεξυλεστέρας (3SHA) και η 4-μεθυλο-4-σουλφανυλοπενταν-2-όνη (4M5P). Αν και οι θειόλες εντοπίστηκαν για πρώτη φορά στο κρασί Sauvignon Blanc, διαπιστώθηκε επίσης ότι συμβάλλουν στο ποικιλιακό άρωμα των οίνων που παράγονται από άλλες ποικιλίες *Vitis vinifera*, έγχρωμες και λευκές, όπως Gewürztraminer, Riesling, Semillon, Muscat, Manseng, καθώς και στις έγχρωμες Merlot και Cabernet Sauvignon (Darriet et al. 2012).

Πίνακας 2. Συγκεντρώσεις πτητικών θειολών (ng/L)

	4MSP	3SH	3SHA
Champagne wines	nd	250-640	
Colombard	nd	400-1100	20-60
Gewürztraminer	4-15	1000-3300	0-10
Macabeo	nd	nd	15-20
Merlot (rosé wines)	nd	0-7000	nd
Muscadet	nd	50-450	nd
Muscat	5-30	100-900	nd
Negrette	1-4	800-1500	8-22
Petit Manseng	nd	500-5000	50-150
Pinot Blanc	0-1	90-250	nd
Pinot Gris	0-2	310-1050	2-50
Riesling	2-10	400-1000	0-10
Sauvignon Blanc	5-60	250-15000	10-1000
Semillon	0-5	100-2000	10-100
Botrytised wines	0-100	1000-20000	nd
Sylvaner	0.2-0.5	60-150	nd
Verdejo	nd	nd	40-50

nd: not detected.

Πηγή: Darriet et al. (2012)

1.1.5 Παράγωγα C13-νορισοπρενοειδών

Η οξειδωτική αποικοδόμηση των καροτενοειδών, που ανήκουν στην οικογένεια των τερπενίων με 40 άτομα άνθρακα (τετρατερπένια) οδηγεί σε πολλά παράγωγα, συμπεριλαμβανομένων των νορισοπρενοειδών με 13 άτομα άνθρακα (C13-νορισοπρενοειδών) που μπορούν να συμβάλουν στο άρωμα των οίνων. Κάποια χαρακτηριστικά C13 νορισοπρενοειδή που έχουν αναγνωριστεί σε σταφύλια και οίνους είναι η β-δαμασκηνόνη (άρωμα σάλτσας μήλου, τριαντάφυλλου), η β-ιονόνη (άρωμα βιολέτας), η TPB (άρωμα φύλλου γερανίου), η TDN (άρωμα κηροζίνης) (Darriet et al. 2012). Η β-δαμασκηνόνη ανιχνεύτηκε αρχικά σε γλεύκος προερχόμενο από τις ποικιλίες Riesling και Scheurebe και στη συνέχεια σε πολλές άλλες ποικιλίες και εξαιτίας του χαμηλού κατωφλίου αναγνώρισης σε νερό υπάρχει η άποψη ότι συνεισφέρει σε μεγάλο βαθμό στο άρωμα των οίνων (Darriet et al. 2012).

Το κατώφλι αντίληψης της β-δαμασκηνόνης στον οίνο είναι μεταξύ 2 και 7 $\mu\text{g} / \text{L}$, αν και αυτή η ένωση, που συνήθως βρίσκεται σε συγκεντρώσεις μεταξύ 700 ng / L και 2,5 $\mu\text{g} / \text{L}$. Η β-δαμασκηνόνη μπορεί να συμβάλει, μέσω συνεργιστικών φαινομένων, στο άρωμα του οίνου, πχ. για τη μείωση του επιπέδου του εξανοϊκού αιθυλεστέρα και της λιναλοόλης. Η β-ιονόνη, έχει ένα όριο αντίληψης 120 ng / L σε νερό, 800 ng / L σε μοντέλο διάλυμα και 4 $\mu\text{g} / \text{L}$ σε λευκό κρασί και η επιρροή της έχει αποδειχθεί σε διάφορες ποικιλίες σταφυλιών και οίνων. Οι υπόλοιπες C13-νορισοπρενοειδείς ενώσεις έχουν μικρή συμβολή στο άρωμα των οίνων (Darriet et al. 2012).

Η 1- (2,3,6-τριμεθυλφαινυλ) βουτα-1,3-διένιο (TPB) με κατώφλι αντίληψης 40 ng/L σε οίνο και 20 ng/L σε νερό, βρίσκεται σε συγκεντρώσεις μέχρι και 200 ng/L σε μερικούς παλαιούς οίνους Semillon. Μία άλλη ομάδα οσμικών ενώσεων αυτής της κατηγορίας περιλαμβάνει το TDN (1,1,6-τριμεθυλ-1,2-διυδροναφθαλίνιο), που μυρίζει σαν κηροζίνη και έχει κατώφλι ανίχνευσης 20 $\mu\text{g}/\text{L}$, το (E) και (Z) -βιτισπιράνιο, τα οποία έχουν αποχρώσεις καμφοράς/ξύλου, την ακετάλη Riesling (φρουτώδες άρωμα) και την ακτινιδόλη (ξύλωδες άρωμα). Το TDN θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει σε μεγάλο βαθμό τα αρώματα «πετρελαίου» των ηλικιωμένων κρασιών Riesling, ενώ το (E) και (Z) -βιτισπιράνιο, η ακετάλη και η ακτινιδόλη θεωρούνται ότι έχουν περιορισμένη συμβολή στο άρωμα του κρασιού, ιδιαίτερα στο Riesling, καθώς οι συγκεντρώσεις τους είναι συνήθως πολύ χαμηλότερες από αυτές του ορίου ανίχνευσης [94]. (Darriet et al. 2012).

Τα C13-νορισοπρενοειδή, κυρίως εντοπίζονται στους φλοιούς των ραγών και προέρχονται από την αποικοδόμηση των καροτενοειδών του σταφυλιού σε καροτένιο, λουτεΐνη, νεοξανθίνη και βιολαξανθίνη κατά την ωρίμανση των σταφυλιών. Αυτή η αποικοδόμηση ευνοείται από την έκθεση των σταφυλιών στο ηλιακό φως. Αυτές οι ενώσεις υφίστανται αρχικά διάσπαση από την διοξυγενάση της ράγας, ακολουθούμενη από αναγωγή και γλυκοσυλίωση, για να αποτελέσουν πρόδρομες μορφές. Στο τέλος της ωρίμανσης, και στη συνέχεια κατά τη διάρκεια της οινοποίησης και της παλαίωσης του κρασιού, σχηματίζονται C13-νορισοπρενοειδείς ενώσεις σε όξινα μέσα, μέσω μερικές φορές περίπλοκων χημικών μηχανισμών από αρκετές πτητικές και μη πτητικές πρόδρομες ενώσεις (Winterhalter et al. 1990, Darriet et al. 2012).

1.2 Παράγοντες που επιδρούν στο πρωτογενές άρωμα του οίνου

Στη συνέχεια αναλύονται οι παράγοντες που συντελούν στον καθορισμό του πρωτογενούς αρώματος του οίνου.

1.2.1 Ποικιλία σταφυλιών

Ο φλοιός της ράγας του σταφυλιού αποτελείται από τρία στρώματα, την εφυμενίδα, την επιδερμίδα και το υπόδερμα, καθένα από τα οποία αποτελείται από μία ή περισσότερες στοιβάδες κυττάρων. Η επιδερμίδα, ειδικότερα, αποτελείται από μία στοιβάδα κυττάρων και είναι το στρώμα του φλοιού στο οποίο περιέχονται αρωματώδη έλαια, χαρακτηριστικά της ποικιλίας του σταφυλιού. Πέρα από τον φλοιό, και στο χυμό περιλαμβάνονται σε μικρό ποσοστό αρωματικές ουσίες, μαζί με άλλες ομάδες ουσιών, όπως είναι οι αζωτούχες ενώσεις, οι πηκτινικές ύλες, τα οργανικά οξέα, τα ανόργανα συστατικά, κ.α. Ωστόσο, το γλεύκος που προκύπτει από τις περισσότερες ποικιλίες σταφυλιών έχει πολύ λίγο άρωμα, γεγονός που δείχνει ότι τα περισσότερα αρωματικά συστατικά βρίσκονται στο φλοιό και όχι στη σάρκα (Σουφλερός, 2012).

Οι διάφορες ποικιλίες σταφυλιών διαφέρουν ως προς το άρωμα τους (Εικόνα 2). Για παράδειγμα, οι κύριες ενώσεις που ευθύνονται για τα πιο έντονα αρώματα στους ποικιλιακούς οίνους από Sauvignon Blanc που παράγονται στην περιοχή Marlborough θεωρείται ότι είναι οι μεθοξυπυραζίνες και ποικιλιακές θειόλες (Jouanneau *et al.* 2012). Οι οίνοι από Ξινόμαυρο έχουν χαρακτηριστικό άρωμα ντομάτας και ελιάς (Βέκιος και συν. 2001), οι οίνοι από Ντεμπίνα που καλλιεργήθηκε σε ψυχρά κλίματα διακρίνονται από αρώματα που θυμίζουν μήλο, αχλάδι ακόμη και κανέλα, οι οίνοι από Αθήρι χαρακτηρίζονται από αρώματα εσπεριδοειδών και εξωτικών φρούτων (πεπόνι) (Αθηνόραμα, 2017).

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε ποικιλίας συνοδεύουν το φυτό, όπου και αν καλλιεργείται αυτό, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό (Σουφλερός, 2012). Ωστόσο, παράγοντες όπως οι καλλιεργητικές τεχνικές, οι κλιματολογικές συνθήκες, η τεχνική οινοποίησης και η παλαίωση επιδρούν και τροποποιούν το ποικιλιακό άρωμα ενός οίνου. Έτσι, όσον αφορά στη γηγενή ποικιλία Ξινόμαυρο, το άρωμα των ροζέ οίνων διατηρεί τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας δηλαδή τα αρώματα της ντομάτας και της ελιάς, αλλά με πιο έντονα τα αρώματα φραγκοστάφυλου, κυδωνιού, φράουλας, μήλου, κερασιού και βιολέτας (Βέκιος και συν. 2001). Στους νεαρούς ερυθρούς οίνους κυριαρχούν αρώματα από μπαχαρικά, πιπεριά, ντομάτα, κόκκινα φρούτα, με την επίδραση της παλαίωσης τα αρώματα εξελίσσονται σε αρώματα πάστας ελιάς, λιαστής ντομάτας, πιπεριού και δέρματος (Δήμου, 2012).



Εικόνα 2. Αρώματα που χαρακτηρίζουν τις ποικιλίες Sauvignon blanc, Riesling και Chardonnay

(Πηγή: http://www.bettertastingwine.com/Image/aroma_white_grapes.jpg)

1.2.2 Εδαφοκλιματικοί παράγοντες

1.2.2.1 Κλίμα

Οι εδαφοκλιματικοί παράγοντες επιδρούν και καθορίζουν την πορεία ωρίμανσης, επηρεάζοντας έτσι και τον σχηματισμό των αρωματικών συστατικών της ράγας. Έρευνες έχουν δείξει ότι το άρωμα σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και ότι η ποσότητα και η ποιότητα αυτού αυξάνουν με την πρόοδο της ωρίμανσης (Σουφλερός, 2012).

Η επιλογή ποικιλίας με μεγάλο βλαστικό κύκλο και υψηλές θερμικές απαιτήσεις, για μια περιοχή με ψυχρό κλίμα θα οδηγήσει πιθανότατα σε ανεπαρκή ωρίμανση και παραγωγή οίνου με περιορισμένα αρωματικά συστατικά (Πετροπούλου – Καραγιαννοπούλου, 2016)

Ωστόσο, είναι δυνατό η υπερωρίμανση ή η γρήγορη ωρίμανση σε ένα πολύ θερμό κλίμα να μειώσουν την ένταση και τη λεπτότητα μερικών αρωμάτων. Για το λόγο αυτό, η παραγωγή λευκών οίνων θεωρείται περισσότερο επιτυχημένη, όταν τα σταφύλια από τα οποία προέρχονται συγκομίζονται μερικές μέρες πριν από την πλήρη ωρίμανσή τους, όταν η ένταση, η φρεσκάδα και η λεπτότητα του αρώματος βρίσκονται στο άριστο σημείο (Σουφλερός, 2012).

Η καλλιέργεια της ίδιας ποικιλίας σε δύο περιοχές με διαφορετικό κλίμα και διαφορετικό ηλιοθερμικό δείκτη επηρεάζει πέρα από την ωρίμανση και τα σάκχαρα των σταφυλιών και τη γενικότερη σύσταση τους. Για παράδειγμα, η καλλιέργεια της ποικιλίας Ξινόμαυρο στη Νάουσα και στο Αμύνταιο οδηγεί σε διαφοροποίηση και ως προς την ποσότητα και κατανομή των μεμονωμένων αμινοξέων που περιέχονται στα σταφύλια, με αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση του αρωματικού δυναμικού των παραγόμενων οίνων, καθώς τα αμινοξέα συνδέονται με την παραγωγή αρωματικών ουσιών (Bouloumpasi, et al. 2002).

Οι Mendez-Costabel et al. (2014) αξιολόγησαν τις επιπτώσεις των χειμερινών βροχοπτώσεων στις κύριες ενώσεις που είναι υπεύθυνες για τα πράσινα αρώματα στα σταφύλια και τους οίνους κατά τη διάρκεια των ετών 2009 και 2010 στην Καλιφόρνια και διαπίστωσαν ότι τα συστατικά των σταφυλιών και των οίνων επηρεάστηκαν δραματικά από την απουσία βροχοπτώσεων και τα δύο έτη. Η περιγραφική οργανοληπτική ανάλυση έδειξε

ότι η έλλειψη βροχοπτώσεων είχε ως αποτέλεσμα την παραγωγή οίνων με λιγότερα πράσινα αρώματα και πιο έντονα χαρακτηριστικά φρούτων κατά την πρώτη χρονιά, ενώ την επόμενη χρονιά επειδή επηρεάστηκε η ανάπτυξη των πρέμνων παράχθηκαν κρασιά λιγότερο έντονα φρουτώδη αρώματα και κακής ποιότητας τανίνες. Από τα αποτελέσματα αυτά προέκυψε ότι εάν τα επίπεδα βροχόπτωσης είναι χαμηλότερα από τα φυσιολογικά, επιτυγχάνεται θετική επίδραση στη σύνθεση σταφυλιών και οίνων (Mendez-Costabel et al. 2014).

1.2.2.2 Έδαφος

Όσον αφορά στα εδάφη, θεωρούνται ιδανικά για την παραγωγή υψηλής ποιότητας οινοποιήσιμων σταφυλιών εδάφη αμμοχαλικώδη, τα οποία χαρακτηρίζονται από μέτρια γονιμότητα. Οι ιδιότητες αυτές εξασφαλίζουν ικανοποιητική στράγγιση, καλύτερη θέρμανση και εφόσον τα εδάφη εφοδιάζονται με τις απαραίτητες ποσότητες νερού επιτρέπουν στο ριζικό σύστημα να αναπτυχθεί ταχύτερα και πρωιμίζουν την ωρίμανση των σταφυλιών.

Τα χουμώδη εδάφη δίνουν μεγάλες αποδόσεις, ωστόσο τα παραγόμενα σταφύλια και οι οίνοι που προκύπτουν από αυτά στερούνται αρώματος και γεύσης. Τα ηφαιστειογενή εδάφη ευνοούν την παραγωγή ποιοτικών οινοποιήσιμων σταφυλιών. Εδάφη που προέρχονται από δολομιτικά πετρώματα (ιζηματογενή ανθρακικά ορυκτά του ασβεστίου και του μαγνησίου) ευνοούν την παραγωγή λευκών οίνων εξαιρετικής ποιότητας, ενώ εκείνα που έχουν γρανιτική προέλευση (σκληρό, πυριγενές, πλουτώνιο πέτρωμα που διαθέτει όξινη σύσταση και έχει προέλθει από στερεοποιημένο και κρυσταλλοποιημένο μάγμα) ή βασαλτική προέλευση (πέτρωμα με λεπτόκοκκη υφή που προήλθε από έκρηξη και ταχεία ψύξη λάβας) δίνουν οίνους με υψηλό αλκοολικό τίτλο και ευχάριστη γεύση, που ωστόσο υστερούν χρωματικά (Τσέτουρας, 2014).

Ο τύπος του εδάφους, αν και σχετίζεται στενά με την κατάσταση του νερού του εδάφους, έχει ανεξάρτητη επίδραση στο άρωμα των σταφυλιών ποιότητας (González-Barreiro et al. 2015).

Οι Falcao et al. (2008) υποστηρίζουν ότι ένα εδαφικό προφίλ πλουσιότερο σε ορυκτά θα μπορούσε να παράγει κρασιά πλουσιότερα σε ορισμένες αρωματικές ενώσεις αρώματος, καθώς οι Oliveira et al. (2003) έδειξαν μια σχέση μεταξύ των χαρακτηριστικών του εδάφους και ορισμένων προδρόμων C13-νορισοπρενοειδών. Στην έρευνά τους, οι αμπελώνες που δεν αρδεύονταν παρήγαγαν υψηλότερα επίπεδα καροτενοειδών που προέρχονται από τη ράγα (β-καροτένιο, νεοξανθίνη, βιολοξανθίνη και λουτεξανθίνη), αλλά μόνο όταν το έδαφος είχε χαμηλή ικανότητα συγκράτησης ύδατος. Αυτό το φαινόμενο δείχνει το δυναμικό για μια φυσιολογική απόκριση που προκαλείται μέσα στο ριζικό σύστημα και απαιτεί επαρκή ξήρανση του εδάφους. Τα C13-νορισοπρενοειδή συσχετίζονται στενά και με τις φυτικές ορμόνες που συνδέονται με το στρες, όπως το αμπισικό οξύ (Antolin et al., 2008).

1.2.2.3 Terroir

Terroir: πρόκειται για έννοια που περιγράφει τη συνεργασία που δημιουργείται ανάμεσα στο φυσικό περιβάλλον, δηλαδή το κλίμα, το έδαφος και το υπέδαφος, και τα φυτά, δηλαδή ποικιλία και υποκείμενο αμπέλου, σε συγκεκριμένο γεωγραφικό τόπο και υπό συγκεκριμένες ανθρώπινες επεμβάσεις. Όπως φαίνεται λοιπόν και από τον ορισμό, η έννοια του terroir αφορά ήδη εγκαταστημένους αμπελώνες και κάθε αμπελώνας αντιπροσωπεύεται από ένα terroir που μπορεί να εμφανίζει ομοιότητες ή διαφοροποιήσεις από ένα άλλο. Ο προσδιορισμός των ενοτήτων των terroirs βασίζεται κυρίως στις διαφορές τους ως προς το αμπελοοινικό δυναμικό τους (Ταβερναράκη, 2000).

Οι Foroni et al. (2017) αξιολόγησαν συνολικά για πρώτη φορά την επιρροή του terroir σε μονομερή αισθητήρια χαρακτηριστικά των οίνων και απέδειξαν την ανθρώπινη ικανότητα να διακρίνει λεπτές οσφρητικές διαφορές σε οίνους ίδιας ποικιλίας που παράχθηκαν σε διαφορετικά terroirs.

