



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΙΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΑΛΚΟΟΛΟΥΧΩΝ ΠΟΤΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ:
I) ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΑ II) ΟΙΝΟΛΟΓΙΑ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Μελέτη οίνων της ποικιλίας αμπέλου Ξινόμαυρο, που προέρχονται από δύο Π.Ο.Π. ζώνες, Αμύνταιο και Νάουσα, ως προς τα φαινολικά και πτητικά τους συστατικά

Ιωάννης Θ. Παπαδημητρίου

Επιβλέπων καθηγητής:
Γεώργιος Κοτσερίδης, Καθηγητής Γ.Π.Α

ΑΘΗΝΑ 2022

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΙΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΑΛΚΟΟΛΟΥΧΩΝ ΠΟΤΩΝ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Μελέτη οίνων της ποικιλίας αμπέλου Ξινόμαυρο, που προέρχονται από δύο Π.Ο.Π. ζώνες, Αμύνταιο και Νάουσα, ως προς τα φαινολικά και πτητικά τους συστατικά

Study of wines of the Xinomavro grape variety, originated from two P.D.O zones, Amyntaio and Naousa, in terms of their phenolic and volatile compounds

Ιωάννης Θ. Παπαδημητρίου

Εξεταστική επιτροπή:

Κοτσερίδης Γεώργιος, Καθηγητής Γ.Π.Α. (επιβλέπων)

Ταραντίλης Πέτρος, Καθηγητής Γ.Π.Α.

Κουνδουράς Στέφανος, Αναπληρωτής Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μελέτη οίνων της ποικιλίας αμπέλου Ξινόμαυρο, που προέρχονται από δύο Π.Ο.Π. ζώνες, Αμυνταίο και Νάουσα, ως προς τα φαινολικά και πτητικά τους συστατικά

*ΠΜΣ Σύγχρονη Τεχνολογία Τροφίμων. Ι) Γαλακτοκομία ΙΙ) Οινολογία
Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου
Εργαστήριο Οινολογίας*

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης, είναι να καταγραφεί το φαινολικό και αρωματικό προφίλ των οίνων που προέρχονται από τις δυο Π.Ο.Π ζώνες, Αμυνταίου και Νάουσας, έτσι ώστε να αξιολογηθεί το πώς τα προς μελέτη συστατικά εκφράζονται στις δύο αυτές περιοχές.

Για την τέλεση του πειράματος παραλήφθησαν σταφύλια, της ελληνικής ερυθρής ποικιλίας *Vitis Vinifera L. cv. Ξινόμαυρο*, από έξι επιλεγμένους αμπελώνες του Αμυνταίου και πέντε της Νάουσας, κατά την τρυγική χρονιά του 2021 και πραγματοποιήθηκαν διπλές οινοποιήσεις από τις σταφυλές του κάθε αμπελοτεμαχίου με κοινό πρωτόκολλο οινοποίησης. Στους οίνους που παρήχθησαν, πραγματοποιήθηκαν οι περισσότερες κλασικές και χρωματικές αναλύσεις μεταξύ των οποίων, μέτρηση ολικής και ενεργούς οξύτητας (pH), μέτρηση πτητικής οξύτητας, προσδιορισμός του αλκοολικού τίτλου, της έντασης και της απόχρωσης των οίνων, ενώ ακολούθησαν αναλύσεις ολικών φαινολικών με τη μέθοδο ΔΦΟ, προσδιορισμός συμπυκνωμένων τανινών με τις μεθόδους MCP και BSA, καθώς και ποσοτικός προσδιορισμός των πτητικών συστατικών του αρώματος με τη μέθοδο GC/MS.

Τα τελικά αποτελέσματα, έδειξαν ότι οι οίνοι από την περιοχή του Αμυνταίου, παρουσίασαν χαμηλές συγκεντρώσεις τόσο, ολικών φαινολικών συστατικών, όσο και ολικών και στυπτικών τανινών, ενώ ως προς το αρωματικό τους προφίλ, χαρακτηρίστηκαν από έντονα αρώματα κόκκινων φρούτων και δαμάσκηνου, τα οποία συσχετίστηκαν με την παρουσία οξικών εστέρων και αιθυλεστέρων στους οίνους.

Όσον αφορά την Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας, τα φαινολικά συστατικά των οίνων σημείωσαν υψηλές συγκεντρώσεις κατά μέσο όρο, τόσο ολικών φαινολικών συστατικών και ολικών τανινών, όσο και στυπτικών τανινών. Όσον αφορά το αρωματικό προφίλ τους, έπειτα από την οργανοληπτική αξιολόγηση, χαρακτηρίστηκαν με έντονα αρώματα κόκκινων φρούτων, δαμάσκηνου, μπαχαρικών και βανίλιας. Όπως και στην περιοχή του Αμυνταίου, έτσι και στη Νάουσα, τα

φρουτώδη αρώματα συσχετίστηκαν με την παρουσία των αιθυλεστέρων λιπαρών οξέων και των οξικών εστέρων.

Επιστημονική περιοχή: Οινολογία

Λέξεις κλειδιά: Ξινόμαυρο, Π.Ο.Π. Αμύνταιο, Π.Ο.Π. Νάουσα, φαινολικά συστατικά, πτητικές ενώσεις, GC-MS, οργανοληπτική αξιολόγηση

Study of wines of the Xinomavro grape variety, originated from two P.D.O zones, Amyntaio and Naousa, in terms of their phenolic and volatile compounds

MSc Modern Food Science and Technology, I) Dairy II) Oenology

Department of Food Science and Human Nutrition

Laboratory of Oenology & Spirits Technology

Abstract

The purpose of this postgraduate study is to record the phenolic and aromatic profile of the wines from the two PDO zones, Amyntaio and Naousa, so as to evaluate how the studied components are expressed in these two regions.

To carry out the experiment, grapes of the Greek red variety *Vitis Vinifera* L. cv. Xinomavro, from six selected vineyards of Amyntaio and five of Naousa, from the 2021 vintage were selected and double vinifications were carried out from the grapes of each plot with a common vinification protocol. In the wines produced, most of the classical and chromatometric analysis were carried out, including measurement of total and active acidity (pH), measurement of volatile acidity as well as determination of the alcoholic strength, followed by analysis of colour intensity and hue. Moreover, were carried out, analysis of total phenolics with the TPI method, determination of concentrated tannins with the MCP methods and BSA, as well as quantification of volatile compounds by GC/MS.

The final results showed that the wines from the Amyntaio region presented low concentrations of both total phenolic components and total and astringent tannins, while in terms of their aromatic profile, they were characterized by strong red fruit and plum aromas, which were associated with the presence of acetates and ethyl esters in wines.

Regarding the P.D.O. zone of Naousa, the phenolic components of the wines showed high concentrations on average, both on total phenolic components and total tannins, as well as astringent tannins. Regarding their aromatic profile, after the sensory evaluation, they were characterized with intense aromas of red fruits, plum, spices and vanilla. As in the Amyntaio area, here too, fruity aromas were associated with the presence of ethyl esters of fatty acids and acetates esters.