Οι Falcao et al. (2008) αξιολόγησαν τα χαρακτηριστικά του εδάφους τεσσάρων διαφορετικών τοποθεσιών στην περιοχή Σάντα Καταρίνα της Βραζιλίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η θέση του αμπελώνα είχε ισχυρή επιρροή στο κλάσμα των πτητικών ενώσεων των παραγόμενων οίνων. Οι

ποικιλιακές πτητικές ενώσεις ήταν βασικός παράγοντας στη διαφοροποίηση των παραγόμενων οίνων, σύμφωνα με τις τοποθεσίες. Επιπλέον, οι Ribereau-Gayon et al. (2006) έδειξαν ότι το έδαφος έχει αποφασιστική επίδραση στις συγκεντρώσεις μεθοξυπυραζίνης των οίνων Merlot, Cabernet Franc και Cabernet Sauvignon της περιφέρειας του Μπορντώ, λόγω της επίδρασής του στη βλαστική ανάπτυξη. Τα αποτελέσματα συγκεκριμένα έδειξαν ότι τα σταφύλια που προήλθαν από πρέμνα καλλιεργούμενα σε καλά στραγγιζόμενα χαλικιώδη εδάφη είχαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις σε σύγκριση με τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις σταφυλιών που προήλθαν από αμπελώνες με ασβεστολιθικά ή αργιλώδη εδάφη (Ribereau-Gayon et al. 2006).

1.2.3 Διαχείριση αμπελώνων

1.2.3.1 Άρδευση – Έλλειψη νερού – Αζωτούχος λίπανση

Μεταξύ των διαφόρων παραμέτρων του terroir που επηρεάζουν την ποιότητα των σταφυλιών, ο βασικός ρόλος των συνθηκών πρόσληψης νερού από το πρέμνο έχει διερευνηθεί σε συγκεκριμένες αμπελουργικές περιοχές, όπως το Μπορντώ. Ειδικότερα, οι Picard et al. (2017) έδειξαν ότι ένας περιορισμός στην παροχή νερού (γνωστός ως "έλλειμμα νερού") που εμφανίζεται στους αμπελώνες του Μπορντώ αποτελεί βασικό παράγοντα για να εξηγηθούν οι φυσιολογικές και βιοχημικές αντιδράσεις των πρέμνων που οδηγούν σε βελτίωση του δυναμικού οινοποίησης των σταφυλιών (van Leeuwen et al., 2009). Το έλλειμμα νερού εμφανίζεται όταν η αφυδάτωση και η εξάτμιση της αμπέλου από την επιφάνεια του εδάφους υπερβαίνουν τις εισερχόμενες βροχοπτώσεις και την άρδευση. Στο Μπορντώ, όλοι οι αμπελώνες είναι ξηρικοί, έτσι οι κλιματολογικοί παράγοντες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην παρουσία ή έλλειψη νερού. Σε αυτή τη διαδικασία, το νερό του εδάφους λειτουργεί ως ρυθμιστικός παράγοντας αφού αντισταθμίζει σε ένα βαθμό την έλλειψη. Όταν περίπου το 60% των αποθεμάτων ύδατος του εδάφους που είναι διαθέσιμα στα φυτά έχουν εξαντληθεί, τα πρέμνα βιώνουν έλλειμμα νερού και ενεργοποιούν μηχανισμούς, όπως το κλείσιμο των στοματίων, για εξοικονόμηση νερού. Το σύστημα διαμόρφωσης του αμπελώνα επηρεάζει επίσης την ισορροπία του νερού επηρεάζοντας την πρόσληψη

φωτός από τα αμπέλια, που παρέχει την ενέργεια για τη διαπνοή (van Leeuwen et al. 2010). Ως εκ τούτου, η κατάσταση του νερού του πρέμνου εξαρτάται από το κλίμα (μεταβαλλόμενο από το χρονιά σε χρονιά), το έδαφος (μεταβλητό από ένα κτήμα σε άλλο και ακόμη και μεταξύ αγροτεμαχίων σε ένα συγκεκριμένο κτήμα), και το σύστημα διαμόρφωσης (μεταβλητό από το ένα κτήμα στο άλλο) (van Leeuwen et al., 2009).

Οι Picard et al. (2017) μελέτησαν τον αντίκτυπο της κατάστασης του νερού των αμπελώνων στην ανάπτυξη του μπουκέτου παλαίωσης σε κόκκινα κρασιά από το Bordeaux, και διαπίστωσαν ότι το έλλειμμα νερού επηρέασε σημαντικά όχι μόνο το χαρακτηριστικό μπουκέτο παλαίωσης συνολικά αλλά σε μικρότερο βαθμό και μεμονωμένα αρώματα, όπως το άρωμα μέντας και τρούφας. Αρκετές προηγούμενες μελέτες έδειξαν επίσης ότι μέτριο έλλειμμα νερού έχει θετική επίδραση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των σταφυλιών, μέσω της αύξησης των φαινολικών ενώσεων (ιδίως των ανθοκυανινών) και των συγκεντρώσεων σακχάρων του.

Οι Bonada et al. (2016) αξιολόγησαν τη σύσταση και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σταφυλιών και οίνων που παράχθηκαν υπό συνθήκες έλλειψης νερού και διαπίστωσαν ότι η έλλειψη νερού οδηγεί στην παραγωγή οίνων πλούσιων σε χρώμα και άρωμα, με αυξημένες φαινολικές ουσίες, ωστόσο σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών ενδέχεται να μην διατηρείται αυτό το αποτέλεσμα.

Οι Mendez-Costabel et al. (2014) διερεύνησαν την επίδραση δύο επιπέδων άρδευσης και αυξημένης αζωτούχου λίπανσης επί της συγκέντρωσης τόσο της 3-ισοβουτυλ-2-μεθοξυπυραζίνης (IBMP) και έξι C6 ενώσεων κατά την ανάπτυξη των ραγών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η έλλειψη άρδευσης αύξησε το χρώμα των ραγών και τις πρόδρομες αρωματικές ενώσεις γλυκοσίδια κερκετίνης και μη φαινολικά γλυκοσίδια γλυκόζης, συνέβαλε στη μειωμένη απόδοση και στην αυξημένη συγκέντρωση IBMP κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των ραγών.

Οι ιδανικές συνθήκες πρόσληψης νερού για την παραγωγή σταφυλιών υψηλής ποιότητας που προορίζονται για να παραχθούν ερυθροί οίνοι αντιστοιχούν σε μέτρια έλλειψη νερού, κατά προτίμηση αρχίζοντας νωρίς κατά

την περίοδο πριν την άνθηση. Ένα τέτοιο πρόωρο έλλειμμα νερού έχει μεγαλύτερη επίδραση στη μείωση του μεγέθους των ραγών σε σχέση με το έλλειμμα νερού που εμφανίζεται αργότερα (Ojeda et al., 2002) (Picard et al. 2017).

1.2.3.2 Χαλκούχα σκευάσματα

Οι Martins et al. (2015) διερεύνησαν την επίδραση της εφαρμογής χαλκούχων σκευασμάτων στον αμπελώνα σε σχέση με τη συγκέντρωση χαλκού στο γλεύκος και τις συνέπειες για την πτητική σύνθεση του κρασιού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συγκέντρωση χαλκού μειώθηκε από 31,4 σε 12,6 mg/L κατά τη ζύμωση. Αυξημένες συγκεντρώσεις χαλκού προκάλεσαν σημαντική μείωση της συγκέντρωσης των ανώτερων αλκοολών, συμπεριλαμβανομένης της ισοαμυλικής αλκοόλης, και εστέρων οργανικών οξέων, συμπεριλαμβανομένου του γαλακτικού αιθυλεστέρα. Αντίθετα, αυξήθηκε δραματικά ο οξικός αιθυλεστέρας και η λιναλοόλη (Martins et al. 2015).

1.2.4 Ηλικία πρέμνου

Τα ηλικιωμένα φυτά της αμπέλου ωριμάζουν καλύτερα και νωρίτερα τα σταφύλια τους, με περισσότερα σάκχαρα και λιγότερα οξέα, πάντοτε με καλύτερο χρωματισμό και περισσότερες φαινολικές ενώσεις και είναι σχεδόν πάντα πλουσιότερα σε αρωματικά στοιχεία (Σουφλερός, 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΣ ΑΡΩΜΑ ΟΙΝΟΥ

Τα δευτερογενή αρώματα ή αρώματα ζύμωσης, είναι οι οσμηρές ενώσεις του οίνου, οι οποίες δημιουργούνται, κυρίως, κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης και παράγονται από τις ζύμες, αλλά μπορούν να αναπτυχθούν και κατά τη διάρκεια της μηλογαλακτικής ζύμωσης. Αξίζει να σημειωθεί πως τα αρώματα αυτής της κατηγορίας, καταλαμβάνουν, τόσο ποιοτικά, όσο και ποσοτικά, το μεγαλύτερο αριθμό πτητικών ενώσεων του οίνου. Οι τάξεις χημικών ενώσεων που απαντώνται κατά τις ζυμώσεις, είναι αλκοόλες, εστέρες, πτητικά οξέα, θειούχες ενώσεις, πτητικές φαινόλες και πτητικές αζωτούχες ενώσεις (Γκουλιώτη, 1996).

2.1 Κατηγορίες αρωματικών ενώσεων που διαμορφώνουν το δευτερογενές άρωμα

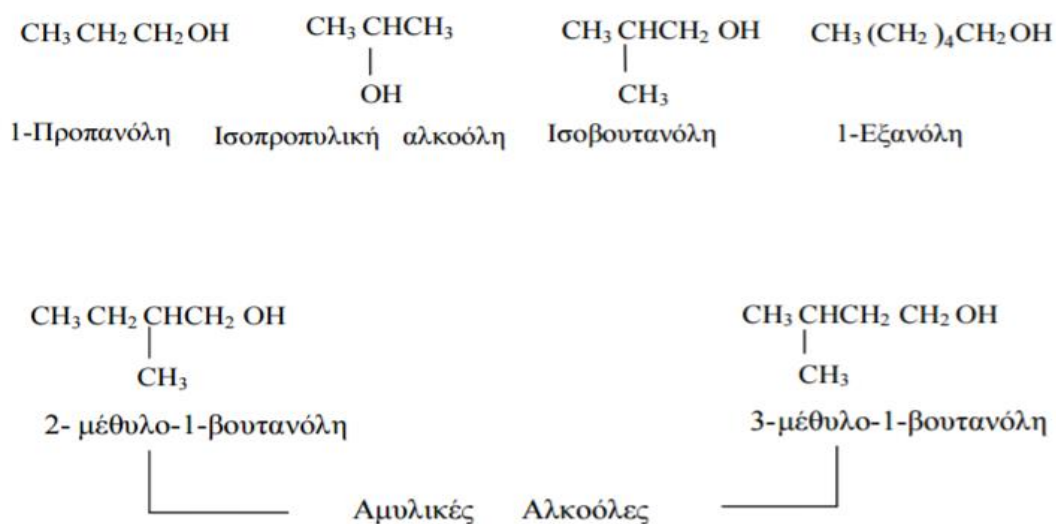
2.1.1 Αλκοόλες

Η παρουσία των αλκοολών στον οίνο είναι απαραίτητη για την παραγωγή των σύνθετων αρωμάτων, διότι σ' αυτές οφείλεται η ισορροπία των ευχάριστων αρωμάτων και των υπόλοιπων συστατικών που περιέχονται στο κρασί, όπως και η πολυπλοκότητα της οσμής. Η περιεκτικότητά τους φτάνει στα 400-500mg/L, ενώ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, είναι πιθανόν να δώσουν ανεπιθύμητες οσμές, κάτι που είναι ένας λόγος που θεωρείται ότι οι περισσότερες αλκοόλες δίνουν δυσάρεστες οσμές (Maarse, 1991).

Σημαντικότερες ουσίες αυτής της κατηγορίας, θεωρούνται οι ανώτερες αλκοόλες, οι οποίες επηρεάζουν πολύ το άρωμα των οίνων. Το άρωμα τους είναι αρκετά δριμύ και εμπεριέχουν τρία έως έξι άτομα άνθρακα. Μερικές από αυτές είναι η 3-μεθυλ-1-βουτανόλη και 2-μεθυλ-1-βουτανόλη (ισοαμυλική αλκοόλη), 2-μεθυλ-1-προπανόλη (ισοβουτυρική αλκοόλη), εξανόλες και 2-φαινυλαιθανόλη. Οι περισσότερες παράγονται από τους ζυμομύκητες κατά τον καταβολισμό των αμινοξέων, δηλαδή τα αμινοξέα καταναλώνονται πλήρως στα

πρώτα στάδια που αυξάνονται οι ζυμομύκητες, με αποτέλεσμα να παράγονται ανώτερες αλκοόλες κατά τη στάσιμη φάση των ζυμών (Μαλλούχος, 2003).

Οι σημαντικότερες αλκοόλες που βρίσκονται στους οίνους φαίνονται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3. Οι σημαντικότερες αλκοόλες των οίνων (Ρούσσο, 2016)

Το κύριο προϊόν της αλκοολικής ζύμωσης και ταυτόχρονα η κύρια αλκοόλη του οίνου, είναι η αιθανόλη, η οποία συμβάλλει στο άρωμα αλλά και στη γεύση των οίνων. Πολλές φορές, αναφέρεται ως αλκοόλη ή αλκοόλ. Η οσμή της είναι αρκετά έντονη και χαρακτηριστική. Στην πραγματικότητα, όσο πιο μικρό μόριο έχει μια ένωση τέτοιου τύπου, τόσο πιο χαρακτηριστική οσφρητικά είναι, καθώς επίσης όσο πιο πτητική είναι τόσο πιο έντονα μυρίζει.

Ωστόσο, υπάρχουν δύο αλκοόλες οι οποίες έχουν ένα κοινό στοιχείο, περιέχουν στο μόριό τους βενζολικό δακτύλιο. Αυτές οι ουσίες είναι η φαινυλο-2-αιθανόλη και η τυροσόλη. Επίσης και οι δύο χαρίζουν στο κρασί ευχάριστο άρωμα. Η πρώτη, προέρχεται από το αμινοξύ φαινυλαλανίνη και συντίθεται κατά την αλκοολική ζύμωση. Αν και περιέχεται σε μικρές ποσότητες συγκριτικά με τις άλλες ανώτερες αλκοόλες γίνεται εύκολα αντιληπτή. Ακόμη, παράγεται από αρκετά μεγάλο αριθμό ζυμών, και μέσα από έρευνες έχει προκύψει πως η

σύνθεσή της ευνοείται από τις χαμηλές θερμοκρασίες της ζύμωσης, από την παρουσία οξυγόνου (O₂) και από ειδικές τεχνικές ερυθρής οινοποίησης, όπως η θερμοοινοποίηση. Η δεύτερη, προέρχεται από το αντίστοιχο αμινοξύ τυροσίνη και είναι δευτερεύον προϊόν της αλκοολικής ζύμωσης. Συμμετέχει και αυτή στο άρωμα του οίνου (Σουφλερός, 2012).

Πίνακας 3. Συγκεντρωτικός πίνακας αλκοολών που περιέχονται στο κρασί

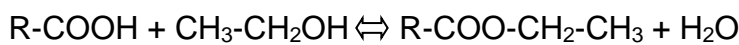
Χημική Ονομασία	Συγκέντρωση στον οίνο (σε mg/L)	Κοινή Ονομασία
Διακετύλιο / Βουτανεδιόνη-2,3	0,1-2	Φρέσκο Βούτυρο
Τυροσόλη	50-100	Μέλι
Φαινυλο-2-αιθανόλη	20-180	Τριαντάφυλλο
Εξανόλη		Φρεσκοκομμένη χλόη
2-μεθυλ-1-βουτανόλη	15-150	Άρωμα καμένου
3-μεθυλ-1-βουτανόλη	30-500	Ζυμέλαιο
Προπανόλη-1	10-70	

Πηγή: Τσακίρης, 2014

2.1.2 Εστέρες

Περισσότεροι από 160 εστέρες έχουν απομονωθεί και ταυτοποιηθεί μέχρι σήμερα στο κρασί, αν και οι πιο πολλοί υπάρχουν σε ίχνη και έχουν είτε χαμηλή πτητικότητα είτε ήπια οσμή. Όμως, οι πιο κοινές ενώσεις, βρίσκονται πάνω από το κατώφλι αντίληψης και προσδίδουν αρώματα φρούτων και λουλουδιών στα νέα κρασιά. Οι εστέρες, παράγονται από τους σακχαρομύκητες και αριθμητικά αποτελούν τις περισσότερες αρωματικές ενώσεις. Θεωρούνται από τις πιο σημαντικές ενώσεις του οίνου μετά το νερό,

την αιθανόλη και τις αλκοόλες της ζύμωσης για τον αρωματικό χαρακτήρα του κρασιού. Είναι, κυρίως, δευτερογενή αρώματα, τα οποία προέρχονται βιολογικά από τις ζύμες ή τα βακτήρια κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης, υπάρχουν όμως και τριτογενή αρώματα εστέρων, που σχηματίζονται χημικά κατά την παλαίωση του οίνου, ελάχιστες ποσότητες περιέχονται και στα σταφύλια (Ronald, 2002). Ακόμη, είναι γνωστό από το 1862, πως τα ελεύθερα οργανικά οξέα, αντιδρούν με την αιθυλική αλκοόλη και σχηματίζονται οι εστέρες η λεγόμενη εστεροποίηση, που φανερώνεται στην παρακάτω εξίσωση :



Η παραπάνω αντίδραση εξαρτάται αρκετά από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και πραγματοποιείται σε αργούς ρυθμούς στο στάδιο της παλαίωσης.

Οι εστέρες με μικρό μοριακό βάρος, δίνουν φρουτώδη αρώματα, όπως μπανάνα, μήλο και ανανά, ενώ όσο μεγαλώνει η ανθρακική αλυσίδα, τα αρώματα αλλάζουν και θυμίζουν κερι, σαπούνι και λάδι, όταν συμμετέχουν τα λιπαρά οξέα C₁₆ και C₁₈. Εάν υπάρχουν τέτοιοι εστέρες στον οίνο, όπως είναι και ο οκτανοϊκός και ο εξανοϊκός αιθυλεστέρας, τις περισσότερες φορές αποτελούν δείκτη ποιότητας στους ερυθρούς οίνους (Ronald, 2002).

Στην παρακάτω λίστα αποτυπώνεται το άρωμα ορισμένων αρωματικών εστέρων που έχουν βρεθεί στον οίνο (Παληγογιάννη, 2007, Δήμου, 2012):

- Βουτανοϊκός Αιθυλεστέρας → Άρωμα Φρούτων, Άρωμα Βουτύρου
- Βουτυρικός Αιθυλεστέρας → Άρωμα Φρούτων, κεράσι, μήλο, μπανάνα
- Βουτυρικός Μεθυλεστέρας → Άρωμα Κόκκινων Φρούτων, φράουλα
- Ισοαμυλικός Αιθυλεστέρας → Άρωμα μπανάνας
- Ισοβουτυρικός Αιθυλεστέρας → Άρωμα Κόκκινων Φρούτων, φράουλα
- Ισοβαλερικός Αιθυλεστέρας → Άρωμα φρούτων, μήλο, κεράσι
- Εξανοϊκός Αιθυλεστέρας → Άρωμα λουλουδιών, Άρωμα φρούτων, μήλο, ροδάκινο, μπανάνα
- Βουτυρικός 2-αιθυλμεθυλεστέρας → Άρωμα φρούτων, φράουλα, μήλο
- Καπροϊκός αιθυλεστέρας → Άρωμα φρούτων, ανανάς, μήλο

- Κινναμωμικός Αιθυλεστέρας → Άρωμα μελιού
- Καπρυλικός Αιθυλεστέρας → Άρωμα φρούτων, αχλάδι, μήλο, ανανάς
- Δωδεκανικός Αιθυλεστέρας → Άρωμα Κόκκινων Φρούτων, δαμάσκηνο
- Δεκανικός Αιθυλεστέρας → Άρωμα Κόκκινων Φρούτων
- Οξικό Βενζόλιο → Άρωμα μήλου
- Οξικός βουτυλεστέρας → Άρωμα κόκκινων φρούτων
- Οξικός Εξυλεστέρας → Άρωμα Φρούτων, αχλάδι
- Οξικός Ισοαμυλεστέρας → Άρωμα μπανάνας
- Οκτανοϊκός Αιθυλεστέρας → Άρωμα φρούτων, Άρωμα λουλουδιών
- Οξικός 2-φαινυλαιθυλεστέρας → Άρωμα Ξηρών Φρούτων, ξηρό δαμάσκηνο, Άρωμα Καπνού, Άρωμα λουλουδιών, τριαντάφυλλο
- Οξικός 3-μεθυλο-βουτυλεστέρας → Άρωμα Φρούτων, μπανάνα
- Οξικός εξυλικοεστέρας → Άρωμα Φρούτων, μήλο, κεράσι
- Οξικός Αιθυλεστέρας → Άρωμα από κρασί-μπράντυ
- Πεντανοϊκός Αιθυλεστέρας → Άρωμα μήλου
- Προπανοϊκός Αιθυλεστέρας → Άρωμα από ρούμι
- Σιναμονικός Αιθυλεστέρας → Άρωμα κόκκινων φρούτων, Άρωμα λουλουδιών
- Φορμικός Αιθυλεστέρας → Άρωμα φρούτων, άρωμα από ρούμι
- 3-μέθυλο-βουτανοϊκός Αιθυλεστέρας → Άρωμα φρούτων
- 2-υδροξυπροπανοϊκός Αιθυλεστέρας → Άρωμα φρούτων, Άρωμα λουλουδιών

Οι εστέρες, δίνουν ευχάριστα αρώματα στους οίνους, και διάφοροι παράγοντες επιδρούν στο σχηματισμό τους, όπως το pH, η θερμοκρασία ζύμωσης, το είδος των ζυμών, ο αερισμός του γλεύκους και η τεχνική οινοποίησης. Κατά την αλκοολική ζύμωση, η υψηλή οξύτητα, φαίνεται να ευνοεί την παραγωγή εστέρων. Η ευνοϊκή επίδραση των υψηλών pH, είναι πιο εμφανής στις υψηλότερες θερμοκρασίες ζύμωσης.

2.1.3 Λιπαρά οξέα

Τα λιπαρά οξέα συνεισφέρουν στο άρωμα των οίνων εξαιτίας του χαμηλού κατωφλίου αντίληψης που έχουν, των σχετικά υψηλών συγκεντρώσεων που βρίσκονται στους οίνους, συγκριτικά με τα υπόλοιπα οξέα, και στην επαρκή ποσότητα τους σε φυσιολογικές θερμοκρασίες (Μαλλούχος, 2003).

Γενικά, τα οξέα θεωρούνται πως δίνουν ανεπιθύμητες οσμές στους οίνους, όμως συμβάλλουν στην αρωματική πολυπλοκότητα αυτών και παίζουν σημαντικό ρόλο και στην ποιότητά τους. Συνήθως, τα αρώματα αυτών των ουσιών, περιγράφονται από οσμές ξυδιού, τυριού, βουτύρου, λαχανικών και σαπουνιού, όταν αυξάνει το μοριακό βάρος. Πιο συγκεκριμένα, τα κορεσμένα μονοκαρβονικά οξέα (λιπαρά οξέα), με 2 έως 12 άτομα άνθρακα έχουν οσμές που θυμίζουν τυρί, ενώ αυτά με 5 έως 12 είναι ουδέτερα οσφρητικά και δίνουν ουδέτερους και ευχάριστους αρωματικά εστέρες (Παληογιάννη 2007).

Το οξικό οξύ, αποτελεί το σημαντικότερο πτητικό οξύ που βρίσκεται στους οίνους. Ωστόσο, έχει την οσμή ξυδιού και συνδέεται κυρίως με ελαττώματα, προσβολή του οίνου από οξικά ή/και γαλακτικά βακτήρια και άσχημες οσμές. Αν και είναι σημαντικό για την παραγωγή των οξικών εστέρων, οι οποίοι προσδίδουν φρουτώδη χαρακτήρα. Επίσης, πρόκειται για ένα υποπροϊόν της δράσης των βακτηρίων και των ζυμών που η συγκέντρωσή του μπορεί να αυξηθεί ακόμη και κατά το στάδιο της παλαίωσης σε βαρέλι από την υδρόλυση των ημικυτταρινών. Στα συνήθη επίπεδα που βρίσκεται αυτό το οξύ είναι επιθυμητό, γιατί συνεισφέρει στην πολυπλοκότητα τόσο του αρώματος όσο και της γεύσης των κρασιών. Όμως, αν ξεπεράσει τα 300 mg/L, τότε έχει δυσμενείς επιδράσεις στα αρώματα των οίνων (Σουφλερός, 2012).

Τέλος, τα λιπαρά οξέα μεσαίας αλυσίδας (6-12 άτομα άνθρακα), όπως είναι το εξανοϊκό, το οκτανοϊκό και το δεκανοϊκό οξύ, συνεισφέρουν και αυτά στο άρωμα των οίνων και οι συγκεντρώσεις τους, εξαρτώνται από τη σύνθεση του μούστου, τις αναερόβιες συνθήκες αύξησης, το στέλεχος του ζυμομύκητα, την καλλιέργεια του αμπελιού, τις οινολογικές πρακτικές και τη θερμοκρασία ζύμωσης (Βασιλείου, 2016). Ακόμη, τα λιπαρά πτητικά οξέα, βρίσκονται μόνο σε ίχνη στο γλεύκος και οφείλονται στο σχηματισμό τους από τα βακτήρια και τους ζυμομύκητες (Παληογιάννη, 2007).

2.1.4 Θειούχες ενώσεις

Οι πτητικές θειούχες ενώσεις, είναι μία ομάδα ενώσεων με ποικιλόμορφη αρωματική ενέργεια και με διάφορες επιδράσεις στο χαρακτήρα του οίνου. Εκτός από το υδρόθειο, αυτές οι ενώσεις, ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τη χημική δομή τους, όπως οι θειοεστέρες, σουλφίδια, οι ετεροκυκλικές ενώσεις και οι θειόλες ή μερκαπτάνες (Δήμου, 2012). Οι τελευταίες, καθώς επίσης και το υδρόθειο (H_2S), συνδέονται έντονα με την οσμή του κλούβιου αυγού, σε αντίθεση με τα δύο πρώτα που δίνουν μια πιο σύνθετη οσφρητική αντίληψη (Ronald, 2002).

Οι πιο πολλές οργανικές ενώσεις που περιέχουν θείο, όπως και το υδρόθειο, συνήθως βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στους οίνους. Ορισμένες από αυτές, συμβάλουν ιδιαίτερα στο μπουκέτο του οίνου, δίνοντας μάλιστα και φρουτώδη αρωματικό χαρακτήρα και τις ονομάζουν πολυλειτουργικές θειόλες. Αυτές οι ουσίες, ανευρίσκονται με χαμηλό μοριακό βάρος και κάτω από το κατώφλι οσφρητικής αντίληψης. Όμως, ακόμη και αν το ξεπεράσει πάλι δε θα υπάρξουν δυσμενείς οσμές (Βουκίδης, 2014).

Οι θειούχες ενώσεις που βρίσκονται στον οίνο μπορεί να προέρχονται είτε από ενζυμικές είτε από μη ενζυμικές αντιδράσεις. Οι ενζυμικές, αφορούν το μεταβολισμό των αμινοξέων, πεπτιδίων ή πρωτεϊνών, που στο μόριο τους περιέχουν θείο, το μεταβολισμό των θειούχων μικροβιοκτόνων και το σχηματισμό παραπροϊόντων της αλκοολικής ζύμωσης. Ενώ οι μη ενζυμικές, περιλαμβάνουν θερμικές, φωτοχημικές και χημικές αντιδράσεις θειούχων ενώσεων που πραγματοποιούνται κατά την οينوποίηση και την παλαίωση. Ακόμη, η έκθεση στο φως, μπορεί να ενεργοποιήσει τη παραγωγή αυτών των ενώσεων (Τσακίρης, 2014).

Το H_2S , είναι από παλιά η πιο γνωστή πτητική θειούχος ένωση και συχνά αυτή που υποβαθμίζει περισσότερο το άρωμα του οίνου. Εμφανίζεται κατά την ωρίμανση, τη ζύμωση ή την παλαίωση σε φιάλη. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις, μπορεί να αποτελέσει μέρος του δευτερογενούς αρώματος και χαρακτηρίζει τα κρασιά που μόλις έχουν ζυμώσει. Ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνει οσμή κλούβιου αυγού και η περιεκτικότητά του, μπορεί να μειωθεί με αερισμό.

Τέλος, οι θειούχες ενώσεις έχουν σημαντικό ρόλο στους οίνους και υπάρχει περιθώριο εξερεύνησης κι άλλων τέτοιων ουσιών, αν και οι περισσότερες από αυτές, δίνουν οσμές όπως σκόρδο, κρεμμύδι, λάχανο, και λάστιχο (Πίνακας 4) και γενικά θεωρείται ότι υποβαθμίζουν την ποιότητα του οίνου (Καραγιάννης, 1999).

Πίνακας 4. Θειούχες ουσίες και οι δυσμενείς οσμές τους

Θειούχος Ένωση	Οσμή
Αιθανοθειόλη	Κρεμμύδι ή λάστιχο
Βενζοθειαζόλιο	Καουτσούκ
Διαιθυλοσουλφίδιο	Σκόρδο
Διθειάνθρακας	Καουτσούκ
Διμέθυλο-δισουλφίδιο	Λάχανο ή κουνουπίδι
Διμέθυλο-σουλφίδιο	Μούχλα ή σπαράγγι
Μεθανοθειόλη	Μούχλα ή κουνουπίδι
Μεθειονόλη	Λάχανο ή πατάτα
Υδρόθειο	Σάπιο αυγό
2-μεθύλθειο-αιθανόλη	Κουνουπίδι ή κρεμμύδι
2-μέθυλο-τετραυδροθειοφαινόνη	Γκάζι ή καουτσούκ
2-μέρκαπτο-αιθανόλη	Καουτσούκ ή μούχλα
3-μεθύλθειο-προπιονικό οξύ	Ψητό κρέας
4-μεθύλθειο-βουτανόλη	Λάχανο ή σκόρδο ή χώμα

Πηγή: Καραγιάννης, 1999

Οι Peyrot des Gachons et al. (2005) ανέφεραν ότι το ήπιο έλλειμα νερού αυξάνει τη συγκέντρωση προδρόμων ενώσεων των πτητικών θειολών στους οίνους από Sauvignon blanc, ενώ το σοβαρό έλλειμμα νερού έχει αρνητική επίδραση.

2.1.5 Καρβονυλικές ενώσεις

Αν και έχει βρεθεί μεγάλος αριθμός καρβονυλικών ενώσεων στο κρασί, λόγω των συνθηκών που επικρατούν στη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης, μετασχηματίζονται σε άλλα προϊόντα, με αποτέλεσμα να προσδιορίζονται μόνο σε ίχνη, με εξαίρεση την ακεταλδεΐδη, η οποία μπορεί να βρεθεί σε προσδιοριζόμενες ποσότητες και μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 200 mg/L. Γενικά, οι αλειφατικές καρβονυλικές ενώσεις, αποτελούν ενδιάμεσα προϊόντα στο σχηματισμό ανώτερων αλκοολών από αμινοξέα και σάκχαρα (Κοντοκώστας, 2010).

Η ακεταλδεΐδη, σχηματίζεται κατά την αλκοολική ζύμωση και είναι δευτερεύον προϊόν αυτής. Είναι η πιο σημαντική καρβονυλική πτητική ένωση και αποτελεί το 90% του συνόλου των αλδεϋδών στους οίνους. Σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνει ανεπιθύμητες και δριμείς οσμές ενώ σε χαμηλές ευχάριστες και φρουτώδες νότες. Παράγεται μετά την αποκαρβοξυλίωση του πυροβικού οξέος, και μικρές ποσότητές της σχηματίζονται και από την οξειδωση της αλκοόλης των οίνων παρουσία αέρα (Σουφλερός, 2012).

Εκτός από την ακεταλδεΐδη, παραπροϊόν της αλκοολικής ζύμωσης, είναι και η ακετοΐνη της οποίας το περιεχόμενο, προέρχεται από διάφορες πηγές, όπως ζύμες ή βακτήρια μόλυνσης, ζυμομύκητες κατά την αλκοολική ζύμωση και βακτήρια κατά τη μηλογαλακτική ζύμωση. Τέλος, το κατώφλι αντίληψης της ακετοΐνης στους οίνους, είναι υψηλό, με αποτέλεσμα, να θεωρείται αμελητέα η συνεισφορά της στο άρωμά τους (Μαλλούχος, 2003).

2.1.6 Αζωτούχες ενώσεις

Οι πτητικές αζωτούχες ενώσεις που βρίσκονται στον οίνο χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, στα ακεταμίδια, τις ετεροκυκλικές ενώσεις και τις αμίνες. Οι ζύμες, παράγουν ελάχιστες αμίνες και οι περισσότερες προέρχονται από το γλεύκος ή τη μηλογαλακτική ζύμωση. Στο σύνηθες pH του οίνου, οι αμίνες, βρίσκονται υπό τη μορφή άλατος, με αποτέλεσμα να είναι σχεδόν απίθανη η συνεισφορά τους στον αρωματικό χαρακτήρα των κρασιών. Για τα ακεταμίδια,

προκύπτουν τα ίδια σχεδόν συμπεράσματα με τις αμίνες, αφού το κατώφλι αντίληψής τους, είναι δέκα χιλιάδες φορές υψηλότερο από αυτό των αμινών (Μαλλούχος, 2003).

Συγκεντρωτικά, τα δευτερογενή αρώματα, επηρεάζονται από την διαδικασία οινοποίησης που θα ακολουθηθεί, καθώς και από τις θερμοκρασίες. Οι ζύμες, μεταβολίζουν τα σάκχαρα του σταφυλιού με τη δράση των ενζύμων που περιέχουν, και η αιθυλική αλκοόλη, το κύριο προϊόν της αλκοολικής ζύμωσης, παίζει σημαντικό ρόλο στον αρωματικό χαρακτήρα του οίνου.

Γλεύκη με περίσσεια ανόργανου αζώτου, παράγουν λιγότερες αλκοόλες εκτός της προπανόλης, η οποία σχηματίζεται από σάκχαρα. Επίσης, η παραγωγή ανώτερων αλκοολών αυξάνεται αν βελτιωθούν οι συνθήκες που συμβάλουν στη βιομάζα των κυττάρων, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας. Όπως προκύπτει από διάφορες έρευνες, η φαινυλο-2-αιθανόλη που δίνει αρώματα τριαντάφυλλου, παράγεται από πολύ μεγάλο αριθμό ζυμών και η σύνθεσή της, ευνοείται από την παρουσία οξυγόνου κατά τη ζύμωση, τις χαμηλές θερμοκρασίες ζύμωσης και από κάποιες ειδικές τεχνικές ερυθρής οινοποίησης, όπως είναι η θερμοοινοποίηση.

2.2 Παράγοντες που επιδρούν στο δευτερογενές άρωμα του οίνου

Στη συνέχεια αναλύονται οι παράγοντες που συντελούν στον καθορισμό του δευτερογενούς αρώματος του οίνου.

2.2.1 Αλκοολική ζύμωση

Κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης, οι ζύμες δεν μετατρέπουν μόνο τα σάκχαρα σε αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα. Παράγουν επίσης μια σειρά μικρών αλλά οργανοληπτικά σημαντικών πτητικών μεταβολιτών που δίνουν στον οίνο τον χαρακτήρα του (Swiegers et al., 2005).

2.2.1.1 Είδος ζυμομύκητα

Η ποιότητα του κρασιού συνδέεται στενά με τη μικροβιακή οικολογία της αλκοολικής ζύμωσης. Οι ζυμομύκητες συμβάλλουν στο άρωμα του κρασιού με την παραγωγή πτητικών μεταβολιτών. Το αρωματικό προφίλ του κρασιού έχει μελετηθεί σε σχέση με την ποσότητα αφομοιώσιμου αζώτου που είναι διαθέσιμη για τους ζυμομύκητες στο γλεύκος (Zhu *et al.* 2016).

Η μικροχλωρίδα, και ιδιαίτερα οι ζύμες, σχετίζονται με τις ζυμώσεις και επηρεάζουν το άρωμα του κρασιού μέσω των ακόλουθων μηχανισμών (Zhu *et al.* 2016):

- με τη χρησιμοποίηση των συστατικών του γλεύκους και με τη βιομετατροπή τους σε ενώσεις με αρωματικές ή γευστικές ιδιότητες.
- διαθέτοντας ένζυμα που μετατρέπουν ουδέτερες οι ενώσεις των σταφυλιών σε δραστικές ενώσεις που επηρεάζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά
- με την *de novo* σύνθεση πολλών αρωματικών δραστικών πρωτογενών και δευτερογενών μεταβολιτών (ο όρος *de novo* αναφέρεται στη σύνθεση σύνθετων μορίων από απλά μόρια)

Οι αυθόρμητες ζυμώσεις του κρασιού είναι συχνά απρόβλεπτες, με αποτέλεσμα την παραγωγή ανεπιθύμητων χαρακτηριστικών. Οι Zhang *et al.* (2007) διαπίστωσαν ότι η παρουσία ειδών μη *Saccharomyces* κατά την έναρξη της αλκοολικής ζύμωσης μπορεί να συμβάλει στην απελευθέρωση ορισμένων αγγλικονών (κυρίως τερπενίων) από τον άοσμο πρόδρομο γλυκοζίτη κατά τη διάρκεια της ζύμωσης.