Scientific area: Oenology

Keywords: Xinomavro, P.D.O. Amyntaio, P.D.O. Naousa, phenolic compounds, volatile compounds, GC-MS, sensory evaluation

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Γεώργιο Κοτσερίδη για την καθοδήγηση, υποστήριξη και αμέριστη συμπαράσταση που μου έδειξε και που με δέχτηκε στο χώρο του εργαστηρίου με σκοπό να πραγματοποιήσω την παρούσα διατριβή. Η βοήθειά του ήταν πολύτιμη καθόλην τη διάρκεια του πειράματος που εκτελούσα, ενώ οι υποδείξεις του, κατατοπιστικές και άμεσες.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς επιτροπής κ. Στέφανο Κουνδουρά, Αναπληρωτή Καθηγητή Εργαστηρίου Αμπελουργίας, Τμήμα Γεωπονίας, Α.Π.Θ. και τον κ. Πέτρο Ταραντίλη, Καθηγητή Εργαστηρίου Χημείας, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής του Ανθρώπου, Γ.Π.Α., για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Επιπλέον, οφείλω ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στην υποψήφια διδάκτωρ, Γκουλιώτη Έλλη, για τη συνεργασία, τις εύστοχες παρατηρήσεις και τη βοήθεια που μου προσέφερε καθόλην τη διάρκεια του πειράματος, καθώς και της συγγραφής της παρούσας μελέτης. Ακόμη, δεν θα μπορούσα να παραλείψω να ευχαριστήσω την κ. Νίκη Προξενιά, για το ότι ήταν δίπλα μου σε κάθε δυσκολία που αντιμετώπισα στο εργαστήριο, καθώς και για την άμεση ανταπόκρισή της στις απορίες που μου δημιουργούνταν.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα οινοποιεία: Κτήμα Άλφα και Οινοποιείο Μπουτάρη για την προμήθεια της πρώτης ύλης.

Θα ήθελα επιπλέον να ευχαριστήσω τον συμφοιτητή μου Τάσο, που υπήρξε αρωγός μου καθόλην τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος, ανταλλάζοντας συνεχώς απόψεις και ιδέες και παροτρύνοντάς με να εντρυφήσω βαθύτερα στον οινικό χώρο.

Τέλος, θα ήθελα να πω το μεγαλύτερο ευχαριστώ στους γονείς μου, Θωμά και Ελένη, καθώς και στις δύο αδερφές μου, Χρύσα και Δέσποινα, για την πολύτιμη στήριξή τους και την αμερόληπτη βοήθεια που μου πρόσφεραν, καθόλην τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Με την άδεια μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και πρωτοτυπία της

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| 1. Εισαγωγή | 10 |
| 1.1. Δομή της ράγας..... | 10 |
| 1.2. Πορεία ωρίμανσης της ράγας..... | 12 |
| 1.3. Φαινολικά συστατικά..... | 13 |
| 1.3.1. Μη φλαβονοειδή..... | 13 |
| 1.3.2. Φλαβονοειδή..... | 14 |
| 1.3.2.1. Φλαβονόλες..... | 15 |
| 1.3.2.2. Φλαβαν-3-όλες..... | 15 |
| 1.3.2.3. Τανίνες (προανθοκυανιδίνες)..... | 16 |
| 1.3.2.4. Ανθοκυάνες..... | 18 |
| 1.4. Πτητικά συστατικά..... | 20 |
| 1.4.1. Μονοτερπένια και Σεσκιτερπένια..... | 21 |
| 1.4.2. C-13-Νορισοπρενοειδή..... | 22 |
| 1.4.3. Μεθοξυπυραζίνες..... | 23 |
| 1.4.4. Εστέρες..... | 24 |
| 1.4.5. Ανώτερες αλκοόλες..... | 26 |
| 1.4.6. Θειούχες ενώσεις..... | 26 |
| 1.4.7. Καρβονυλικές ενώσεις..... | 27 |
| 1.4.8. Λιπαρά οξέα..... | 29 |
| 1.5. Η αμπελοαγρική ζώνη Π.Ο.Π. Αμυνταίου..... | 29 |
| 1.6. Η αμπελοαγρική ζώνη Π.Ο.Π. Νάουσας..... | 31 |
| 1.7. Η ποικιλία Ξινόμαυρο..... | 34 |
| 1.7.1. Αμπελογραφική περιγραφή της ποικιλίας..... | 34 |
| 1.7.2. Ιδιότητες και καλλιεργητική συμπεριφορά..... | 35 |
| 1.7.3. Το γλεύκος της ποικιλίας και οι παραγόμενοι οίνοι..... | 36 |
| 2. Υλικά και μέθοδοι | 37 |
| 2.1. Σχεδιασμός και στόχος του πειράματος..... | 37 |
| 2.2. Πρωτόκολλο οινοποίησης..... | 37 |
| 2.3. Αναλύσεις στους οίνους..... | 38 |
| 2.3.1. Κλασικές αναλύσεις..... | 38 |
| 2.3.1.1. Μέτρηση ολικής ή ογκομετρούμενης οξύτητας..... | 38 |
| 2.3.1.2. Μέτρηση ενεργούς οξύτητας – pH..... | 39 |
| 2.3.1.3. Μέτρηση πτητικής οξύτητας..... | 39 |
| 2.3.1.4. Προσδιορισμός αλκοολικού τίτλου..... | 39 |
| 2.3.2. Δείκτης φαινολικών ουσιών (ΔΦΟ)..... | 39 |
| 2.3.3. Ένταση και απόχρωση..... | 40 |

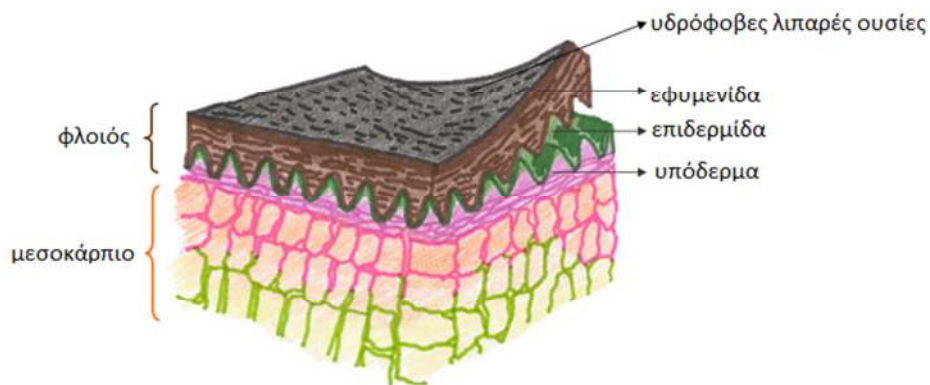
| | |
|---|-----------|
| 2.3.4. Αναλύσεις τανινών..... | 40 |
| 2.3.4.1 Προσδιορισμός τανινών με την προσθήκη αλβουμίνης (BSA)..... | 41 |
| 2.3.4.2 Προσδιορισμός τανινών με προσθήκη μεθυλ-κυτταρίνης (MCP)..... | 42 |
| 2.3.5. Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός πτητικών ενώσεων οίνου με τη μέθοδο GC/MS..... | 43 |
| 2.3.6 Οργανοληπτική αξιολόγηση των οίνων..... | 45 |
| 3. Αποτελέσματα..... | 48 |
| 3.1 Κλασικές αναλύσεις..... | 48 |
| 3.1.1 Ολική ή ογκομετρούμενη οξύτητα..... | 48 |
| 3.1.2 Ενεργός οξύτητα – Ph..... | 50 |
| 3.1.3 Πτητική οξύτητα..... | 51 |
| 3.1.4 Αλκοολικός τίτλος..... | 52 |
| 3.2 Χρωματικά χαρακτηριστικά και ΔΦΟ..... | 54 |
| 3.2.1 Ένταση χρώματος..... | 54 |
| 3.2.2 Απόχρωση..... | 55 |
| 3.2.3 Δείκτης Φαινολικών Ουσιών (ΔΦΟ)..... | 57 |
| 3.3 Συγκεντρώσεις τανινών..... | 59 |
| 3.4 Πτητικές ενώσεις..... | 61 |
| 3.4.1 Εστέρες..... | 61 |
| 3.4.1.1 Αιθυλεστέρες λιπαρών οξέων..... | 61 |
| 3.4.1.2 Οξικοί εστέρες..... | 66 |
| 3.4.2 Ανώτερες αλκοόλες..... | 69 |
| 3.4.3 Λιπαρά οξέα | 74 |
| 3.4.4 Μονοτερπένια και C13-Νορισοπρενοειδή..... | 78 |
| 3.5 Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου..... | 83 |
| 3.6 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) | 90 |
| 4. Συμπεράσματα – Συζήτηση..... | 93 |
| 5. Βιβλιογραφία..... | 97 |
| 5.1 Ξένη βιβλιογραφία | 97 |
| 5.2 Ελληνική βιβλιογραφία..... | 107 |
| 5.3 Ιστοσελίδες | 108 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η δομή της ράγας