Οι Gil *et al.* (1996) που απομόνωσαν και ανέλυσαν αρωματικές ενώσεις οίνων που εμβολιάστηκαν με καθαρές και μικτές καλλιέργειες οξυκόρυφων ζυμομυκήτων και *Saccharomyces* διαπίστωσαν ότι τα δείγματα που υπέστησαν ζύμωση με μικτές καλλιέργειες παράγαγαν υψηλότερη συγκέντρωση επιλεγμένων ενώσεων και υψηλότερες συνολικές ποσότητες αλκοολών και οξέων, σε σύγκριση με τους οίνους που παράχθηκαν με καθαρές καλλιέργειες του *Saccharomyces spp.* Οι οξυκόρυφες ζύμες είναι απαραίτητες για τη χημική σύνθεση και την ποιότητα του οίνου.

Οι Joseph et al.(2015) πραγματοποίησαν έρευνα σχετικά με τις ζύμες *Brettanomyces* και ταυτοποίησαν εάν 95 στελέχη δίνουν σταθερά θετικά αρωματικά χαρακτηριστικά. Διαπίστωσαν ότι κανένα από τα στελέχη δεν έδωσε θετικά αρώματα για τους αξιολογητές και 22 ενώσεις αναγνωρίστηκαν ως έχουσες μια επίδραση στο άρωμα, συμπεριλαμβανομένων των αιθυλφαινολών και βινυλφαινολών, καθώς και διαφόρων λιπαρών οξέων, αλκοολών, εστέρων, τερπενίων και μιας αλδεΐδης.

2.2.1.2 Σύσταση γλεύκους

Οι σημαντικότερες ενώσεις αρώματος και γεύσης του οίνου σχηματίζονται ως αποτέλεσμα του μεταβολισμού των αμινοξέων. Τέτοιες ενώσεις είναι οι ανώτερες αλκοόλες και οι συγγενείς εστέρες τους, καθώς και πτητικά οξέα. Αυτά τα παράγωγα προϊόντα προέρχονται από το μεταβολισμό της βαλίνης, της λευκίνη και της ισολευκίνης. Έχει αποδειχθεί ότι ο χαρακτήρας του ποικιλιακού αρώματος ορισμένων ποικιλιών σταφυλιών θα μπορούσε να εξηγηθεί εν μέρει από τη σύνθεση του σταφυλιού σε αμινοξέα (Hernández-Orte, et al. 2002). Αν και τα στελέχη των ζυμομυκήτων διαφέρουν σημαντικά στην ικανότητά τους να χρησιμοποιούν το άζωτο και τα αμινοξέα, διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι η προσθήκη αζώτου με τη μορφή αφομοιώσιμου αζώτου και αμινοξέων επηρεάζει το πτητικό αρωματικό προφίλ του οίνου. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέσω των οποίων τα αμινοξέα μπορούν να μεταβολιστούν σε αρωματικές ενώσεις: α) Η αντίδραση Ehrlich, μέσω της οποίας τα αμινοξέα καταβολίζονται σε ανώτερες αλκοόλες. Η αντίδραση Ehrlich επιδρά επίσης άμεσα ή έμμεσα στη σύνθεση άλλων αρωματικών ενώσεων. β) Τα αμινοξέα που περιέχουν θείο μπορούν να έχουν θετικό αντίκτυπο στο άρωμα του κρασιού. Για παράδειγμα, η 3-μερκαπτοεξανόλη μπορεί να προσδώσει φρουτώδη γεύση σε ένα κρασί. γ) Η αντίδραση Maillard, μια χημική αντίδραση μεταξύ αμινο-ομάδων και καρβονυλομάδων, που συντελεί στη δημιουργία νέων ενώσεων, μέσω της οποίας η κυστεΐνη μπορεί να σχηματίσει διάφορες ενώσεις που επιδρούν στο άρωμα του οίνου (Zhu et al. 2016).

2.2.1.3 Χειρισμοί κατά την οινοποίηση

Στη λευκή οινοποίηση, η διαδικασία της απολάσπωσης, οδηγεί σε κρασιά με πιο λίγες ανώτερες αλκοόλες και λιπαρά οξέα. Αυξημένες, όμως, είναι οι ποσότητες των λιπαρών οξέων, των αιθυλικών και οξικών εστέρων που έχουν ευχάριστο άρωμα. Στο σχηματισμό των αρωμάτων, σημαντικό ρόλο έχει η επιλογή των ζυμών, με σκοπό την αδρανοποίηση ιθαγενών ζυμών, τη γρήγορη εξέλιξη της αλκοολικής ζύμωσης, την παραγωγή επιθυμητών οσφρητικών ενώσεων και την πλήρη αποζύμωση. Αυτές οι ζύμες, επιδρούν στην παραγωγή αρωμάτων από πρόδρομες ουσίες του σταφυλιού. Η χρήση ζυμών που μπορούν και παράγουν λιγότερες οσφρητικές ουσίες, είναι επιθυμητές, διότι αρκετοί καταναλωτές, δεν επιθυμούν οίνους με έντονα τεχνολογικά αρώματα, όπως ονομάζονται τα αρώματα που προκύπτουν από απολασπωμένα γλεύκη σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Ακόμη, κατά τη λευκή οινοποίηση με προζυμωτική εκχύλιση, γίνεται εκχύλιση των υδατοδιαλυτών συστατικών του φλοιού της ράγας των σταφυλιών, πριν την έναρξη της αλκοολικής ζύμωσης. Το γλεύκος, στο οποίο έχουν περάσει τα συστατικά, ζυμώνεται, και ως αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η καλύτερη αξιοποίηση του ποικιλιακού δυναμικού, άρα και των αρωματικών χαρακτήρων, με τελικό αποτέλεσμα να ευνοούνται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος.

Στην ερυθρή οινοποίηση, όταν η ζύμωση πραγματοποιείται με παρουσία φλοιών και γιγάρτων των σταφυλιών, πραγματοποιείται και το φαινόμενο της εκχύλισης των αρωματικών ουσιών, των τανινών, που βρίσκονται στο φλοιό και στα γίγαρτα. Ο χρόνος παραμονής στέμφυλων και γλεύκους κατά την αλκοολική ζύμωση, επηρεάζει αρκετά την περιεκτικότητα των αρωματικών ουσιών. Αν και στην αρχή η εκχύλιση είναι έντονη, στην πορεία μειώνεται. Κατά την παραγωγή ερυθρού οίνου με θερμοοινοποίηση, πριν την έναρξη της αλκοολικής ζύμωσης και μετά την έκθλιψη των σταφυλιών, γίνεται θέρμανση του σταφυλοπολλτού με θερμαντήρες ταχείας θέρμανσης (70-80°C), με στόχο τη γρήγορη διάχυση των φαινολικών συστατικών πριν καν αρχίσει η ζύμωση.

Εάν η οινοποίηση, επιτευχθεί με εκχύλιση σε ατμόσφαιρα διοξειδίου του άνθρακα, δεν πραγματοποιείται έκθλιψη και απορραγισμός, όπως στην

κλασσική οينوποίηση, αλλά ολόκληρα τα στέμφυλα, με άθικτες τις ράγες, μεταφέρονται στις δεξαμενές ζύμωσης, με αποτέλεσμα κάποιες ποσότητες από τις ράγες να σπάνε και κάποιες να παραμένουν άθικτες. Μόλις αρχίσει η αλκοολική ζύμωση, το διοξείδιο του άνθρακα διώχνει τον αέρα και οι ράγες που δεν έχουν σπάσει βρίσκονται σε αναερόβιες συνθήκες, άλλες στον πυθμένα και άλλες στο αναερόβιο περιβάλλον του διοξειδίου του άνθρακα. Στη συνέχεια, οι ράγες εμποτίζονται με διοξείδιο του άνθρακα και ταυτόχρονα επιδρούν τα ενζυμικά συστήματα που υπάρχουν μέσα στη ράγα και τέλος γίνεται διάχυση διαφόρων ουσιών από το φλοιό προς τη σάρκα. Επιτυγχάνεται, δηλαδή, μια ενδοκυτταρική ζύμωση που πραγματοποιείται με τη δράση των ενζύμων της ράγας, ενώ η αλκοολική ζύμωση των σακχάρων του γλεύκους, πραγματοποιείται μέσα στα κύτταρα της ζύμης με τη βοήθεια των δικών τους ενζύμων. Ως αποτέλεσμα, στην ατμόσφαιρα του διοξειδίου του άνθρακα υπάρχει διάχυση των πολλαπλών ουσιών μέσα από τις κυτταρικές μεμβράνες. Ο στόχος όλων αυτών, είναι να σχηματιστεί χαρακτηριστικό άρωμα που προκύπτει από την ενδοκυτταρική ζύμωση. Αρχικά, λιγοστεύουν τα αρώματα της ποικιλίας και στη συνέχεια εκφράζεται ο τυπικός αρωματικός χαρακτήρας του οίνου που προέρχεται από ζύμωση σε ατμόσφαιρα διοξειδίου του άνθρακα.

Τέλος, η προσθήκη SO₂ στο γλεύκος πριν αρχίσει η αλκοολική ζύμωση, έχει ως επίπτωση τη μείωση του οξικού αιθυλεστέρα, όπως και άλλων ανώτερων εστέρων. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε ότι ποσότητα 50-60mg ελεύθερου θειώδη ανυδρίτη ανά λίτρο οίνου, βοηθάει στην ανάπτυξη αρώματος κατά την εμφιάλωση ορισμένων οίνων (Κοντοκώστας, 2010, Δήμου, 2012).

Οι Zhang et al. (2007) μελέτησαν τις επιδράσεις τριών εμπορικών ενζύμων εκχύλισης σε αρωματικές ενώσεις του οίνου Cabernet Sauvignon κατά τη διάρκεια αλκοολικής ζύμωσης και διαπίστωσαν ότι τα ένζυμα εκχύλισης θα μπορούσαν να έχουν σημαντική επίδραση στο σχηματισμό ενώσεων αρώματος.

2.2.2 Μηλογαλακτική ζύμωση

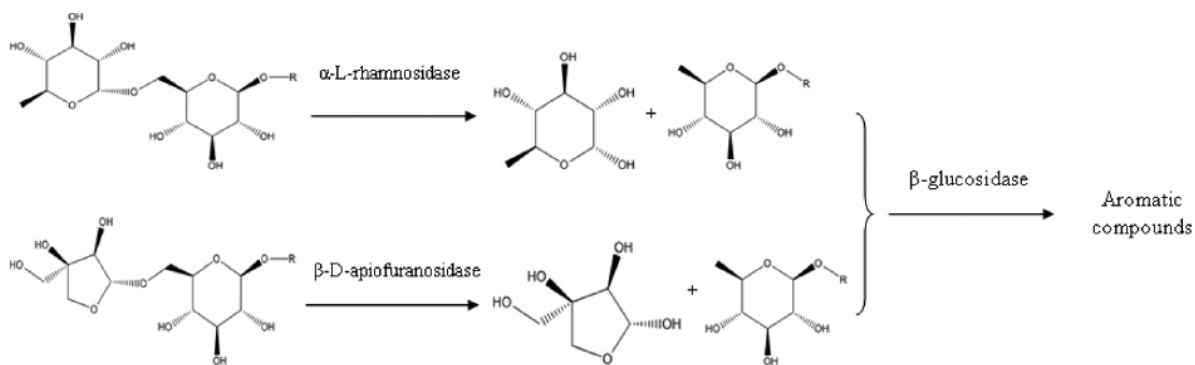
Η μηλογαλακτική ζύμωση (ΜΓΖ) είναι κατά κύριο λόγο ένα στάδιο αποξειδωσης, το οποίο χρησιμοποιείται για να διαμορφώσει την οξύτητα ορισμένων τύπων οίνου και να προσδώσει πρόσθετη μικροβιακή σταθερότητα στο προϊόν. Αυτή η διεργασία κανονικά διεξάγεται από γαλακτικά βακτήρια, απομονωμένα από κρασί, συμπεριλαμβανομένων των *Oenococcus oeni*, *Lactobacillus* spp., *Leuconostoc* spp. και *Pediococcus* spp. (Σουφλερός, 2012). Έχει αποδειχθεί ότι τα γαλακτικά βακτήρια κατά τη διάρκεια της ΜΓΖ μπορούν να επηρεάσουν το άρωμα του οίνου παράγοντας πτητικούς μεταβολίτες και ενώσεις που μεταβάλλουν το άρωμα που προήλθε από τα σταφύλια και τους ζυμομύκητες. Επιπλέον, η ΜΓΖ μπορεί να ενισχύσει το φρουτώδες άρωμα και τις βουτυρώδεις νότες, αλλά να μειώσει τα φυτικά, πράσινα / χορτώδη αρώματα του κρασιού. Σε πρόσφατες μελέτες, προέκυψε ότι τα γαλακτικά βακτήρια μπορούν επίσης να επηρεάσουν το άρωμα του κρασιού με την παραγωγή πρόσθετων ενώσεων που προέρχονται από τη δρυ. Επιπλέον, η ΜΓΖ είναι σημαντική σε κρασιά από θερμότερες περιοχές, επειδή αλλάζει τη σύνθεση του κρασιού και βελτιώνει την οργανοληπτική τους ποιότητα (de Revel et al.1999).

2.2.3 Άλλες μικροβιακές δράσεις (Δευτερογενείς ζυμώσεις – εκτροπές οίνου)

2.2.3.1 Δράσεις γαλακτικών βακτηρίων

Οι αρωματικές ενώσεις στο κρασί συνήθως απαντώνται τόσο ως "ελεύθερες" όσο και ως "δεσμευμένες" με ένα τμήμα σακχάρου. Μεγάλο ποσοστό αρωματικών ενώσεων στους οίνους βρίσκεται στη δεσμευμένη μορφή. Τα δυνητικά πτητικά τερπένια (PVTs) ανταποκρίνονται περισσότερο στις αμπελουργικές και οινολογικές καλλιέργειες πρακτικές από τα ελεύθερα πτητικά τερπένια (FVT). Πολλά γαλακτικά βακτήρια διαθέτουν καταλυτικά ένζυμα ικανά να απελευθερώσουν αρωματικές ενώσεις προερχόμενες από σταφύλια από τη φυσική τους άοσμη γλυκοζυλιωμένη κατάσταση. Οι κατηγορίες ενζύμων (β-γλυκοσιδάση, πρωτεάσες, εστεράσες, κιτρικές λυάσες

και αποκαρβοξυλάσες φαινολικού οξέος) είναι δυνατόν να υδρολύουν πρόδρομες ουσίες γεύσης και αρώματος και έτσι επηρεάζουν το άρωμα του κρασιού (Hjelmeland and Ebeler, 2014). Τα στάδια υδρόλυσης φαίνονται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4. Υδρόλυση γλυκοσιδικών πρόδρομων αρωματικών ενώσεων (Zhu et al. 2016)

2.2.4 Αλληλεπιδράσεις συστατικών του οίνου

Οι Jones et al. (2008) διερεύνησαν την επίδραση επιλεγμένων συστατικών του οίνου στο άρωμα που αντιλαμβάνεται ο καταναλωτής του οίνου, χρησιμοποιώντας ένα πρότυπο διάλυμα που προσομοιάζε με έναν λευκό οίνο. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη ήταν τα ακόλουθα:

- Η βαθμολογία για το «συνολικό άρωμα» και άλλα χαρακτηριστικά του αρώματος όπως «άρωμα εστέρων» και «άρωμα ανθέων» επηρεάστηκαν θετικά από τη συγκέντρωση των πτητικών συστατικών. Ωστόσο, για καθένα από αυτά τα χαρακτηριστικά, η ένταση της επίδρασης των πτητικών ουσιών επηρεάστηκε εν μέρει και από τα επίπεδα της γλυκερίνης και της αιθανόλης στον πρότυπο οίνο.
- Όταν η ένταση των πτητικών συστατικών ήταν υψηλότερη, τότε η ένταση του «συνολικού αρώματος» δεν επηρεάστηκε από την παρουσία γλυκερόλης ή την αυξημένη ποσότητα αιθανόλης. Ωστόσο,

στο χαμηλότερο επίπεδο των πτητικών συστατικών, η αιθανόλη φαινόταν να καταστέλλει το γενικό άρωμα απουσία γλυκερόλης, αλλά αντίθετα το ενίσχυε παρουσία γλυκερόλης.

- Η παρουσία πρωτεΐνης οδήγησε σε αυξημένη ένταση των χαρακτηριστικών αρώματος «άρωμα ανθέων», «άρωμα εστέρων» «άρωμα τυριού» και «συνολικό άρωμα», αλλά μόνο όταν η συγκέντρωση των πτητικών συστατικών ήταν σε χαμηλό επίπεδο. Στο υψηλότερο επίπεδο συγκέντρωσης πτητικών συστατικών, η προσθήκη πρωτεΐνης δεν επέφερε καμία αλλαγή ή μείωση στην αντιληπτή ένταση αυτών των χαρακτηριστικών.
- Η παρουσία πολυσακχαριτών είχε ελάχιστη επίδραση στις εντάσεις των επιμέρους χαρακτηριστικών του αρώματος. Η μόνη εξαίρεση ήταν μία μικρή επίδραση των πολυσακχαριτών στο «άρωμα ανθέων» και «άρωμα εστέρων», το μέγεθος της οποίας εξαρτάται από το επίπεδο της αιθανόλης. Ειδικότερα, η ένταση του «αρώματος εστέρων» μειώθηκε λόγω της παρουσίας πολυσακχαριτών στο υψηλότερο επίπεδο αιθανόλης.
- Η αιθανόλη και η γλυκερόλη σε συνδυασμό πιθανώς να επηρεάζουν την έκταση στην οποία άλλοι παράγοντες επηρεάζουν τη συνολική ένταση του αρώματος.
- Το χαμηλότερο συνολικό άρωμα παρατηρήθηκε στην συνδυασμένη παρουσία πολυσακχαριτών και γλυκερόλης στο χαμηλότερο επίπεδο αλκοόλης. Αυτό θα μπορούσε ενδεχομένως να εξηγηθεί από την αύξηση του ιξώδους του πρότυπου οίνου που μείωσε την πτητικότητα του αρωματικού μίγματος (Jones et al. 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΡΙΤΟΓΕΝΕΣ ΑΡΩΜΑ ΟΙΝΟΥ

Τα τριτογενή αρώματα ή μπουκέτο ή ευωδιά ή ανθοσμία, χαρακτηρίζουν τον παλαιωμένο οίνο και οφείλονται σε αρωματικά συστατικά που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της παλαίωσης με οξειδώσεις, αναγωγές, εστεροποιήσεις και άλλους μηχανισμούς. Ανεξάρτητα από τον περιέκτη όπου διατηρείται ο οίνος (δεξαμενή, βαρέλι και / ή φιάλη), κατά τη διαδικασία της παλαίωσης διεξάγονται πολλές χημικές αντιδράσεις (Grainger, 2009).

Δεδομένου ότι διακρίνονται δύο τύποι παλαίωσης, αντίστοιχα υπάρχουν και δύο τύποι μπουκέτου: το οξειδωτικό μπουκέτο των οίνων που παλαιώνουν παρουσία οξυγόνου (π.χ. jerez κλπ.) και οφείλεται κατά βάση στην ακεταλδεΐδη και τα παράγωγά της, και το αναγωγικό μπουκέτο των οίνων, που παλαιώνουν σε απόλυτη απουσία οξυγόνου και έχει την προέλευσή του στις αρωματικές ενώσεις του φλοιού των σταφυλιών, καθώς και στις πολυφαινόλες.