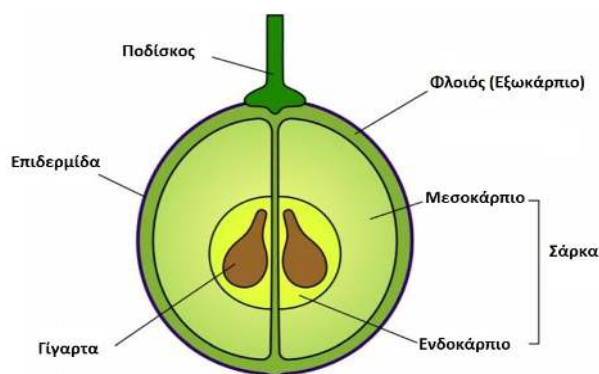
Το σταφύλι αποτελείται από ένα σύνολο ραγών που βρίσκονται συνδεδεμένες μεταξύ τους μέσω του βοστρύχου, ο οποίος αφενός τις συγκρατεί και αφετέρου τις τροφοδοτεί με νερό και με τα απαραίτητα στοιχεία για την ανάπτυξη τους μέσω του ποδίσκου. Οι ράγες είναι ο καρπός της αμπέλου και συνιστούν το 90-98% του βάρους της σταφυλής. Αποτελούνται από τρία ξεκάθαρα τμήματα, τον φλοιό, την σάρκα και τα γίγαρτα (Κουνδουράς Σ., 2020).

Ο φλοιός αποτελείται από τρία στρώματα την εφυμενίδα, την επιδερμίδα και το υπόδερμα, ενώ από αυτά, η επιδερμίδα και το υπόδερμα χαρακτηρίζονται ως ύψιστης οινολογικής σημασίας (André M., et al., 2021). Η επιδερμίδα, αποτελείται από μία λεπτή στρώση πεπλατυσμένων κυττάρων, που περιέχουν πτητικά συστατικά του αρώματος αλλά και πρόδρομες αρωματικές ενώσεις, χαρακτηριστικές του αρωματικού πλούτου της κάθε ποικιλίας (Κοτσερίδης Γ., 2020). Το υπόδερμα, απαρτίζεται από 6-10 στοιβάδες κυττάρων με λεπτά τοιχώματα, ενώ σε αυτό εντοπίζονται φαινολικές ενώσεις, όπως οι τανίνες, οι ανθοκυάνες και οι φλαβόνες. Οι τανίνες προσδίδουν στυφάδα στους ερυθρούς κυρίως οίνους, ενώ οι ανθοκυάνες, οι οποίες συγκεντρώνονται στις πρώτες 2-3 στοιβάδες των κυττάρων του υποδέρματος, είναι χρωστικές ουσίες που προσδίδουν το ερυθρό χρώμα στα στέμφυλα. Τέλος, αδιάλυτες πηκτίνες, κυτταρίνες και πρωτεΐνες, συμπληρώνουν τα συστατικά που περιέχονται στο υπόδερμα (Σουφλερός Ε., 2015).



Εικόνα 1: Διαφορετικές στρώσεις του φλοιού της ράγας (Pinelo M., et al., 2005)

Η σάρκα αποτελείται από πολύ περισσότερες στρώσεις κυττάρων (20-25), σε σχέση με το φλοιό (6-10). Συγκεκριμένα, απαρτίζεται από κύτταρα εύχημα, με λεπτά κυτταρικά τοιχώματα και υπερμεγέθη χυμοτόπια, τα οποία περιλαμβάνουν το γλεύκος. Στις οινοποιήσιμες ποικιλίες, τα τοιχώματα είναι ακόμα πιο λεπτά και εύθραυστα, έτσι ώστε με την παραμικρή ρήξη του φλοιού, να απελευθερωθεί η ολότητα του γλεύκους (Adams D., 2006). Η σάρκα αποτελείται από δύο τμήματα. Το ενδοκάρπιο, που βρίσκεται στο κέντρο της και περιβάλλει τα γίγαρτα και το μεσοκάρπιο, το οποίο είναι ο ενδιάμεσος χώρος ανάμεσα στο φλοιό και στο ενδοκάρπιο (Νικολάου Ν., 2011).



Εικόνα 2: Δομή ράγας σταφυλιού. Απεικόνιση των κύριων ιστών μίας ώριμης ράγας σταφυλιού. (Conde C., et al., 2006).

Τα γίγαρτα είναι τα όργανα αναπαραγωγής της αμπέλου και αποτελούνται από δύο τμήματα. Το εσωτερικό τμήμα ονομάζεται σάρκα και εμπεριέχει το έμβρυο και το εξωτερικό μέρος, το κέλυφος, που προστατεύει το εσωτερικό του γιγάρτου (Dalton D., 2017). Το κέλυφος, με τη σειρά του αποτελείται από τρία μέρη. Το εξωτερικό κέλυφος που περιλαμβάνει και την επιδερμίδα, το μεσαίο τμήμα (σκληρό) και το εσωτερικό τμήμα (μαλακό). Το μεσαίο τμήμα είναι αδιαπέραστο στο νερό, αλλά παρουσιάζει το μεγαλύτερο τεχνολογικό ενδιαφέρον, καθώς σε αυτό εντοπίζονται οι τανίνες. Για να εκχυλιστούν οι τανίνες στο γλεύκος, όμως, πρέπει να αυξηθεί η συγκέντρωση της αιθανόλης στο εν ζυμώσει γλεύκος κατά την αλκοολική ζύμωση. Παράλληλα, στη σάρκα του γιγάρτου, εντοπίζονται ελαιώδεις ουσίες, οι οποίες αν απελευθερωθούν μέσω της θραύσης των γιγάρτων κατά τη μηχανική έκθλιψη στο γλεύκος, προσδίδουν στους οίνους χαρακτηριστικά χορτώδη, ανεπιθύμητα αρώματα (Κοτσερίδης Γ., 2020).