Το μπουκέτο αποδίδεται στις ανώτερες αλκοόλες, που είναι σημαντικές ως πρόδρομες ενώσεις για το σχηματισμό εστέρων κατά τη διάρκεια της παλαίωσης, στα πτητικά (λιπαρά) οξέα, στους εστέρες που σχηματίζονται από τις ανώτερες αλκοόλες και τα λιπαρά οξέα, στους αιθυλικούς εστέρες των λιπαρών οξέων, στους εστέρες των μη πτητικών οξέων, στα οξέα διυδροξυμηλεκικό, δικετοηλεκτρικό και διοξυτρυγικό, στις ενώσεις βαλίνη, λευκίνη, αιθανολαμίνη και σε πολλές άλλες (Σουφλερός, 2012, Zhu et al. 2016).

Τα τριτογενή αρώματα, που αναπτύσσονται κατά την παλαίωση των εκλεκτών οίνων και μπορούν να παρουσιάσουν μία πολύπλοκη σειρά από απρόσκοπτα, συνυφασμένα αρωματικά χαρακτηριστικά οσμής, που ιδανικά βρίσκονται σε απόλυτη αρμονία. Τα τριτογενή αρώματα είναι εκείνα που συχνά προκαλούν τα πιο περιγραφικά σχόλια, όπως π.χ. σέλα αλόγου, πούρο Αβάνας, δέρμα και φθινοπωρινός κήπος, ενώ πολλά φυτικά χαρακτηριστικά, όπως οι μυρωδιές που μοιάζουν με λάχανο ανήκουν επίσης στην τριτογενή ομάδα (Grainger, 2009).

3.1 Κατηγορίες αρωματικών ενώσεων που διαμορφώνουν το τριτογενές άρωμα

Κατά την παραμονή του οίνου στο βαρέλι λαμβάνει χώρα εκχύλιση αρωματικών ενώσεων και πολυφαινολών από το ξύλο του βαρελιού. Το επεξεργασμένο ξύλο από βελανιδιά περιέχει αρκετές πτητικές ουσίες με συγκεκριμένα αρώματα. Οι ενώσεις αυτές παράγονται από τη διάσπαση των σύνθετων πολυμερών ενώσεων του ξύλου (λιγνίνη, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη κ.ά.) (Λιολιούσης, 2007). Οι αρωματικές ουσίες που εκχυλίζονται ανήκουν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- λακτόνες (π.χ. ούισκι λακτόνη)
- πτητικές φαινόλες (π.χ. ευγενόλη)
- αλδεΐδες
- φαινολικές αλδεΐδες (π.χ. βανιλίνη)
- νορισοπρενοειδείς ενώσεις και τα
- φουρανικά παράγωγα (π.χ. 5-υδροξυμεθύλ-φουρφοουράλη)

Παρότι η βελανιδιά δίνει πολλές πτητικές ενώσεις, οι οποίες όλες συμβάλουν στο να αναδειχθεί το πολύπλοκο μπουκέτο, ωστόσο μόνο κάποιες απ' αυτές έχουν αρκετά σημαντικότερο ρόλο και αναπτύσσονται στη συνέχεια.

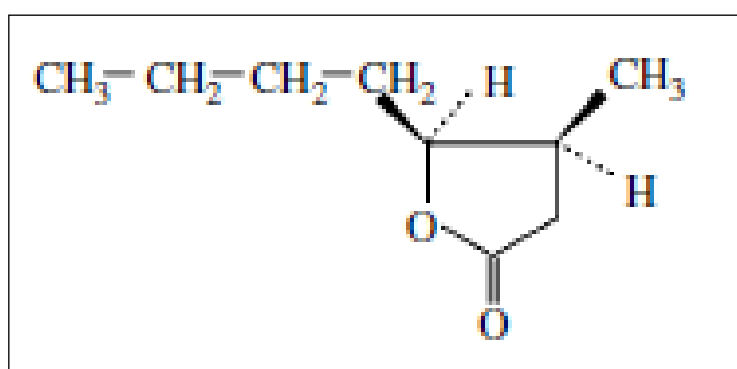
3.1.1 Λακτόνες: β -μέθυλο- γ -οκταλακτόνη

Οι λακτόνες είναι ισομερή της β -μέθυλο- γ -οκταλακτόνης (που ονομάζεται και ούισκι λακτόνη διότι για πρώτη φορά βρέθηκε σε παλαιωμένο απόσταγμα ούισκι), που αποτελείται από δύο ισομερή, cis- και trans. Ανακαλύφθηκαν στο ξύλο δρυός από τους Masuda and Nishimura το 1971. Είναι από τα κυριότερα εκχυλιζόμενα συστατικά από το ξύλο δρυός και τα κατώτατα όρια ανίχνευσής τους είναι 0,092 mg/L για το cis ισομερές και 0,49 mg/L για το trans ισομερές (Γκανάς, 2010).

Το cis ισομερές χαρακτηρίζεται από χωμάτινα και χορτώδη οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, με μια σχεδόν ανεπαίσθητη οσμή καρύδας, και είναι 4–5 φορές πιο αρωματικό από το trans (+) ισομερές. Το trans ισομερές έχει οσμή

καρύδας και πολύ πικάντικο χαρακτήρα μπαχαρικών. Επάνω από μια ορισμένη συγκέντρωση, τα ισομερή της λακτόνης μπορεί να έχουν αρνητική επίδραση στο άρωμα του οίνου, αφού παρουσιάζουν έντονο χαρακτήρα ξύλου και ρητινούχο μυρωδιά (Ribéreau-Gayon, 2003).

Τα ελάχιστα όρια αναγνωρισιμότητας του αρώματος αυτών των δύο λακτονών είναι 90 μg/L για τη *cis*-β-μεθυλο-γ-οκταλακτόνη και 490 μg/L για την *trans*-β-μεθυλο-γ-οκταλακτόνη (Chatonnet, 1991).



Εικόνα 5. Β-μέθυλο-γ-οκταλακτόνη (Γκανάς, 2010)

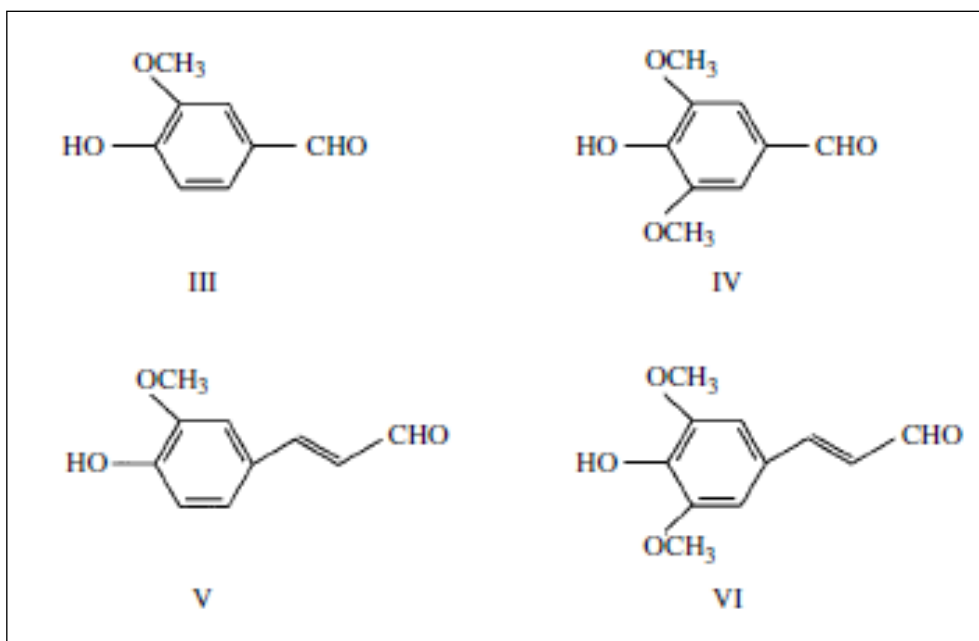
3.1.2 Φαινολικές αλδεΐδες και πτητικές φαινόλες

Κατά το κάψιμο των βαρελιών, η λιγνίνη διασπάται στις πτητικές φαινόλες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για το άρωμα και τη γεύση του καπνού που αποκτά ο οίνος μετά την παλαίωση. Η πυρόλυση εντείνει την αποσύνθεση και οδηγεί, επίσης, στην παραγωγή αρωματικών φαινολικών αλδεϋδών (Jackson, 2008).

Οι φαινολικές αλδεΐδες υπάρχουν σε μικρές ποσότητες και σχηματίζονται από τη θερμική διάσπαση της λιγνίνης κατά το ψήσιμο των βαρελιών.

Η βανιλίνη, αν και έχει μικρότερη συγκέντρωση από τη συριγκαλδεΐδη, είναι η κύρια φαινολική αλδεΐδη και ως περισσότερο αρωματική είναι υπεύθυνη για το άρωμα βανίλιας, караμέλας και γεύσης cream soda (Ribéreau-Gayon et al., 2003).

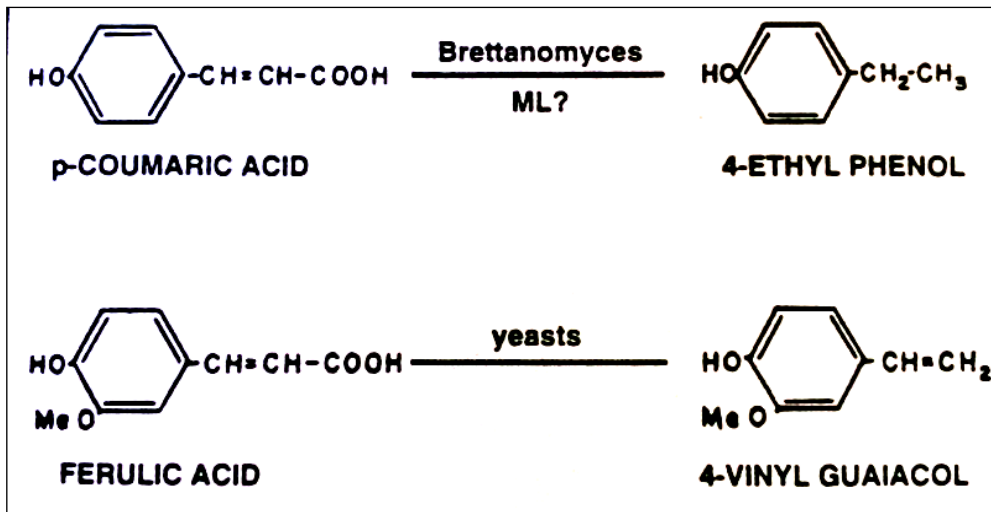
Εάν η βανιλίνη οξειδωθεί σε βανιλικό οξύ, το άρωμα θα μειωθεί (Λιολιούσης, 2007).



Εικόνα 6. Πτητικές φαινόλες που εκχυλίζονται από το ξύλο δρυός: III: βανιλίνη, IV: συριγκαλδεύδη, V: κονιφεραλδεύδη, VI: σιναπαλδεύδη (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2003)

Οι υπόλοιπες φαινόλες βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες (Gimenez Martinez *et al.* 1996, Τσακίρης 2014).

Άλλες φαινόλες που προέρχονται από το ξύλο της δρυός είναι τα 4-αιθυλ- και 4-βινυλο- παράγωγα της φαινόλης και της γουαϊακόλης τα οποία προκύπτουν, κατά κανόνα, σύμφωνα με το μηχανισμό της εικόνας 7. Η 4-αιθυλο-φαινόλη περιγράφεται ως ανεπιθύμητη, με άρωμα ξύλου και φαινόλης. Είναι αισθητή σε συγκέντρωση 0,4 mg/l (Singleton, 1995).

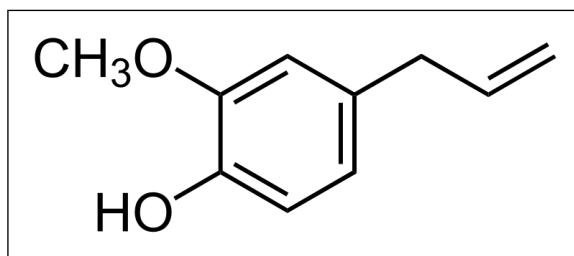


Εικόνα 7. Μετατροπή φερουλικού και κουμαρικού οξέος σε πτητικές φαινόλες (Singleton, 1995)

Οι συνήθεις συγκεντρώσεις της στους οίνους κυμαίνονται από 0 μέχρι 1,8 mg/l. Το αντίστοιχο όριο ανίχνευσης για την 4-αιθυλ-γουαϊακόλη είναι 20 µg/l και έχει βρεθεί σε συγκέντρωση μέχρι και 200 mg/l σε ερυθρούς οίνους. Χαρακτηρίζεται από άρωμα γαρίφαλου, μπαχαρικών και φρυγανισμένου ψωμιού, τα οποία δεν είναι και τόσο ανεπιθύμητα (Singleton, 1995).

3.1.3 Ευγενόλη

Το ξύλο δρυός δίνει πολλές πτητικές φαινόλες αλλά σε πολύ μικρή ποσότητα. Η μόνη πτητική φαινόλη σε αξιοσημείωτη συγκέντρωση είναι η ευγενόλη. Η ευγενόλη είναι υπεύθυνη για το άρωμα γαρίφαλου, σκόρδου και μπαχαρικών (Τσακίρης 2014, Singleton 1995).



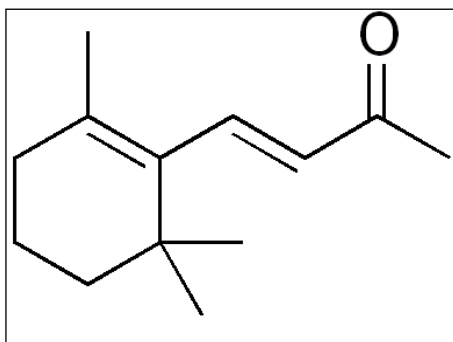
Εικόνα 8. Ευγενόλη (Wikipedia)

3.1.4 Αλδεΐδες

Αν οι σανίδες του βαρελιού δεν υποστούν θερμική επεξεργασία τότε κάποιες αλδεΐδες (trans-2-ενεάλη, trans-2-οκτανάλη, 1-δεκανάλη) μπορεί να δώσουν άρωμα σανίδας κόντρα πλακέ, το οποίο είναι ανεπιθύμητο (Ribéreau-Gayon et al., 2003).

3.1.5. Νορισοπρενοειδείς ενώσεις

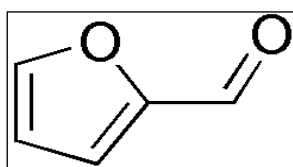
Η βελανιδιά μπορεί επίσης να απελευθερώσει νορισοπρενοειδείς ενώσεις στον οίνο. Η σημαντικότερη είναι η β-ιονόνη (Ribéreau-Gayon et al., 2003).



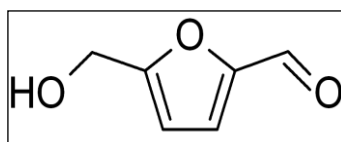
Εικόνα 9. β-ιονόνη (Wikipedia)

3.1.6. Φουρανικά παράγωγα

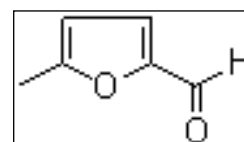
Διαφορετικού τύπου αλδεΐδες, οι οποίες έχουν αντίκτυπο στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του οίνου, είναι οι ενώσεις που ανήκουν στα φουρανικά παράγωγα. Αυτές είναι η φουρφουράλη, η 5-μεθυλφουρφουράλη και η 5-υδροξυμεθύλο-2-φουρφουράλη (Jackson, 2008). Τα φουρανικά παράγωγα προέρχονται από την αποικοδόμηση της κυτταρίνης και της ημικυτταρίνης (Moreno-Arribas et al., 2009). Τα αρώματα που δίνουν αυτές οι ενώσεις είναι ψημένου αμυγδάλου, ξηρών καρπών και ζαχαρωτών (Mosedale and Puech, 2003).



Φουρφουράλη



5-υδροξυμεθύλο-
2-φουρφουράλη



5-μεθυλο-
φουρφουράλη

Εικόνα 10. Φουρανικά παράγωγα (Wikipedia)

Η παραγωγή οίνων ποιότητας προϋποθέτει χρήση καινούριων βαρελιών. Αυτό σημαίνει ότι ή πρέπει να μην έχουν χρησιμοποιηθεί ποτέ ή να έχουν χρησιμοποιηθεί μια φορά ανάλογα με τον οινοποιό γιατί κάποιιο πιστεύουν ότι την πρώτη φορά το βαρέλι δίνει πολλή «ξυλίλα». Η επαναχρησιμοποίηση και το ξύσιμο είναι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για μείωση του κόστους σε φτηνούς οίνους (Jackson, 2008).

3.2 Παράγοντες που επιδρούν στο τριτογενές άρωμα του οίνου

Το τελικό προφίλ αρώματος και γεύσης εξαρτάται επίσης σε μεγάλο βαθμό από όλες επεξεργασίες που πραγματοποιούνται μεταζυμωτικά, όπως η διήθηση, καθώς και από την παλαίωση σε ξύλινα βαρέλια.

3.2.1 Οξειδωτική παλαίωση

Η παλαίωση σε δρύινα βαρέλια προσφέρει στο κρασί δομή, πολυπλοκότητα και διάρκεια των αρωμάτων. Ωστόσο, δεν μπορεί να μετατρέψει ένα όχι τόσο καλό κρασί σε ένα εξαιρετικό προϊόν (Frangipane et al. 2007).

Κατά την παραμονή του οίνου στο βαρέλι συμβαίνουν τα ακόλουθα φαινόμενα (Σουφλερός, 2012):

- Οξυγόνωση του οίνου. Το κρασί θα περιέχει ήδη κάποιο διαλυμένο οξυγόνο, ενώ από την παραμονή στο βαρέλι θα προσλάβει επιπλέον ποσότητα, η οποία ανέρχεται ετησίως σε 2-5 cm³ οξυγόνου ανά λίτρο οίνου από τους πόρους του ξύλου και 16-20 cm³ οξυγόνου ανά λίτρο οίνου από την ελεύθερη επιφάνεια του οίνου εφόσον τα βαρέλια είναι κλεισμένα ερμητικά. Αυτή η οξυγόνωση που λαμβάνει χώρα, αυξάνει την περιεκτικότητα του οίνου σε αλδεΐδη.
- Εξέλιξη του χρώματος. Με την επίδραση του οξυγόνου, το ζυηρό χρώμα του ερυθρού οίνου μετατρέπεται σε κίτρινο πορτοκαλί.
- Απώλεια ποσότητας οίνου. Η εξάτμιση του οίνου, μέσα από τους πόρους του ξύλου, ποικίλει ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο κελάρι.
- Διαύγαση. Η καθίζηση των διαφόρων αιωρημάτων του οίνου, με το πέρασμα του χρόνου, έχει ως αποτέλεσμα τη φυσική διαύγαση αυτού. Συχνά, κατά την παραμονή του οίνου στο βαρέλι, επιχειρείται η διαύγασή του με την παρέμβαση του ανθρώπου.
- Εμπλουτισμός του οίνου από γευστικά και αρωματικά συστατικά, που προέρχονται από το ξύλο της δρυός. Τέτοια είναι οι ταννίνες, η βανιλίνη (βανιλική αλδεΐδη), η συριγκαλδεΐδη, τα οξέα βανιλικό, συριγγικό, φερουλικό κ.ά. Οι ουσίες αυτές βελτιώνουν τη γεύση και το μπουκέτο του οίνου.
- Εστεροποίηση. Ο πιθανός σχηματισμός εστέρων οδηγεί στη μείωση της οξύτητας.
- Απελευθέρωση πρόδρομων αρωματικών ενώσεων: Κατά την παλαίωση του κρασιού, υπό ήπιες όξινες συνθήκες μπορεί να συμβεί απελευθέρωση πρόδρομων αρωματικών ενώσεων (Zhu et al. 2016).