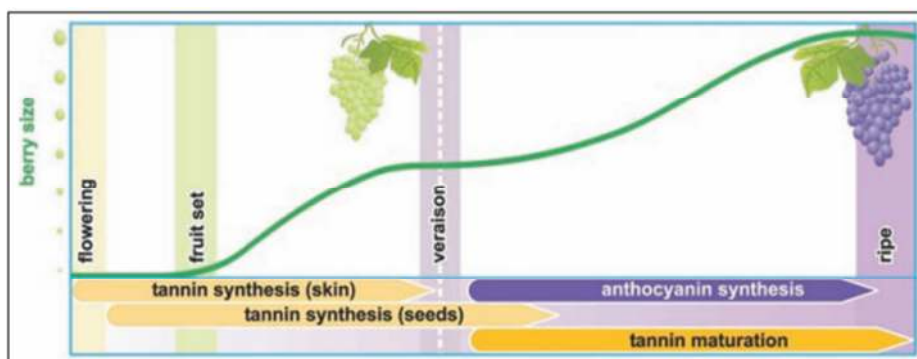
1.2 Πορεία ωρίμανσης της ράγας

Η ανάπτυξη των ραγών περιλαμβάνει δύο διαδοχικές περιόδους σιμοειδής ανάπτυξης που χωρίζονται από μια φάση επιβράδυνσης (Zhang C., et al., 2021). Η πρώτη περίοδος ανάπτυξης, ή αλλιώς στάδιο της πράσινης ράγας, ξεκινά από την καρπόδεση και διαρκεί περίπου 40-60 ημέρες. Κατά την πρώτη αυτή περίοδο ανάπτυξης, σχηματίζεται η ράγα και παράγονται τα έμβρυα των γιγάρτων. Τις πρώτες 5-6 εβδομάδες παρατηρείται ταχεία κυτταρική διαίρεση ενώ μέχρι το τέλος αυτής της περιόδου έχει καθοριστεί ο συνολικός αριθμός των κυττάρων μέσα στη ράγα (Kennedy J., et al., 2002). Επίσης, αξίζει να αναφερθεί, ότι κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, συσσωρεύονται οι τανίνες στη ράγα και πιο συγκεκριμένα στο φλοιό, τα γίγαρτα και ελάχιστα στη σάρκα, ενώ είναι υπεύθυνες για την πικρή και στυπτική ιδιότητα των ερυθρών οίνων, συνεισφέροντας παράλληλα και στην χρωματική σταθερότητά τους (Kennedy J., et al., 2001). Η περαιτέρω αύξηση του τελικού μεγέθους της ράγας μέχρι την ωρίμανση, οφείλεται αποκλειστικά στην μετέπειτα διόγκωση των ήδη σχηματισμένων κυττάρων της (Coombe B & McCarthy M., 2000).

Στις περισσότερες ποικιλίες, η πρώτη φάση ανάπτυξης ακολουθείται από μια φάση επιβράδυνσης και ονομάζεται στάδιο του περκασμού (véraison). Κατά την περίοδο αυτή, διακόπτεται απότομα η ενεργή αύξηση της ράγας και ξεκινάει να συμβαίνουν μεγάλες αλλαγές στη βιοχημεία και το μεταβολισμό της, όπως η σύνθεση των ανθοκυανών, ενώσεις που προσδίδουν χρώμα στις ερυθρές ποικιλίες (Serrano A., et al., 2017). Η ράγα, παύει να αποτελεί φωτοσυνθετικό όργανο καθώς διασπάται η χλωροφύλλη, ενώ παράλληλα σε αυτό το στάδιο, παρατηρείται το μέγιστο των συγκεντρώσεων των τανινών, καθώς και κάποιων ενώσεων, υπεύθυνων για το φυτικό άρωμα των οίνων (Σουφλερός E., 2015).

Σε γενικές γραμμές, η ράγα γίνεται πιο μαλακή και ελαστική από εδώ και πέρα, επιτρέποντας έτσι τον διπλασιασμό του μεγέθους της από τον περκασμό μέχρι τη συγκομιδή, ενώ η μεγέθυνση αυτή οφείλεται στην εισροή χυμού και φωτοσυνθετικών προϊόντων από τα φύλλα προς τη ράγα. Αυτό οδηγεί σε ταχύτατη συσσώρευση σακχάρων στη ράγα, η οποία και συνεχίζεται μέχρι τη συγκομιδή των σταφυλιών (Κουνδουράς Σ., 2020). Παρόμοια αυξητική πορεία με τη συσσώρευση των σακχάρων στη ράγα, ακολουθούν και ορισμένοι υψίστης σημασίας για την ποιότητα του οίνου, δευτερογενείς μεταβολίτες. Σε αυτούς, περιλαμβάνονται οι ανθοκυάνες, οι

οποίες είναι υπεύθυνες για το χρώμα των ερυθρών οίνων, καθώς και ενώσεις που προσδίδουν το χαρακτηριστικό άρωμα στους λευκούς οίνους (Kennedy J., et al., 2002).



Εικόνα 3: Σύνθεση τανινών και ανθοκυανών κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και ωρίμανσης της ράγας. (Kennedy J., et al., 2007)

1.3 Φαινολικά συστατικά

Οι φαινόλικες ενώσεις είναι μία μεγάλη και σύνθετη κατηγορία ενώσεων, εξαιρετικής σημασίας για τα χαρακτηριστικά και την ποιότητα τόσο των ερυθρών οίνων, όσο και των λευκών καθώς επηρεάζουν πληθώρα παραμέτρων όπως το χρώμα, τη γεύση, το άρωμα, ενώ παράλληλα δύναται να συνεισφέρουν στην αντιοξειδωτική και αντιβακτηριακή προστασία των οίνων (Jackson R., 2008). Για να χαρακτηριστεί μία ένωση ως φαινολική, πρέπει να αποτελείται τουλάχιστον από έναν φαινολικό δακτύλιο και ένα υδροξύλιο (OH) (Hornedo-Ortega R., et al., 2020). Αξίζει να αναφερθεί ότι η σύνθεσή τους εξαρτάται κυρίως από την ποικιλία και τις καλλιεργητικές τεχνικές στο αμπέλι αλλά και από τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης (Τσαγαράτος Π., 2020). Στον οίνο απαντώνται ευρέως και διακρίνονται σε δύο σημαντικές κατηγορίες, τις μη-φλαβονοειδείς (φαινολικά οξέα και στυλβένια) και φλαβονοειδείς ενώσεις (φλαβονόλες, φλαβανόλες και ανθοκυάνες), συνεισφέροντας η κάθε μια με διαφορετικές ιδιότητες στο φαινολικό του πλούτο (Adams D., 2006).

1.3.1 Μη φλαβονοειδή

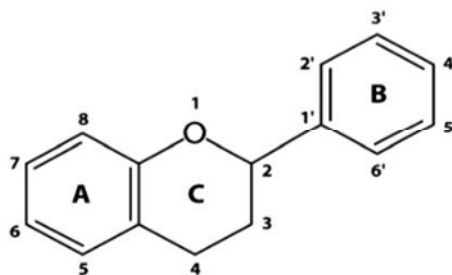
Στις μη-φλαβονοειδείς ενώσεις ανήκουν μονομοριακά φαινολικά παράγωγα του βενζοϊκού ή του κινναμωμικού οξέος και τα στυλβένια, ενώ δομικά παρουσιάζουν απλούστερη μορφή σε σχέση με τα φλαβονοειδή (Σουφλερός E., 2015). Στα

κιναμμωμικά οξέα (C6-C3) ανήκουν το κουμαρικό, καφεϊκό και φουμαρικό οξύ, στα βενζοϊκά οξέα (C6-C1) το γαλλικό και ελλαγιικό οξύ και στα στιλβένια η trans-ρεσβερατρόλη. Με εξαίρεση το ελλαγιικό οξύ, τα βενζοϊκά οξέα εντοπίζονται σε όλα τα μέρη της ράγας, τα κιναμμωμικά οξέα μόνο στη σάρκα, ενώ τα στιλβένια στους φλοιούς και τα γίγαρτα των ραγών και απελευθερώνονται στο γλεύκος κατά την έκθλιψη (Adams D., 2006). Το ελλαγιικό οξύ, εντοπίζεται σε οίνους που έχουν παλαιώσει σε βαρέλι, καθώς προέρχεται από την υδρόλυση των ελλαγιικών τανινών του ξύλου του βαρελιού (Jackson R., 2008). Τα βενζοϊκά οξέα εντοπίζονται κυρίως ως συνδυασμοί γλυκοσιδίων, ενώ για να απελευθερωθούν στο γλεύκος πρέπει να προηγηθεί όξινη υδρόλυση. Ακόμη, απαντώνται και με τη μορφή εστέρων από τους οποίους απελευθερώνονται με αλκαλική υδρόλυση. Οι ελεύθερες μορφές, εντούτοις, είναι πιο διαδεδομένες, κυρίως στο κόκκινο κρασί, λόγω της υδρόλυσης αυτών των συνδυασμών και των αντιδράσεων θερμικής διάσπασης πιο πολύπλοκων μορίων, των ανθοκυανών. Τα κιναμμωμικά οξέα απαντώνται στον οίνο κυρίως σε εστεροποιημένη μορφή με το τρυγικό οξύ (τρυγικοί εστέρες), ενώ έχουν ανιχνευθεί και μικρές ποσότητες σε ελεύθερη μορφή. Τα παράγωγά τους είναι εξαιρετικά ευοξειδωτα και θεωρούνται υπεύθυνα για την οξειδωτική αμαύρωση των λευκών οίνων (Ribéreau-Gayon P., et al., 2006). Τέλος, τα στιλβένια, με κυριότερο εκπρόσωπο τη φαινολική ένωση trans-ρεσβερατρόλη, διακρίνονται για την υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση μεταξύ των μη φλαβονοειδών. Αξίζει να σημειωθεί πως στην ρεσβερατρόλη οφείλεται σε μεγάλο βαθμό η ευεργετική δράση που έχει το κόκκινο κρασί στην υγεία του ανθρώπου, λόγω της υψηλής αντιοξειδωτικής της δράσης (Καλλίθρακα Σ., 2020).

1.3.2 Φλαβονοειδή

Τα φλαβονοειδή χαρακτηρίζονται από έναν σκελετό που δομείται από 15 άτομα άνθρακα (σε διάταξη C6-C3-C6) και αποτελείται από δύο φαινολικούς δακτυλίους (A και B), οι οποίοι ενώνονται με έναν κεντρικό δακτύλιο πυρανίου (C), που περιέχει ένα μόριο οξυγόνου (Jackson R., 2008). Από οινολογικής άποψης, τα φλαβονοειδή είναι η σημαντικότερη ομάδα φαινολικών ενώσεων, καθώς επηρεάζουν σημαντικά τις ιδιότητες και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των οίνων (Teixeira A., et al., 2013). Εντοπίζονται κυρίως στο φλοιό και στα γίγαρτα και ελάχιστα στη σάρκα ενώ σε αυτά ανήκουν ανάλογα με την οξειδωτική κατάσταση του C δακτυλίου, οι

φλαβονόλες, οι φλαβαν-3-όλες, οι τανίνες (προανθοκυανιδίνες) και οι ανθοκυάνες (Adams D., 2006).



Εικόνα 4: Βασική χημική δομή όλων των φλαβονοειδών (Pietta PG., 2000)

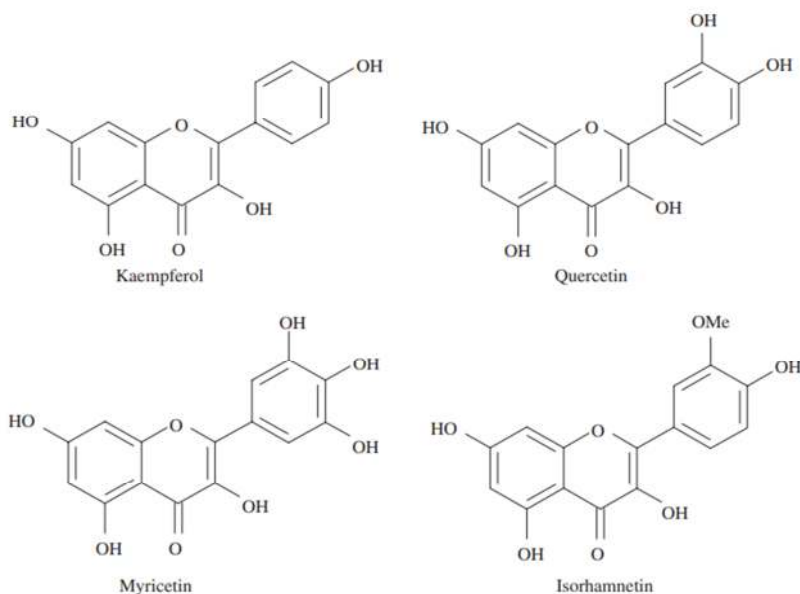
1.3.2.1 Φλαβονόλες

Οι φλαβονόλες αποτελούν μια ομάδα φλαβονοειδών που ποικίλλουν σε χρώμα από λευκό έως κίτρινο και απαντώνται τόσο σε ερυθρές όσο και λευκές ποικιλίες (Makris D., et al., 2006), ενώ διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον αριθμό και τον τύπο των υποκαταστατών στον δακτύλιο B (Teixeira A., et al., 2013). Στο σταφύλι εντοπίζονται οι ενώσεις καμπερόλη, κερσετίνη, μυρσετίνη και οι μεθυλιωμένες μορφές, ισοαρμεντίνη, λαρικιτρίνη και συριγγετίνη (Mattivi F., et al., 2006). Απαντώνται όμως, ως γλυκοσιδιωμένες μορφές, όπως η ραμνοσυλκερετίνη, ενώ στον οίνο λόγω υδρόλυσης μετατρέπονται σε αγλυκόνες (Ribéreau-Gayon P., et al., 2006). Η ποσότητα αυτών των ενώσεων έχει αποδειχθεί ότι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την έκθεση των σταφυλιών στο φως κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης (Downey M., et al., 2004). Μία από αυτές, η κερσετίνη είναι γνωστό ότι έχει προστατευτική δράση έναντι στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV) και παίζει σημαντικό ρόλο στην σταθεροποίηση του χρώματος των οίνων (Braidot E., et al., 2008).