Οι ανώτερες αλκοόλες είναι σημαντικές ως πρόδρομοι για το σχηματισμό εστέρων κατά τη διάρκεια της παλαίωσης.

- Μερικές φορές, η παλαίωση του οίνου σε βαρέλι έχει αρνητικές επιπτώσεις, γιατί υπάρχει κίνδυνος βακτηριακών προσβολών, υπέρμετρης οξειδωσης, απόκτησης δυσάρεστων οσμών (οσμή μούχλας), διαρροών κλπ.

Γενικότερα, η παραμονή του οίνου στο βαρέλι επιδρά, κυρίως, στην εξέλιξη του χρώματός του, ενώ παράλληλα του προσθέτει συστατικά που προέρχονται από το ξύλο και επηρεάζουν τη γεύση και το τριτεύον άρωμά του (Σουφλερός, 2012).

Στον οίνο υπάρχουν πολλές πτητικές ενώσεις, όπως τερπένια, αλκοόλες, αλδεΐδες, κετόνες, οξέα, εστέρες, ακετάλη, αζωτούχες ενώσεις, ενώσεις με θείο και φαινόλες (303 γνωστές μέχρι σήμερα) (Γκανάς, 2010). Το ξύλο χαρίζει πλήθος από αυτές και είναι μια πολύ δελεαστική εισφορά διότι δίνουν ποικίλα αρώματα, τα οποία ο οίνος δεν μπορεί να πάρει από πουθενά αλλού. Ο αριθμός αυτών των ενώσεων, αλλά και η ποσότητα η οποία θα εκχυλιστεί, εξαρτάται από δύο κύριες ομάδες παραγόντων. Από τη μία, είναι η ποικιλία του ξύλου και η γεωγραφική του προέλευση. Από την άλλη είναι η διαχείριση του ξύλου κατά τη βαρελοποίηση, δηλαδή πως έγινε η ξήρανση του ξύλου, η θερμοκρασία ψησίματος του, αλλά και πως κόπηκαν οι ξύλινες σανίδες (Fernandez de Simon et al., 2006).

Ο οίνος που έχει ωριμάσει σε νέα βαρέλια απορροφά επίσης ενώσεις από τη δρυ που περιλαμβάνουν βανιλίνη, λιγνίνη και ταννίνη, ενώ οι οίνοι που ωριμάζουν σε παλαιότερα (επαναχρησιμοποιημένα) βαρέλια θα απορροφήσουν αυτές τις ενώσεις σε μικρότερο βαθμό (Grainger, 2009).

Το επεξεργασμένο ξύλο από βελανιδιά περιέχει αρκετές πτητικές ουσίες με συγκεκριμένα αρώματα, οι οποίες συμβάλλουν στην ανάδειξη του πολύπλοκου μπουκέτου, αν και μόνο ορισμένες από αυτές έχουν αρκετά σημαντικότερο ρόλο. Οι ενώσεις αυτές παράγονται από τη διάσπαση των σύνθετων πολυμερών ενώσεων του ξύλου (λιγνίνη, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη κ.ά.) (Λιολιούσης, 2007).

3.2.1.1 Είδος βαρελιού

Ο ρόλος του βαρελιού στην παλαίωση είναι διπλός. Αποτελεί βέβαια ένα κομμάτι ξύλου αλλά και ένα πορώδες υλικό. Στην πρώτη ιδιότητά του οφείλεται ότι, σημαντικά συστατικά εκχυλίζονται από το ξύλο του βαρελιού και προσδίδουν χαρακτηριστικό άρωμα και γεύση στον οίνο. Η δεύτερη ιδιότητά του, είναι ότι από το πορώδες του ξύλου περνά ατμοσφαιρικό οξυγόνο αργά, προκαλώντας έτσι το σταδιακό μετασχηματισμό διάφορων σημαντικών για τη γεύση και το άρωμα του οίνου ουσιών, όπως είναι οι αρωματικές ουσίες και τα φαινολικά συστατικά.

Οι οίνοι, προκειμένου να υποστούν τη διαδικασία της ωρίμανσης, πρέπει να έχουν το κατάλληλο πολυφαινολικό και αρωματικό δυναμικό, έτσι ώστε να αντέξουν τη μακρόχρονη επίδραση του οξυγόνου, αλλά και να «δέσουν» αρμονικά με το χαρακτήρα του ξύλου (Λιολιούσης, 2007).

Οι δύο ισομερείς λακτόνες δρυός είναι οι πιο αντιπροσωπευτικές ουσίες από αυτές που εκχυλίζονται από το ξύλο στον οίνο. Ο ρυθμός εκχύλισης αυτών των δύο συστατικών είναι πολύ σημαντικός, γιατί δείχνει από ποια ποικιλία δρυός προήλθαν (Γκανάς, 2010). Η αναλογία των δύο ισομερών είναι δείκτης της ποικιλίας της δρυός. Βρίσκοντας αυτήν την αναλογία μπορούμε να καταλάβουμε αν το βαρέλι είναι ισπανικό, αμερικανικό, ουγγρικό ή γαλλικό.

Είναι γνωστό ότι τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των οίνων που παλαιώνουν σε ξύλινα βαρέλια επηρεάζονται σημαντικά από τη γεωγραφική προέλευση του χρησιμοποιούμενου ξύλου (Feuillat et al. 1998). Η επιλογή είναι γενικά προσανατολισμένη προς το γαλλικό ξύλο από διάφορες περιφέρειες ή δάση, συγκεκριμένα το Allier (δάσος της Tronçais), Limousin, Cher (δάσος του S. Palais), Nièvre (δάσος του Never και Bertange), Borgogna (δάσος της Citeaux), Vosges (δάσος Darney) και Argonne. Ο τύπος των ξύλινων βαρελιών που χρησιμοποιείται βασίζεται κυρίως στην εμπειρική επιλογή των παραγωγών και επηρεάζεται επίσης από οικονομικούς παράγοντες (Frangipane et al. 2007).

Η χρήση βαρελιών από τέσσερα διαφορετικά δάση, και συγκεκριμένα από τα δάση Allier (A), Never (N), Tronçais (T), Limousin (L) είχε ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη ή μικρότερη επίδραση στο άρωμα του οίνου που αποθηκεύτηκε σε αυτά (Frangipane et al. 2007). Ειδικότερα, σε οίνους που διατηρήθηκαν σε βαρέλια A (Allier) τα αρώματα των κόκκινων φρούτων και των μαύρων μούρων, που χαρακτηρίζουν τα νεαρά κρασιά, εξαφανίστηκαν πλήρως από τα κλασικά αρώματα των βαρελιών (βανιλίνη, κακάο και γλυκόριζα). Στα ερυθρά κρασιά που ωρίμασαν σε ξύλινα βαρέλια N (από το δάσος Never), τα αρώματα του βαρελιού έσβησαν τα τυπικά χαρακτηριστικά του οίνου Merlot. Σχετικά με τους οίνους που παλαίωσαν σε βαρέλια T (Tronçais), αυτοί διατήρησαν τα τυπικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία συγχωνεύτηκαν πολύ καλά με εκείνα του ξύλου. Τέλος, οι οίνοι που παλαίωσαν σε βαρέλια L από το δάσος Limousin, το άρωμα φρούτων, το οποίο είναι χαρακτηριστικό της ποικιλίας του κρασιού, εμπλουτίστηκε από τα αρώματα βανίλιας και μπαχαρικών από το βαρέλι (Frangipane et al. 2007).

3.2.1.2 Χειρισμοί κατά την παλαίωση

Ένα μεγάλο πρόβλημα οικονομικής φύσεως που προκύπτει κατά τη διάρκεια της παλαίωσης είναι οι απώλειες προϊόντος λόγω εξάτμισης από την επιφάνεια των βαρελιών. Περίπου 2–5% του όγκου μπορεί να χαθεί κάθε χρόνο με αυτόν τον τρόπο, ενώ αύξηση της θερμοκρασίας εντείνει αυτό το πρόβλημα. Επίσης, η σχετική υγρασία των κελαριών μπορεί να αυξήσει ή να μειώσει τον αλκοολικό βαθμό του οίνου. Με τη βοήθεια υψηλής σχετικής υγρασίας επιβραδύνεται η εξάτμιση του νερού, όχι όμως και η απώλεια αλκοόλης. Συνεπώς, ο αλκοολικός βαθμός του κρασιού μειώνεται στα υγρά κελάρια. Κάτω από συνθήκες ξηρασίας η εξάτμιση του νερού είναι μεγαλύτερη από αυτή της αιθανόλης, με αποτέλεσμα την αύξηση του αλκοολικού βαθμού.

Μαζί με το νερό και την αιθανόλη, μικρές ποσότητες από ακεταλδεΐδη, ακετάλη, οξικό οξύ, και οξικού αιθυλεστέρα χάνονται με την εξάτμιση από τις επιφάνειες βαρελιών. Επιπρόσθετα, με την απώλεια νερού και αιθανόλης, παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης των πτητικών και μη πτητικών συστατικών.

Στα τοιχώματα του βαρελιού συσσωρεύονται τρυγίες και κάποιες ταννίνες, οι οποίες είναι πάρα πολύ δύσκολο να αφαιρεθούν, ακόμη και με εκτεταμένο καθαρισμό με ακριβές χημικές ουσίες. Όταν τα βαρέλια δεν περιέχουν οίνο, πρέπει να προστατευτούν τόσο κατά της απώλειας υγρασίας όσο και κατά τη μικροβιακή αλλοίωση (εγκατάσταση συστήματος air-condition). Βακτήρια και μύκητες μπορούν να αναπτυχθούν και να μολύνουν πολύ εύκολα τον οίνο της επόμενης χρονιάς. Κοινά σφάλματα που μπορούμε να πάρουμε από τη μικροβιακή επιμόλυνση είναι άρωμα φελλού, γεύση ξιδιού (κυρίως από μεταβολισμό από βακτήρια οξικού οξέος), και τέλος γεύση λιπάσματος ή στάβλου (*Brettanomyces ssp*). Επίσης υπάρχει κίνδυνος αύξησης της πτητικής οξύτητας λόγω πιθανής ανάπτυξης αερόβιων οξικών βακτηρίων και άλλων μικροοργανισμών στις οπές του ξύλου των βαρελιών, με προφανείς επιπτώσεις στην ποιότητα (Jackson, 2008).

3.2.2 Αναγωγική παλαίωση

Η παλαίωση στη φιάλη έχει ως αποτέλεσμα αλλαγές στις πτητικές ενώσεις του οίνου. Είναι γενικά αποδεκτό ότι η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη για την ωρίμανση πολλών εκλεκτών οίνων, ιδιαίτερα ερυθρών (Grainger, 2009).

Μετά την εμφιάλωση, ο οίνος βρίσκεται σε αναγωγικό περιβάλλον και η απόλυτη ερμητικότητα εξασφαλίζεται μέσω του σωστού κλεισίματος της φιάλης με χρήση καλής ποιότητας πώματος φελλού. Η ποσότητα οξυγόνου που εισέρχεται στη φιάλη διαμέσου του φελλού είναι πολύ μικρή, της τάξεως των 0,25 -1,0 ml, ανάλογα με το είδος του φελλού (Lopes, et al. 2006). Έτσι, λοιπόν, ελάχιστη ποσότητα οξυγόνου είναι διαθέσιμη για τον οίνο, η οποία περιέχεται στο κενό διάστημα ανάμεσα στο κρασί και το φελλό, στην περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται αδρανές αέριο (άζωτο ή αργό) κατά την εμφιάλωση, και στο εσωτερικό του φελλού (στους πόρους). Η αναγωγική παλαίωση απαιτεί καθαρά αναερόβιο περιβάλλον στο εσωτερικό της φιάλης, καθώς τα συστατικά που συντελούν στην ανάπτυξη του μπουκέτου αποκτούν ιδιαίτερη, ευχάριστη οσμή μόνο σε αυτές τις συνθήκες, ενώ με την επαφή των συγκεκριμένων ενώσεων με το οξυγόνο, χάνεται το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό.

Έχει παρατηρηθεί ότι ένας οίνος (λευκός ή ερυθρός) παλαιωμένος σε φιάλη για αρκετό χρονικό διάστημα, όταν ανοιχτεί και παραμείνει εκτεθειμένος στον αέρα για κάποιο χρονικό διάστημα (12 - 24 ώρες) ή όταν μεταγγίζεται σε μία κανάτα, χάνει μεγάλο μέρος από την ευωδιά του (μπουκέτο). Ο εμφιαλωμένος οίνος αυξάνει επίσης το "λιπαρό" και το "ιξώδες" (Σουφλερός, 2012).

Γενικότερα, η ανάπτυξη του μπουκέτου ή της ανθοσμίας στους οίνους απαιτεί τις ακόλουθες συνθήκες:

- Παρουσία αρωματικών ουσιών ή προδρόμων ουσιών αρωματικών ενώσεων.
- Ερμητικό κλείσιμο των φιαλών, για τη δημιουργία αναερόβιου περιβάλλοντος στο εσωτερικό της φιάλης.
- Κατάλληλο αναγωγικό περιβάλλον, το οποίο ευνοείται από την παρουσία θειώδη ανυδρίτη.
- Ελεγχόμενο εμπλουτισμό σε οξυγόνο πριν από την εμφιάλωση, ο οποίος όμως δεν ενδείκνυται για λευκά κρασιά (Σουφλερός, 2012).

Η παλαίωση του οίνου στη φιάλη χαρακτηρίζεται από μία συστηματική μείωση του οξειδοαναγωγικού δυναμικού μέχρι μία οριακή τιμή. Στο κρασί πραγματοποιούνται αντιδράσεις που δεν προϋποθέτουν παρουσία οξυγόνου, αν και δεν αποκλείεται η είσοδος απροσδιόριστων ποσοτήτων οξυγόνου. Στο διάστημα αυτό η φιάλη θα πρέπει να προστατεύεται από πηγές φωτός, ιδιαίτερα αν πρόκειται για λευκή φιάλη, ενώ είναι απαραίτητα συγκεκριμένα υγρασίας για τη διατήρηση της στεγανότητας του φελλού και απουσία κραδασμών για να μην προκληθεί αιώρηση των ιζημάτων (Πάντος, 2000).

Τα φαινόμενα που εξελίσσονται στον οίνο κατά την αναγωγική παλαίωση περιλαμβάνουν τη συμμετοχή των φαινολικών ενώσεων σε αντιδράσεις «ομοιογενούς πολυμερισμού» των ταννινών και συμπύκνωσης ανθοκυανών και ταννινών. Οι αντιδράσεις συνεχίζονται μέχρι την ιζηματοποίηση των πολυμερών, η οποία έχει ως αποτέλεσμα το μαλάκωμά της γεύσης του οίνου. Η ταχύτητα και η ένταση των αντιδράσεων διαφέρει, ανάλογα με τη φύση των ταννινών κατά την εμφιάλωση του οίνου. Από χρωματική άποψη, παρατηρείται αύξηση της απόχρωσης και μείωση των ανθοκυανών μέχρι την οριακή τιμή των 50 mg/L. Οι ελεύθερες ανθοκυάνες εξαφανίζονται, η ένταση μεταβάλλεται ελαφρά και η απόχρωση μεταβάλλεται προς το πορτοκαλί (Πάντος, 2000).

Αναφορικά με την εξέλιξη του μπουκέτου, το μπουκέτο εμφανίζεται μετά από κάποιο διάστημα παλαίωσης στη φιάλη, σε γενικές γραμμές όταν το σύνολο του διαλυμένου οξυγόνου έχει αντιδράσει και το οξειδοαναγωγικό δυναμικό έχει φτάσει σε μία οριακή τιμή μικρότερη ή ίση των 200 mV. Η τιμή αυτή διαφοροποιείται ανάλογα με τη φύση του οίνου, την περιεκτικότητα του σε θειώδη ανυδρίτη και το υλικό κατασκευής του πώματος. Πολύπλοκες αντιδράσεις που εξαρτώνται από το οξειδοαναγωγικό δυναμικό πραγματοποιούνται στο κρασί οδηγούν στη δημιουργία αναγωγικών ενώσεων και στην εναρμόνιση των αρωμάτων του σταφυλιού, των ζυμώσεων (αλκοολική, μηλογαλακτική) και της ωρίμανσης (ξύλο, βανίλια). Όσο μειώνεται το οξειδοαναγωγικό δυναμικό οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται αυξάνονται και συνεχίζονται για όσο διάστημα η τιμή του οξειδοαναγωγικού δυναμικού παραμένει σε χαμηλά επίπεδα (Πάντος, 2000).

Η θερμοκρασία και το φως επεμβαίνουν για να ευνοήσουν τις αναγωγικές συνθήκες, επιταχύνουν το φαινόμενο και ενδεχομένως το μεταβάλλουν. Έτσι, το μπουκέτο εμφανίζεται μετά το καλοκαίρι, ενώ η επίδραση του φωτός προκαλεί αλλοιώσεις. Η εξέλιξη των φαινομένων είναι αργή στους 12 °C, ενώ επιταχύνεται στους 18 °C, και μπορεί να γίνει έντονη σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Οι εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας είναι ανεπιθύμητες, καθώς αφενός μεταβάλλουν την ταχύτητα των αντιδράσεων και αφετέρου προκαλούν μεταβολή στον όγκο του οίνου που μπορεί να ευνοήσουν την είσοδο αέρα στη φιάλη (Πάντος, 2000).

Ο οίνος κατά τη διάρκεια της αναγωγικής παλαίωσης είναι ευάλωτος στο οξυγόνο και μία βίαιη οξειδωση που μπορεί να προκληθεί από έλλειψη στεγανότητας του φελλού θα είχε ως αποτέλεσμα την ταχύτατη και ολοκληρωτική αποικοδόμηση του οίνου (Πάντος, 2000).