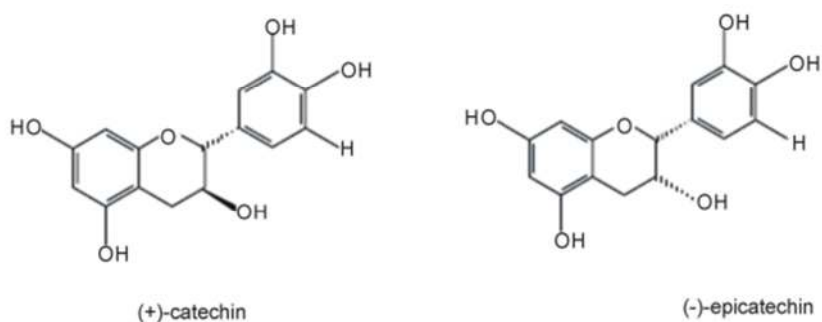
1.3.2.2 Φλαβαν-3-όλες

Τα ελεύθερα μονομερή των φλαβαν-3-ολών, η κατεχίνη και η επικατεχίνη εντοπίζονται κυρίως στα γίγαρτα και δευτερευόντως στο φλοιό των ραγών (Doshi P., et al., 2006). Πρόκειται για ενώσεις, οι οποίες είναι τα δομικά στοιχεία των ταννινών των σταφυλιών και έχουν άμεση επίδραση στην πολυπλοκότητα της γεύσης και την αίσθησης στο στόμα που ένας οίνος μπορεί να προσφέρει (Hollman P. & Arts I., 2000). Οι κατεχίνες είναι υπεύθυνες για την πικράδα και μπορεί επίσης να σχετίζονται εν μέρει με τη στυπτικότητά του. Οι πέντε φλαβαν-3-όλες στα σταφύλια

είναι η (+) κατεχίνη και το ισομερές της (-) επικατεχίνη, η (+) γαλλοκατεχίνη, η (-) επιγαλλοκατεχίνη και ο γαλλικός εστέρας της κατεχίνης (Teixeira A., et al., 2013). Οι φλαβαν-3-όλες, ακόμη, έχουν ισχυρές αντιοξειδωτικές δράσεις και μπορούν να ασκήσουν ορισμένες ευεργετικές επιδράσεις σε καρδιαγγειακές και εγκεφαλοαγγειακές παθήσεις (Ghosh D., 2009).



Εικόνα 5: Χημική δομή των 4 πιο συνηθισμένων φλαβονολών που εντοπίζονται στους οίνους (Makris D., et al., 2006).

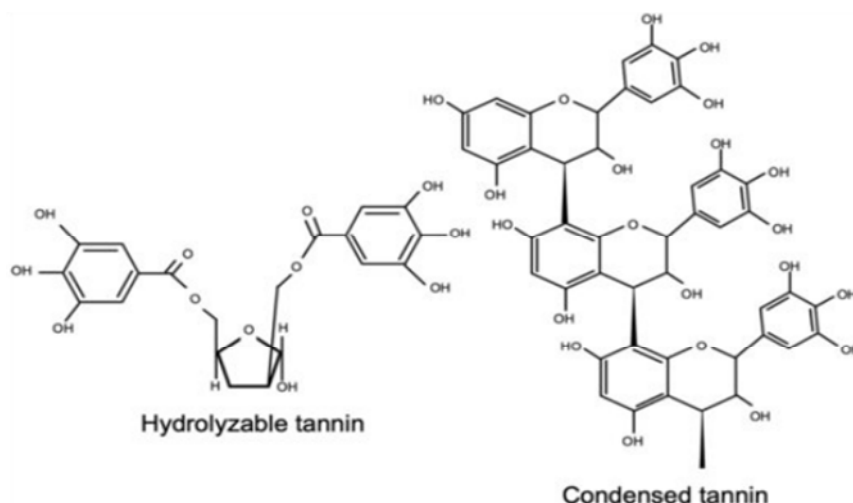


Εικόνα 6: Χημικές δομές της (+) κατεχίνης και της (-) επικατεχίνης (Ramalho S., et al., 2014).

1.3.2.3 Τανίνες (προανθοκυανιδίνες)

Οι προανθοκυανιδίνες ή αλλιώς τανίνες είναι μια ποικιλόμορφη ομάδα ενώσεων που αποτελείται από ολιγομερή και πολυμερή φλαβαν-3-ολών με το μέγεθός τους να κυμαίνεται από 2 έως και 40 υπομονάδες, ενώ αποτελούν την πιο άφθονη κατηγορία

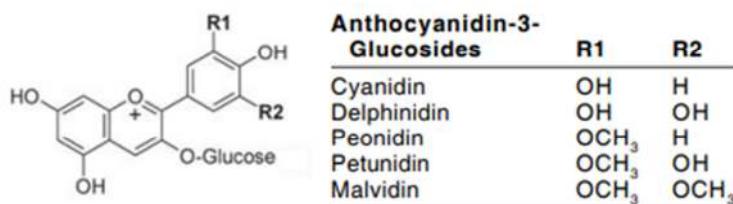
διαλυτών πολυφαινολών στις ράγες του σταφυλιού (Teixeira A., et al., 2013). Οι τανίνες είναι υπεύθυνες για την στυφάδα, την πικράδα και τη σταθεροποίηση του χρώματος στους ερυθρούς οίνους καθορίζοντας έτσι το οργανοληπτικό προφίλ τους. Χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τις συμπυκνωμένες τανίνες, οι οποίες προέρχονται από το σταφύλι και τις υδρολυόμενες τανίνες, οι οποίες προέρχονται από το ξύλο του βαρελιού (Adameczyk B., et al., 2017). Στην ράγα, οι τανίνες εντοπίζονται στο εσωτερικό μαλακό παρέγχυμα των γιγάρτων, στο υπόδερμα των κυττάρων του φλοιού, καθώς και σε μικρότερες συγκεντρώσεις, στο μίσχο των σταφυλιών (Conde C., et al., 2006). Οι τανίνες των φλοιών, αποτελούνται από πολλά μονομερή φλαβονολών, όπως κατεχίνη, επικατεχίνη, επιγαλλοκατεχίνη καθώς και σε μικρότερες συγκεντρώσεις, από γαλλικό εστέρα της επικατεχίνης και γαλλοκατεχίνη. Ακόμη, οι τανίνες του φλοιού, διαφέρουν από αυτές των γιγάρτων, διότι, πρώτον έχουν μεγαλύτερο μέσο βαθμό πολυμερισμού (mDP) και δεύτερον, αποτελούνται από λιγότερους γαλλικούς εστέρες, προσδίδοντας με αυτόν τον τρόπο λιγότερη ένταση πικράδας και στυφάδας στο γλεύκος και κατ' επέκταση στον οίνο (Braidot E., et al., 2008). Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι, οι τανίνες έχουν αξιοπρόσεκτες ιδιότητες, όπως το να ενώνονται με πρωτεΐνες και να δημιουργούν αδιάλυτα σύμπλοκα που καταβυθίζονται. Αξιοποιώντας αυτόν το μηχανισμό δράσης, καθίσταται εφικτό να μειώσουμε τη στυφάδα ενός οίνου, προσθέτοντας εξωγενώς πρωτεΐνες και απομακρύνοντας εν συνεχεία τα συσσωματώματα που καταβυθίστηκαν. Ακόμη, με τον ίδιο τρόπο δράσης οι τανίνες, ενώνονται με τις πρωτεΐνες του σιελογόνου και τις δεσμεύουν, αυξάνοντας έτσι την αίσθηση της στυφάδας ενός οίνου στο στόμα (Rinaldi A. & Moio L., 2020).



Εικόνα 7: Χημική δομή υδρολυόμενων και συμπυκνωμένων τανινών (Ku-Vera J., et al., 2020).

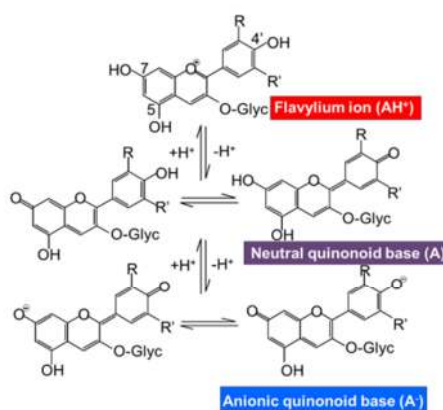
1.3.2.4 Ανθοκυάνες

Οι ανθοκυάνες είναι οι χρωστικές που καθορίζουν το ερυθρό χρώμα ενός οίνου και εντοπίζονται μαζί με τις τανίνες του φλοιού στα υποδερμικά κύτταρα αυτού. Ακολουθούν τον τυπικό φλαβονοειδή σκελετό C6-C3-C6, ο οποίος περιέχει δύο βενζολικούς δακτυλίους A,B οι οποίοι περιβάλλουν έναν δακτύλιο πυριλίου C και φέρουν -OH στη θέση 3 (He F., et al., 2010). Αποτελούνται από άγλυκες ενώσεις τις ανθοκυανιδίνες οι οποίες όμως στο κρασί βρίσκονται σε γλυκοσιδωμένη μορφή, καθώς εστεροποιούνται με σάκχαρο στη θέση 3 του C δακτυλίου. Αυτή η εστεροποίηση, ενισχύει τη χημική σταθερότητα της ένωσης, ενώ παράλληλα αυξάνει και τη διαλυτότητά της, λόγω των υδροξυλίων του σακχάρου (Καλλίθρακα Σ., 2020). Στο κρασί συναντάμε 5 βασικές ανθοκυάνες, ανάλογα με την ύπαρξη των υποκαταστατών H, OH, OCH₃ στις θέσεις R1 και R2 του B δακτυλίου. Αυτές είναι η κυανιδίνη, η δελφινιδίνη, η παιονιδίνη, η πετουνιδίνη και η μαλβιδίνη (Hornedo-Ortega R., et al., 2020). Τούτες, μπορούν να εστεροποιηθούν με οξέα, όπως το οξικό και το κουμαρικό οξύ, να αντικατασταθούν με υδροξυλικές ή μεθυλικές ομάδες και να προκύψουν διάφοροι εστέρες (κουμαρικός εστέρας της μαλβιδίνης, καφεϊκός εστέρας της μαλβιδίνης) (Blouin J. & Cruège J., 2003).



Εικόνα 8: Χημική δομή ανθοκυανών ανάλογα με τους υποκαταστάτες R1,R2 στον Β δακτύλιο (Adams D., 2006).

Ενδιαφέρον είναι το φαινόμενο της χημικής ισορροπίας των ανθοκυανών, όπου ανάλογα με το pH του οίνου, έχουν και διαφορετική μορφή. Οι μορφές αυτές είναι το κατιόν του φλαβυλίου, η άχρωμη ψευδοβάση και η ιώδες βάση, όπου υπάρχουν σε ισορροπία στον οίνο και αλληλεπιδρούν συνεχώς μεταξύ τους. Στο τυπικό εύρος pH ενός κρασιού (3-4) οι περισσότερες μορφές είναι άχρωμες (Καλλίθρακα Σ., 2020). Το κόκκινο χρώμα προέρχεται κυρίως από τη μικρή αναλογία ανθοκυανών που υπάρχουν στην κατάσταση του φλαβυλίου. Το χαμηλό pH αυξάνει τη συγκέντρωση της μορφής του φλαβυλίου, ενισχύοντας την ερυθρότητα, ενώ καθώς το pH αυξάνεται, η ένταση του κόκκινου χρώματος και η αναλογία των ανθοκυανών στην μορφή του κατιόντος φλαβυλίου μειώνονται ταχύτατα (Wahyuningsih S., et al., 2016). Η ένταση του κόκκινου χρώματος εξαρτάται εκτός από το pH και τη συγκέντρωση των ελεύθερων ανθοκυανών και από την περιεκτικότητα σε ελεύθερο θειώδη ανυδρίτη καθώς αυτός αποτελεί έναν ακόμα σημαντικό παράγοντα αποχρωματισμού των νεαρών ερυθρών οίνων (Jackson R., 2008).



Εικόνα 9: Επίδραση του pH στη δομή και το χρώμα των ανθοκυανών (Tena N., et al., 2020)

Το χρώμα ενός νέου οίνου οφείλεται σε μονομερείς ανθοκυάνες, ελεύθερες στον οίνο. Καθώς περνάει ο καιρός όμως, αυτές φθίνουν, διότι σχηματίζουν σύμπλοκα με άλλες ανθοκυάνες ή με άλλες φαινολικές ενώσεις (συγχρωματισμός) (Somers T. & Vétette E., 1988). Οι σύμπλοκες αυτές ενώσεις μπορεί να είναι πολυμερή ανθοκυανών-φλαβονολών όπως με την επικατεχίνη, σύμπλοκα ανθοκυανών-ανθοκυανών μέσω γέφυρας ακεταλδεϋδης, καθώς και ενώσεις ανθοκυανών-πυρανοανθοκυανών. Αυτά τα σύμπλοκα, σταθεροποιούν το χρώμα των οίνων με το πέρασμα του χρόνου, καθώς αποτρέπουν την ενυδάτωση των μορίων των ανθοκυανών, όπου είναι η αιτία αποχρωματισμού τους, ενώ αυξάνουν παράλληλα και την πυκνότητα του ερυθρού χρώματος στον οίνο (Jackson R., 2008).