3.2.3 Συνθήκες αποθήκευσης

Η θερμοκρασία μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του οίνου σε πολλά στάδια κατά τη διάρκεια της ζωής του. Αυξημένη θερμοκρασία, εντούτοις, ενέχει σημαντικό κίνδυνο για τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του

οίνου και την προκύπτουσα διάρκεια ζωής του. Οι οίνοι συχνά αντιμετωπίζουν δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση και αυτό μπορεί να επηρεάσει άμεσα το χρώμα, το άρωμα και την αίσθηση στο στόμα του οίνου. Η υψηλότερη και/ή η κυμαινόμενη θερμοκρασία μπορεί ουσιαστικά να επιταχύνει τη διαδικασία γήρανσης. Δυστυχώς, αυτές οι αλλαγές παραμένουν συχνά απαρατήρητες έως ότου το κρασί φθάσει στον καταναλωτή. Πολλές μελέτες έχουν διερευνήσει την επίδραση της αυξημένης θερμοκρασίας στους οίνους, με αξιοσημείωτη επίδραση, και πιο συνηθισμένες επιπτώσεις τη μείωση του διοξειδίου του θείου, την ανάπτυξη χρώματος (αμαύρωση των λευκών οίνων) και οι αλλαγές στο προφίλ των πτητικών ενώσεων. Δυστυχώς, οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες τείνουν να έχουν ένα στενό πεδίο και τείνουν να εστιάζονται μόνο σε περιορισμένο αριθμό τύπων οίνων ή σε συγκεκριμένες ενώσεις. Οι χημικές αλλαγές που παρατηρούνται σε ερυθρούς οίνους που επηρεάζονται από τη θερμότητα είναι γενικά πιο περίπλοκες από ό, τι στους λευκούς οίνους, αλλά αναμφισβήτητα τα λευκά κρασιά είναι πιο ευαίσθητα στην επίδραση της θερμότητας και συνεπώς απαιτούν το ίδιο ή μεγαλύτερο επίπεδο έρευνας όσον αφορά στις επιπτώσεις της θερμοκρασίας (Scrimgeour, et al. 2015).

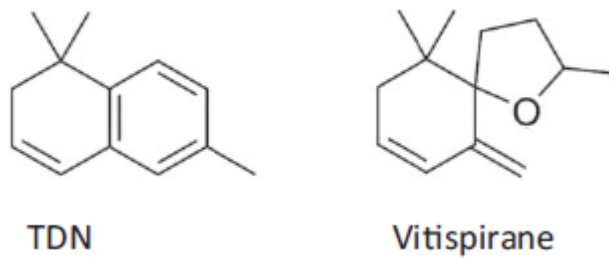
Στην ιδανική περίπτωση, οι οίνοι πρέπει να αποθηκεύονται σε δροσερά κελάρια ή κλιματιζόμενους χώρους (15-20°C) αλλά πιο συχνά από το επιθυμητό, αν και συχνά κατά τη μεταφορά οι οίνοι εκτίθενται σε περιβαλλοντικές συνθήκες που απέχουν από τις βέλτιστες, καθώς εκτίθενται σε υψηλότερη και κυμαινόμενη θερμοκρασία. Η εξέλιξη ενός κρασιού είναι μια προσεκτική ισορροπία ανάμεσα στο να δοθεί η δυνατότητα ανάπτυξης της πολυπλοκότητας και της ωριμότητας και ταυτόχρονα να προστατευθεί από την οξειδωτική δράση και την αρνητική επίδραση της θερμοκρασίας. Για παράδειγμα, ο οίνος που διατηρείται σε χαμηλή θερμοκρασία (π.χ. <10 ° C) θα ωφεληθεί σαφώς από τον μειωμένο κίνδυνο αλλοίωσης, αλλά η ανάπτυξη του θα διαρκέσει πολύ περισσότερο. (Scrimgeour, et al. 2015).

Συχνά όμως οι οίνοι αποθηκεύονται σε περιβάλλοντα με μη ελεγχόμενη θερμοκρασία, όπως τα καταστήματα λιανικής πώλησης και συνεπώς οι οίνοι είναι ευαίσθητοι σε αλλαγές στο αρωματικό τους προφίλ μετά την εμφιάλωση (Pérez-Coella and González-Viñas, 2003).

3.2.3.1 Επίδραση υψηλών θερμοκρασιών στα πτητικά συστατικά

Γενικά, οι περισσότερες δημοσιευμένες μελέτες έχουν διερευνήσει την επίδραση της επιταχυνόμενης γήρανσης, προωθούμενη από τη θερμική επεξεργασία, στο πτητικό προφίλ των λευκών οίνων. Σε λιγότερες μελέτες έχει αξιολογηθεί η επίδραση της θερμικής επεξεργασίας στις αρωματικές ενώσεις των ερυθρών οίνων ή των αλκοολωμένων οίνων, πιθανότατα επειδή αυτοί οι οίνοι θεωρούνται γενικά ανθεκτικότεροι στην επίδραση της θερμοκρασίας. Οι Robinson et al. (2010) εξέτασαν την άμεση επίδραση της θερμοκρασίας στην πτητική σύνθεση του κόκκινου και του λευκού κρασιού υποβάλλοντας έξι τύπους οίνων σε προσομοιωμένες συνθήκες θερμοκρασίας που πιθανόν να συμβούν κατά τη μεταφορά, πχ. μέσω πλοίων, σε διάστημα 21 ημερών. Η μελέτη διαπίστωσε ότι μια σταθερά θερμική επεξεργασία στους 40°C είχε μεγαλύτερο αντίκτυπο στο άρωμα και την πτητική σύνθεση των οίνων σε σύγκριση με εκείνη της κυμαινόμενης θερμοκρασίας 20°C / 40°C με κυκλική επεξεργασία, η οποία με τη σειρά της είχε μεγαλύτερο αντίκτυπο σε σύγκριση με τους οίνους που διατηρούνται σε σταθερή θερμοκρασία 20°C.

Υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ των οίνων που διατηρήθηκαν στην υψηλότερη θερμοκρασία, με υψηλότερες συγκεντρώσεις στις ουσίες 1,1,6-τριμεθυλο-1,2-διυδρονάφθαλνιο (TDN), βιτισπιράνιο 1 και 2 και χαμηλότερη συγκέντρωση οξικού ισοαμυλεστέρα, εξυλικού αιθυλεστέρα και 2-φαινυλο αιθυλεστέρα. Όπως προκύπτει από τη μελέτη, οι φρουτώδεις εστέρες εξαφανίζονται ως άμεσο αποτέλεσμα της θερμότητας, και αναπτύσσονται οι ηλικιωμένοι χαρακτήρες. Υψηλή συγκέντρωση TDN παρατηρείται συχνά στο ηλικιωμένο Riesling, προσδίδοντας μια γεύση σαν κηροζίνη, αν και φυσιολογικά για να παραχθεί η ένωση απαιτούνται μεγάλες χρονικές περίοδοι και η παρουσία πρόδρομων ουσιών στο νεαρό κρασί. Στην περίπτωση αυτή, αποδείχθηκε ότι αναπτύχθηκε το TDN πρόωρα σε αυξημένη συγκέντρωση λόγω της θερμικής επεξεργασίας στους 40°C (Robinson et al. 2010).



Εικόνα 11. Οι ενώσεις TDN και βιτισπιράνιο (Scrimgeour, et al. 2015)

Μια μελέτη των Pérez-Coella and González-Viñas (2003) επίσης έδειξε μείωση των σημαντικών αιθυλεστέρων και των οξικών εστέρων, όπως ο οξικός ισοαμυλεστέρας, σε σχέση με αποθήκευση σε μη ελεγχόμενη θερμοκρασία και το χρόνο σε σύγκριση με την αποθήκευση στους 5°C. Μερικοί εστέρες, όπως ο γαλακτικός αιθυλεστέρας, ο ηλεκτρικός διαιθυλεστέρας, ο μονοηλεκτρικός αιθυλεστέρας και ο μηλεϊνικός διαιθυλεστέρας, βρέθηκαν σε αυξημένη ποσότητα σε οίνους που υποβλήθηκαν σε διακυμάνσεις της θερμοκρασίας αποθήκευσης. Αν και η ακριβής θερμοκρασία στο μη ελεγχόμενο περιβάλλον δεν ήταν τεκμηριωμένη, οι ερευνητές πρότειναν ότι η αποθήκευση στους 5°C αυξάνει τη διάρκεια ζωής ενός λευκού οίνου, περιορίζοντας τις χημικές και οργανοληπτικές μεταβολές που συμβαίνουν με την πάροδο του χρόνου, οι οποίες μπορεί να οφείλονται στη χαμηλότερη ταχύτητα αντιδράσεων που παρατηρείται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Η απώλεια των αρωμάτων φρούτων και στους λευκούς οίνους που έχουν υποβληθεί σε αυξημένη θερμοκρασία έχει αναφερθεί συχνά στη βιβλιογραφία. Αυτό πιθανώς αντικατοπτρίζει την απώλεια κυρίως εστέρων και αιθυλεστέρων που προσδίδουν ευχάριστα φρουτώδη αρώματα, όπως χαρακτηριστικές φράουλας και μπανάνας. Αυτές οι ενώσεις φαίνεται να είναι πιο ευαίσθητες και περισσότερο ευμετάβλητες με τις συνθήκες θερμοκρασίας σε σχέση με άλλα πτητικά συστατικά των οίνων. Κατά την αποθήκευση αλλάζει η πτητική σύνθεση του κρασιού λόγω των διαφορετικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα, ιδίως των αντιδράσεων υδρόλυσης εστέρων / εστεροποίησης. Μεταβολές στη σύνθεση των εστέρων συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και ο ρυθμός αντίδρασης επηρεάζεται από τη

θερμοκρασία αποθήκευσης. Οι οξικοί εστέρες υδρολύονται ταχύτερα από τους αιθυλεστέρες λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας, οι οποίοι, ως αποτέλεσμα, οδηγούν στην απώλεια των αρωμάτων φρούτων σε έναν λευκό οίνο. Η υδρόλυση των εστέρων φαίνεται να επιταχύνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και του pH. Οίνοι που αποθηκεύτηκαν σε συνθήκες ψύξης (0, 5 ή 10°C) αποδείχτηκε ότι είχαν παρατεταμένη διάρκεια ζωής, διατηρώντας το νεανικό τους αρωματικό χαρακτήρα (Pérez-Coella and González-Viñas 2003, Robinson et al. 2010).

Αυτή η απώλεια των φρουτωδών αρωμάτων μπορεί, λοιπόν, να ελαχιστοποιηθεί με την αποθήκευση του οίνου σε χαμηλή θερμοκρασία. Οι Recamales et al. (2011) διερεύνησαν την αποθήκευση λευκού οίνου σε σταθερή θερμοκρασία 15-20°C και σε μεταβλητή θερμοκρασία που κυμαινόταν μεταξύ 10,5 και 25,3°C. Προέκυψε από την έρευνα ότι η θερμοκρασία είχε τη μεγαλύτερη επίδραση στις πτητικές ενώσεις του οίνου σε σύγκριση με τους άλλους παράγοντες που μελετήθηκαν, συμπεριλαμβανομένου του χρόνου και της θέσης της φιάλης. Ειδικότερα, παρατηρήθηκε μείωση του οξικού ισοαμυλεστέρα ως αποτέλεσμα της διακύμανσης της θερμοκρασίας μεταξύ 10,5 και 25,5°C σε σύγκριση με θερμοκρασία αποθήκευσης 15-20°C, η οποία μπορεί να είναι ο λόγος για μια παρατηρούμενη απώλεια φρεσκάδας και φρουτώδους οσμής του οίνου μετά από 12 μήνες. Ενδιαφέρον παρουσιάζει, ωστόσο, το γεγονός ότι ο βουτυρικός αιθυλεστέρας, ο γαλακτικός αιθυλεστέρας και ο ηλεκτρικός διαιθυλεστέρας αυξήθηκαν μετά από 12 μήνες αποθήκευσης και αυτό μπορεί να εξηγήσει γιατί οι χαρακτηριστικές υπερώριμων φρούτων και μπαχαρικών αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου αποθήκευσης του οίνου (Recamales κ.ά., 2011). Αυτές οι μελέτες τονίζουν τη σημασία που έχει ο έλεγχος της θερμοκρασίας αποθήκευσης για τη συντήρηση των φρέσκων φρουτωδών αρωμάτων και τον περιορισμό της επίδρασης της επιταχυνόμενης γήρανσης, καθώς και την ανάπτυξη χαρακτηριστικών ωρίμανσης, είτε είναι αρνητικοί ή θετικοί.

Τόσο ο χρόνος, όσο και η θερμοκρασία έχουν αποδειχθεί ότι επηρεάζουν τις αλλαγές στο πτητικό προφίλ του λευκού οίνου από την ποικιλία Chardonnay (Cejudo-Bastante et al., 2013). Η αποθήκευση του οίνου σε τυπικές συνθήκες (18°C για 1 έτος) και επιταχυνόμενες συνθήκες γήρανσης

(80°C για 7 ημέρες) οδήγησε στο σχηματισμό διοξανών, διοξολανών και TDN και την εξαφάνιση κάποιων αλκοολών, τερπενίων και φουρανικών ενώσεων. Παρατηρήθηκε μείωση στα πτητικά συστατικά που σχετίζονται με θετικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στον οίνο, όπως η β-δαμασκηνόνη, οι εστέρες και τα τερπένια. Υπήρξε επίσης αύξηση της συγκέντρωσης των πτητικών συστατικών που μπορεί να ασκήσουν αρνητική επίδραση στο άρωμα, όπως οι αιθυλεστέρες λιπαρών οξέων μακράς αλύσου και ενώσεις φουρανίου. Η επιταχυνόμενη γήρανση στους 80°C οδήγησε σε υψηλότερη συγκέντρωση τόσο της β-δαμασκηνόνης και του TDN, ενώσεων δηλαδή που απαντώνται σε παλαιωμένους οίνους (Cejudo-Bastante et al., 2013).

Νέες ουσίες μπορούν να εμφανιστούν σε νεαρούς οίνους όταν υποβάλλονται σε αυξημένη θερμοκρασία. Από πρόδρομες ενώσεις που υπάρχουν στους οίνους αναπτύσσονται ηλικιωμένοι χαρακτήρες, όπως η ένωση TDN νωρίτερα από το αναμενόμενο. Για παράδειγμα, το TDN μπορεί να παρατηρηθεί σε νέους οίνους Riesling που έχουν αποθηκευτεί σε υψηλές θερμοκρασίες σε μία συγκέντρωση που κανονικά αναμένεται να υπάρχει στο προφίλ ενός παλαιωμένου Riesling. Οίνοι αποθηκευμένοι σε χαμηλότερη θερμοκρασία γενικά έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, και διατηρούν τα φρέσκα / φρουτώδη αρώματα, εάν διατηρηθούν σε βέλτιστες συνθήκες.

Σε οίνους Merlot και Cabernet Sauvignon, οι Robinson et al. (2010) ανέφεραν σημαντικές αλλαγές στο αρωματικό προφίλ, με αλλαγές σε 30 από τις 47 πτητικές ενώσεις που αναλύθηκαν ως αποτέλεσμα της θερμοκρασίας. Οι οίνοι που εκτέθηκαν σε σταθερή θερμοκρασία 40°C έδειξαν χαμηλότερη συγκέντρωση λιναλοόλης, οκτανοϊκού αιθυλεστέρα, εννεανοϊκού αιθυλεστέρα, δεκανοϊκού αιθυλεστέρα και δωδεκανοϊκού αιθυλεστέρα, οκτανοϊκού μεθυλεστέρα και δεκανοϊκού μεθυλεστέρα, οκτανοϊκού ισοαμυλεστέρα και δεκανοϊκού ισοαμυλεστέρα, εξανοϊκού ισοπεντυλεστέρα και αιθυλ-9-δεκανοϊκού ισοπεντυλεστέρα, σε σύγκριση με εκείνες των ίδιων οίνων που είχαν αποθηκευτεί σε θερμοκρασία 20°C. Αντίθετα, υπήρξε υψηλότερη συγκέντρωση αιθυλ-2-φουροϊκού-2-αιθυλεστέρα, φαινυλοξικού αιθυλεστέρα, οξειδίου Α της αφυδροξυλιναλοόλης, ρ-κυμένιου, TDN και βιτισπυρανίων. Σύμφωνα με επιστημονικά δεδομένα οι αυξήσεις του TDN και των βιτισπυρανίων στους οίνους μπορεί να αποδοθεί στην υδρόλυση πολλαπλών

γλυκοσυλιωμένων προδρόμων ενώσεων υπό όξινες συνθήκες, η οποία μπορεί να επιταχυνθεί από την υψηλή θερμοκρασία (Robinson et al. 2010).

Μια άλλη ομάδα σημαντικών πτητικών ενώσεων σε λευκούς οίνους που είναι γνωστό ότι επηρεάζονται από τη θερμοκρασία είναι οι ποικιλιακές θειόλες. Μια έρευνα της Herbst-Johnstone (2010) συγκεκριμένα παρακολούθησε τη συγκέντρωση των ποικιλιακών θειολών 3-μερκαπτοεξανόλη (3-MH) και 3-μερκαπτοεξυλο-αιθυλεστέρα (3-MHA) σε οίνους της ποικιλίας Sauvignon blanc μετά την αποθήκευση σε αυξημένη θερμοκρασία. Μία απώλεια αμφότερων αυτών των θειολών παρατηρήθηκε στους 16°C. Σε αυξημένη θερμοκρασία 45°C και χαμηλό pH, ο 3-μερκαπτοεξυλο-αιθυλεστέρας (3-MHA) υδρολύθηκε σε 3-μερκαπτοεξανόλη (3-MH), προκαλώντας μείωση της συγκέντρωσης του εστέρα. Οι οξικοί εστέρες υφίστανται υδρόλυση στον οίνο και αυτός είναι πιθανότατα ο μηχανισμός με τον οποίο υποβαθμίστηκε η συγκέντρωση του 3-MHA.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το κρασί είναι ένα εξαιρετικά περίπλοκο μείγμα ενώσεων που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την εμφάνιση, το άρωμά, τη γεύση και την επίγευση του.

Οι αρωματικές ενώσεις παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του κρασιού επειδή δημιουργούν αισθητηριακή αντίδραση. Το άρωμα των οίνων είναι το αποτέλεσμα της συμβολής εκατοντάδων πτητικών ενώσεων και αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα που πρέπει να εξετάζεται κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση ενός οίνου.

Οι αρωματικοί μεταβολίτες που επηρεάζουν την αντίληψη του κρασιού προέρχονται από τα σταφύλια, από τους μικροοργανισμούς κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, καθώς και από το ξύλο (συνήθως, η δρυς) – εφόσον χρησιμοποιείται και τις χημικές διεργασίες κατά την παραγωγή και ωρίμανση του.

Οι ενώσεις που προέρχονται από το σταφύλι παρέχουν την ποικιλιακή διαφοροποίηση του κρασιού, καθώς και τη βασική δομή του. Έτσι, τα ανθώδη μονοτερπένια καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τα κρασιά που σχετίζονται με το Muscat και οι φρουτώδεις πτητικές θειόλες χαρακτηρίζουν τα κρασιά που σχετίζονται με το Sauvignon. Τα οξέα του σταφυλιού, μαζί με τις ταννίνες μια την αλκοόλη με το αλκοόλ, συμβάλλουν στις οργανοληπτικές ιδιότητες που σχετίζονται με τη στοματική κοιλότητα.

Η ζύμωση των σακχάρων από τους ζυμομύκητες (αλκοολική ζύμωση) όχι μόνο παράγει αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα, αλλά μια σειρά μικρών ποσοτικά αλλά οργανοληπτικά σημαντικών πτητικών μεταβολιτών που δίνουν στον κρασί τον χαρακτήρα του. Αυτοί οι πτητικοί μεταβολίτες, που περιλαμβάνουν εστέρες, ανώτερες αλκοόλες, καρβονύλια, πτητικά λιπαρά οξέα και ενώσεις θείου, προέρχονται από τον μεταβολισμό των σακχάρων και των αμινοξέων. Η μηλογαλακτική ζύμωση, όταν χρειάζεται, όχι μόνο παρέχει μείωση της οξύτητας, αλλά μπορεί να ενισχύσει το οργανοληπτικό προφίλ.

Το προφίλ αρώματος και γεύσης ενός οίνου είναι το αποτέλεσμα ενός σχεδόν άπειρου αριθμού παραλλαγών στη διαδικασία παραγωγής, είτε στον αμπελώνα είτε στο οινοποιείο. Πέρα από την επιλογή της ποικιλίας σταφυλιών,

ο οινοπαραγωγός χρησιμοποιεί μια ποικιλία τεχνικών και εργαλείων για την παραγωγή οίνων με συγκεκριμένο γευστικό προφίλ. Ένα από αυτά τα εργαλεία είναι η επιλογή του μικροοργανισμού (ζυμομύκητα) για τη διεξαγωγή της αλκοολικής ζύμωσης. Κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης του γλεύκους η ζύμη *Saccharomyces cerevisiae* προκαλεί μεγάλες αλλαγές στο γλεύκος και το μετατρέπει σε κρασί τροποποιώντας το άρωμα, τη γεύση, την αίσθηση στο στόμα, το χρώμα και την χημική πολυπλοκότητα του. Το βακτήριο του κρασιού, ο *Oenococcus oeni* προσθέτει τη συμβολή του στους οίνους που υφίστανται μηλογαλακτική ζύμωση. Έτσι, τα στελέχη ζυμών και βακτηρίων που χρησιμοποιούνται μπορούν να παράγουν επιθυμητά οργανοληπτικά αποτελέσματα, βοηθώντας στην εκχύλιση ενώσεων από τα στερεά μέρη του γλεύκους σταφυλιών, τροποποιώντας μόρια που προέρχονται από σταφύλια και παράγοντας γευστικά δραστικούς μεταβολίτες.

Το τελικό προφίλ αρώματος και γεύσης επιπλέον εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από όλες τις πτυχές των χειρισμών μετά την ζύμωση, όπως η διήθηση και στρατηγικές παλαίωσης, συμπεριλαμβανομένης της παλαίωσης σε ξύλινα δοχεία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Βασιλείου, Π.Τ. (2016). *Μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών οίνων των ποικιλιών Μαλαγουζιάς και Σαββατιανού που συλλέχθηκαν από αμπελοτεμάχια όπου εφαρμόστηκε μεθοδολογία γεωργίας ακρίβειας*. Μεταπτυχιακή Διατριβή,

Βέκιος Γ., Κούκης Δ., Τσακίρης Α. (2001). *Το Βιβλίο του Κρασιού*. Εκδόσεις Ψύχαλου.

Βουκίδης Ι. (2014). *Μελέτη αρωματικών συστατικών οίνων λευκών ποικιλιών με χρήση χρωματογραφίας-ολφακτομετρίας*. Μεταπτυχιακή Διατριβή.

Γκανάς Β. (2010). *Εναλλακτικές μεθοδοι παλαιωσης οινων*. Πτυχιακή διατριβή, Τμήμα Γεωπονίας, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Γκουλιώτη Α. Ι. (1996). *Το δευτερογενές άρωμα των οίνων*. Ο Οινολόγος, αρ. τεύχους 32.

Δήμου Φ. Ε. (2012). *Μελέτη των πτητικών συστατικών που συμμετέχουν στο άρωμα των οίνων από τις ερυθρές ποικιλίες Ξινόμαυρο και Μαυροτράγανο*. Μεταπτυχιακή μελέτη.

Δρόσου Κ. (2017). *Μελέτη πτητικών συστατικών σταφυλιών και οίνων της ποικιλίας Μουχτάρο*. Μεταπτυχιακή Διατριβή.

Κοντοκώστας Σ. (2010). *Οι επιδράσεις της ζύμωσης και της ωρίμανσης του κρασιού στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του*. Πτυχιακή Διατριβή.

Λιολιούσης Θ. (2007). *Εκχύλιση Συστατικών της Γαλλικής Δρυός σε Ερυθρό Οίνο από την ποικιλία Αγιωργήτικο*. Μεταπτυχιακή μελέτη. Γεωπονικό πανεπιστήμιο Αθηνών.

Μαλλούχος Α. (2003). *Μελέτη δευτερογενούς αρώματος με GC/MS οίνων που παράγονται με ακινητοποιημένα κύτταρα*. Διδακτορική Διατριβή.

Παληγογιάννη Α. Π. (2007). *Μελέτη Πτητικών Συστατικών Ελληνικών Οίνων & Αποσταγμάτων – Παραγωγή Βιολειτουργικών Οίνων με Βάση Φυτά του Γένους Sideritis*. Διδακτορική Διατριβή.

Πάντος, Α. (2000). Νέες τεχνικές στην ερυθρή οινοποίηση. Αμερικάνικη Γεωργική Σχολή, Θεσσαλονίκη.

Πετροπούλου – Καραγιαννοπούλου Σ. (2016). Σημειώσεις Αμπελουργίας. Καλαμάτα.

Πολίτης Γ. (1997). Φτιάχνοντας το κρασί μας. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.

Ρούσσος Ι. (2016). Παραδόσεις Οινολογίας. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Ιωάννινα.

http://ecourse.uoi.gr/pluginfile.php/107905/mod_resource/content/2/%CE%99%CE%A1%CE%9F%CE%AF%CE%BD%CE%BF%CF%8211.pdf

Σουφλερός Ε. (1999). *Η Παλαίωση του Οίνου*. Ο Οινολόγος, αρ. τεύχους 43.

Σουφλερός, Ε. (2009), *Οίνος και αποστάγματα*. Ιδιωτική έκδοση. Θεσσαλονίκη.

Σουφλερός Ε. (2012). *Οινολογία επιστήμη και τεχνογνωσία*. Θεσσαλονίκη.

Σύμπουρα Φ. (2009). *Απομόνωση και μελέτη βιοδραστικών συστατικών αρωματικών φυτών*. Μεταπτυχιακή Διατριβή.

Ταβερναράκη, Ν. (2000). Αμπέλι και οίνος. Αμερικάνικη Γεωργική Σχολή, Θεσσαλονίκη.

Τσακίρης Α. (2014). *Οινολογία από το σταφύλι στο κρασί*. Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα.

Τσέτουρας Π. (2014). *Η τέχνη της αμπελουργίας*. Εκδ. Σταμούλη, Αθήνα.

Ξενόγλωσση

Allen, M. S., & Lacey, M. J. (1993). Methoxypyrazine grape flavour: influence of climate, cultivar and viticulture. *Wein-Wissenschaft*, 48(3-6), pp. 211-213.

Antolín, M. C., Santesteban, H., Santa María, E., Aguirreolea, J., & Sánchez-Díaz, M. (2008). Involvement of abscisic acid and polyamines in berry

ripening of *Vitis vinifera* (L.) subjected to water deficit irrigation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14(2), pp.123-133.

Belda I., Ruiz J., Esteban-Fernández A., Navascués E., Marquina D., Santos A., and Moreno-Arribas M. (2017). Microbial contribution to wine aroma and its intended use for wine quality improvement. *Molecules*, 22(2), pp.189.

Bonada, M., Jeffery, D. W., Petrie, P. R., Moran, M. A., & Sadras, V. O. (2015). Impact of elevated temperature and water deficit on the chemical and sensory profiles of Barossa Shiraz grapes and wines. *Australian journal of grape and wine research*, 21(2), pp.240-253.

Bouloumpasi E., Soufleros E.H., Tsarchopoulos C., and Biliaderis C.G. (2002). Primary amino acid composition and its use in discrimination of Greek red wines with regard to variety and cultivation region. *Vitis-Geilweilerhof-*, 41(4), pp.195-202.

Chatonnet, P., Dubourdieu, D. & Boidron, J.N. (1991). Effects of fermentation and maturation in oak barrels on the composition and quality of white wines. *Aust. NZ Wine Ind. J*, 6(1), 73-84.

Cejudo-Bastante, M.J., Hermosín-Gutiérrez, I. and Pérez-Coello, M.S. (2013) Accelerated aging against conventional storage: effects on volatile composition of chardonnay white wines. *Journal of Food Science* 78, 507–513.

Darici M., Cabaroglu T., Ferreira V., and Lopez, R. (2014). Chemical and sensory characterisation of the aroma of Çalkarası rosé wine. *Australian journal of grape and wine research*, 20(3), pp. 340-346.

Darriet P., Thibon C., Dubourdieu D., Gerós H., Chaves M.M., and Delrot, S. (2012). Aroma and aroma precursors in grape berry. *The biochemistry of the grape berry*, pp.111-136.

Falcão, L. D., de Revel, G., Perello, M. C., Moutsiou, A., Zanús, M. C., & Bordignon-Luiz, M. T. (2007). A survey of seasonal temperatures and vineyard altitude influences on 2-methoxy-3-isobutylpyrazine, C13-norisoprenoids, and the sensory profile of Brazilian Cabernet Sauvignon wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(9), pp. 3605-3612.

Falcao, L.D., Revel, G.D. Perello, M.C., Riquier, L, Rosier, J.P., Uberti, A. A. A. (2008). Volatile profile characterization of young Cabernet-Sauvignon wines from a new grape growing region in Brazil. *International Journal of Vine and Wine Sciences*, 42(3), pp.133–146.

Fernandez De Simon, B., Cadahia, E., Hernandez, T. and Estrella, I., (2006). Evolution of oak-related volatile compounds in a Spanish redwine during 2 years bottled, after aging in barrels made of Spanish, French and American oak wood. *Analytica Chimica Acta*, 563, pp.198–203.

Feuillat, F., Keller, R., & Huber, F. (1998). "Grain" et qualité du chêne de tonnellerie (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* Liebl.): Mythe ou réalité? Deuxième partie. *Revue des oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 25(88), 30-32.

Froni, F., Vignando, M., Aiello, M., Parma, V., Paoletti, M. G., Squartini, A., & Rumiat, R. I. (2017). The smell of terroir! Olfactory discrimination between wines of different grape variety and different terroir. *Food Quality and Preference*, 58, 18-23.

Frangipane, M.T., De Santis, D., and Ceccarelli, A. (2007). Influence of oak woods of different geographical origins on quality of wines aged in barriques and using oak chips. *Food Chemistry*, 103(1), pp.46-54.

de-la-Fuente-Blanco, A., Sáenz-Navajas, M.P., and Ferreira, V. (2016). On the effects of higher alcohols on red wine aroma. *Food chemistry*, 210, pp.107-114.

des Gachons, C. P., Leeuwen, C. V., Tominaga, T., Soyer, J. P., Gaudillère, J. P., & Dubourdieu, D. (2005). Influence of water and nitrogen deficit on fruit ripening and aroma potential of *Vitis vinifera* L cv Sauvignon blanc in field conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(1), 73-85.

Gil, J. V., Mateo, J. J., Jiménez, M., Pastor, A., & Huerta, T. (1996). Aroma compounds in wine as influenced by apiculate yeasts. *Journal of Food Science*, 61(6), 1247-1250.

Gimenez Martinez R., Lopez Garcia De La Serrana, H., Villalon Mir M., Quesada Granados, J. and Lopez Martinez, M. C. (1996). Influence of wood heat treatment, temperature and maceration time on varullin, syringaldehyde, and gallic acid contents in oak wood and wine spirit mixtures. *American Journal of Enology and Viticulture*, 47(4), pp.441-446.

González-Barreiro, C., Rial-Otero, R., Cancho-Grande, B., & Simal-Gándara, J. (2015). Wine aroma compounds in grapes: a critical review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 55(2), pp. 202-218.

Grainger K. (2009). *Wine quality: tasting and selection* (Vol. 8). John Wiley & Sons.

Herbst-Johnstone, M. (2010) Investigation into the aroma stability of New Zealand Sauvignon Blanc. PhD thesis. The University of Auckland. Auckland, New Zealand.

Hernández-Orte, P., Cacho, J. F., & Ferreira, V. (2002). Relationship between varietal amino acid profile of grapes and wine aromatic composition. Experiments with model solutions and chemometric study. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(10), pp.2891-2899.

Hjelmeland, A.K., Ebeler, S.E. (2014). Glycosidically bound volatile aroma compounds in grapes and wine: a review. *American Journal of Enology & Viticulture*, 66, pp. 1–11.

Jackson R. S. (2008). Oak and Cooperage. In: *Wine Science Principles and Applications*. 3 rd ed, Academic Press, USA: (452- 472).

Jones, P. R., Gawel, R., Francis, I. L., & Waters, E. J. (2008). The influence of interactions between major white wine components on the aroma, flavour and texture of model white wine. *Food Quality and Preference*, 19(6), 596-607.

Joseph, C. L., Albino, E. A., Ebeler, S. E., & Bisson, L. F. (2015). Brettanomyces bruxellensis aroma active compounds determined by SPME GC-MS Olfactory analysis. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(3), pp.379–387.

Jouanneau S., Weaver R.J., Nicolau L., Herbst-Johnstone M., Benkwitz F., and Kilmartin P.A. (2012). Subregional survey of aroma compounds in Marlborough Sauvignon Blanc wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 18(3), pp.329-343.

Lambropoulos, I., and Roussis, I. G. (2007). Inhibition of the decrease of volatile esters and terpenes during storage of a white wine and a model wine medium by caffeic acid and gallic acid. *Food Research International*, 40(1), pp.176-181.

Lopes, P., Saucier, C., Teissedre, P. L., & Glories, Y. (2006). Impact of storage position on oxygen ingress through different closures into wine bottles. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(18), 6741-6746.

Maarse H. (1991). *Volatile compounds in foods and beverage*. Marcel Dekker.

Martins, V., Teixeira, A., & Gerós, H. (2015). Changes in the volatile composition of wine from grapes treated with Bordeaux mixture: a laboratory-scale study. *Australian journal of grape and wine research*, 21(3), pp. 425-429.

Mendez-Costabel, M. P., Wilkinson, K. L., Bastian, S. E. P., Jordans, C., McCarthy, M., Ford, C. M., & Dokoozlian, N. (2014). Effect of winter rainfall on yield components and fruit green aromas of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot in California. *Australian journal of grape and wine research*, 20(1), pp.100-110.

Moreno-Arribas V. and Carmen Polo M. (2009). Volatile Compounds and Wine Aging. In: *Wine Chemistry and Biochemistry*. 1st ed., Springer Science+Business Media: pp. 295-309.

Mosedale J.R. & Puech J.L. (2003). *Wines, Spirits, and Other Beverages*, UMR Sciences pour l'oenologie, Montpellier, France.

Oliveira, C., Silva Ferreira, A. C., Mendes Pinto, M., Hogg, T., Alves, F., & Guedes de Pinho, P. (2003). Carotenoid compounds in grapes and their relationship to plant water status. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(20), pp. 5967-5971.

Pérez-Coella, M.S. and González-Viñas, M.A. (2003) Influence of storage temperature on the volatile compounds of young white wines. *Food Control* 14, 301–306.

Picard, M., Van Leeuwen, C., Guyon, F., Gaillard, L., De Revel, G., & Marchand, S. (2017). Vine water deficit impacts aging bouquet in fine red Bordeaux wine. *Frontiers in chemistry*, 5, 56.

Polášková P., Herszage J., and Ebeler S.E. (2008). Wine flavor: chemistry in a glass. *Chemical Society Reviews*, 37(11), pp.2478-2489.

Recamales, A.F., Gallo, V., Hernanz, D., González-Miret, M.L. and Heredia, F.J. (2011) Effect of time and storage conditions on major volatile compounds of Zalema white wine. *Journal of Food Quality* 34, 100–110.

de Revel, G., Martin, N., Pripis-Nicolau, L., Lonvaud-Funel, A., & Bertrand, A. (1999). Contribution to the knowledge of malolactic fermentation influence on wine aroma. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(10), pp.4003-4008.

Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A. and Dubourdieu D. (2003). Aging Red Wines in Vat and Barrel: Phenomena Occurring During Aging. In: *Handbook of Enology*, Volume 2, 2nd ed., John Wiley & Sons Ltd, pp. 388-430.

Ribereau-Gayon P., Glories Y., Naujean A. and Dubourdieu D. (2006). *Handbook of Enology*, vol. 2, Wiley, UK.

Ronald S.J. (2002). *Wine Tasting: a professional handbook*. Elsevier Academic Press.

Robinson, A.L., Mueller, M., Heymann, H., Ebeler, S.E., Boss, P.K., Solomon, P.S. and Trengove, R.D. (2010) Effect of simulated shipping conditions on sensory attributes and volatile composition of commercial white and red wines. *American Journal of Enology and Viticulture* 61, 337–347.

Scrimgeour, N., Nordestgaard, S., Lloyd, N. D. R., and Wilkes, E. N. (2015). Exploring the effect of elevated storage temperature on wine composition. *Australian journal of grape and wine research*, 21(S1), pp.713-722.

Singleton L.V. (1995). Maturation of wines and spirits: Comparisons, Facts and Hypotheses. *American Journal of Enology and Viticulture*, 46(1), pp.98-115.

Styger G, Prior B, and Bauer FF. (2011). Wine flavor and aroma. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*.38(9), pp. 1145–1159.

Swiegers J.H., Bartowsky E.J., Henschke P.A., and Pretorius I.S. (2005). Yeast and bacterial modulation of wine aroma and flavour. *Australian Journal of grape and wine research*, 11(2), pp. 139-173.

van Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., and Gaudillère, J.-P. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *J. Int. Sci. Vigne Vin*. 43, 121–134.

Winterhalter, P., Sefton, M. A., & Williams, P. J. (1990). Volatile C13-norisoprenoid compounds in Riesling wine are generated from multiple precursors. *American journal of enology and viticulture*, 41(4), pp. 277-283.

Zalacain A., Marín J., Alonso G.L., and Salinas, M.R. (2007). Analysis of wine primary aroma compounds by stir bar sorptive extraction. *Talanta*, 71(4), pp.1610-1615.

Zhang, M., Qu, W., Zhang, H., Han, F., & Duan, C. (2007). Effect of maceration enzymes on the formation of aroma compounds during Cabernet Sauvignon alcohol fermentation. *AGRO Food Industry Hi-tech*, 18(3), pp.5-7.

Zhu F., Du B., and Li J. (2016). Aroma Compounds in Wine. In *Grape and Wine Biotechnology*. InTech.