1.4 Πτητικά συστατικά

Το άρωμα των οίνων είναι αποτέλεσμα συνδυασμού αρκετών πτητικών ενώσεων, σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από μερικά mg/L έως και λίγα ng/L. Το κατώφλι αντίληψης αυτών των ενώσεων ποικίλλει αρκετά σημαντικά. Ορισμένες ενώσεις, που υπάρχουν σε ίχνη, της τάξης των ng/L, μπορεί να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο άρωμα, ενώ άλλες, πολύ πιο άφθονες ενώσεις μπορεί να συμβάλλουν ελάχιστα. Συνεπώς, το είδος των πτητικών ενώσεων και οι διάφορες συγκεντρώσεις που αυτές εντοπίζονται συνθέτουν έναν ιδιαίτερο και μοναδικό χαρακτήρα αρώματος για κάθε οίνο ξεχωριστά (Ribéreau-Gayon P., et al., 2006). Αξίζει να τονιστεί ότι ως κατώφλι αντίληψης ορίζεται η ελάχιστη συγκέντρωση μιας ένωσης που ανιχνεύεται από τα αισθητήρια όργανα της γεύσης και της οσμής (Pisarnitskii A., 2001). Αρχικά, μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κατηγορίες προέλευσης του αρώματος ενός οίνου. Η πρώτη, αφορά πτητικές ενώσεις οι οποίες προέρχονται από το σταφύλι, απελευθερώνονται άμεσα στο γλεύκος κατά την έκθλιψη και προσδίδουν το λεγόμενο ποικιλιακό ή πρωτογενές άρωμα. Στη δεύτερη, υπάγονται ενώσεις του αρώματος του οίνου οι οποίες απελευθερώνονται στο γλεύκος ή στον οίνο κατά τη διάρκεια της οινοποίησης με τεχνικές όπως, η μηλογαλακτική ζύμωση ή η συμπαραμονή του οίνου με τις οινολάσπες. Στην τρίτη κατηγορία περιλαμβάνονται ενώσεις που σχηματίζονται κατά την παλαίωση ενός οίνου στο βαρέλι ή στη φιάλη, δίνοντας το τριτογενές άρωμα (Rapp A. & Versini G., 1995). Ακόμη, οι συνολικές συγκεντρώσεις των πτητικών ενώσεων του αρώματος μπορούν να επηρεαστούν από

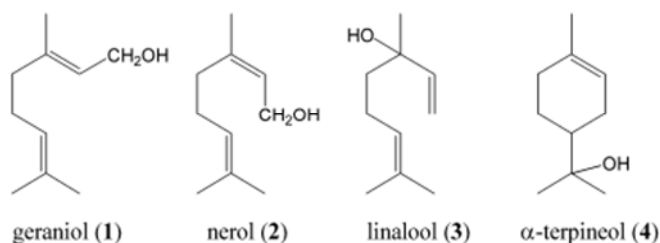
περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το κλίμα και το έδαφος, την ποικιλία, την κατάσταση του καρπού, τις συνθήκες κατά το στάδιο της ζύμωσης (pH, θερμοκρασία, θρεπτικά συστατικά γλεύκους, μικροχλωρίδα) και τέλος, τις διάφορες μεταζυμωτικές επεξεργασίες (μετάγγιση, διαύγαση) (Rapp A., & Mandery H., 1986). Οι κύριες κατηγορίες των πτητικών ενώσεων που συμμετέχουν ενεργά στο αρωματικό προφίλ ενός οίνου είναι οι εξής: τα μονοτερπένια και σεσκιτερπένια, τα C13-Νορισοπρενοειδή, οι μεθοξυπυραζίνες, οι εστέρες, οι ανώτερες αλκοόλες, οι θειούχες ενώσεις, οι καρβονυλικές ενώσεις, καθώς και τα λιπαρά οξέα, όπου θα αναλυθούν εκτενέστερα παρακάτω (Ταραντίλης Π., 2020).

1.4.1. Μονοτερπένια και Σεσκιτερπένια

Τα μονοτερπένια (10 άτομα άνθρακα) και τα σεσκιτερπένια (15 άτομα άνθρακα) ανήκουν στην χημική ομάδα των τερπενίων και αποτελούνται από 2 και 3 μονάδες ισοπρενίου αντιστοιχία (Darriet P., et al., 2012)

Συγκεκριμένα, τα μονοτερπένια συναντώνται περισσότερο στους λευκούς οίνους, ιδιαίτερα στα γλεύκη που έχουν παραχθεί από ποικιλίες που ανήκουν στην οικογένεια των Μοσχάτων, όπως Μοσχάτο Αλεξανδρείας, Gewürztraminer και Riesling (Mateo J. & Jiménez M., 2000, Campo E., et al., 2005). Παρόλα αυτά, όμως δύναται να ανιχνευθούν και σε ερυθρές ποικιλίες, όπως οι ενώσεις 1,4-κινεόλη και 1,8-κινεόλη, όπου χάρις το χαμηλό κατώφλι αντίληψής τους, φαίνεται να συνεισφέρουν με φρέσκες νότες μέντας και ευκάλυπτου σε ορισμένους ερυθρούς οίνους, παρόλο που έχουν παραχθεί από μη-αρωματικές ποικιλίες (Slaghenaufi D., et al., 2021). Προέρχονται από το σταφύλι, όπου συντίθενται στο φλοιό και τη σάρκα της ράγας, ενώ εντοπίζονται σε ελεύθερες και δεσμευμένες μορφές (Luan F. & Wüst M., 2002). Στις ελεύθερες αρωματικές ενώσεις, κυρίαρχες είναι η λιναλόλη (ανθικό άρωμα), η γερανιόλη (τριαντάφυλλο), η νερόλη (φρουτώδες), σιτρονελόλη (αρώματα εσπεριδοειδών), η α-τερπενιόλη (λευκά άνθη) καθώς και οξείδια της λιναλόλης (ανθικά αρώματα) (Pedersen D., et al., 2003). Δεύτερον, όσον αφορά τις γλυκοσυλιωμένες μορφές των μονοτερπενίων, αν και αυτές οι ενώσεις δεν συνεισφέρουν άμεσα στο άρωμα, μερικές από αυτές μπορούν να διασπαστούν με μεγάλη ευκολία για να δώσουν ευχάριστα και ισχυρά πτητικά αρώματα, όπως πχ. η διενδιόλη μπορεί να δώσει οξείδιο της νερόλης (νότες λουλουδιών) (Williams P., et

al., 1980). Η διάσπαση μπορεί να προκύψει με όξινη ή ενζυμική υδρόλυση (Gunata Z., et al., 1985) και να προκύψουν ελεύθερες μορφές μονοτερπενοειδών (Mateo J. & Jiménez M., 2000).



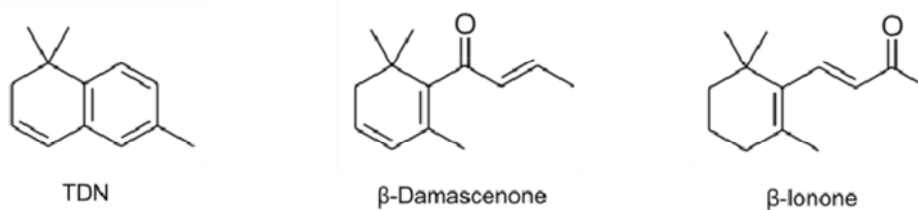
Εικόνα 10: Χημική δομή (1) Γερανιόλης, (2) Νερόλης, (3) Λιναιλόλης (4) α-τερπενιόλης (Pedersen D., et al., 2003)

Ορισμένοι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τα σεσκιτερπένια είναι υπεύθυνα για τις οργανοληπτικές κυρίως ιδιότητες των σταφυλιών (D'Onofrio C., et al., 2017). Για παράδειγμα η ροτουντόνη θεωρείται ως η κύρια υπεύθυνη ουσία, και η σημαντικότερη από τα σεσκιτερπένια, που προσδίδει στους οίνους Shiraz τον πιπεράτο χαρακτήρα τους (Wood C., et al., 2008). Άλλες ουσίες που ανήκουν σε αυτά και έχουν εντοπιστεί στον οίνο, είναι το α-υλαγγένιο, το α - και β-καρνοφυλλένιο, το D-γερμακρένιο, καθώς και ορισμένα οξυγονωμένα σεσκιτερπένια, συμπεριλαμβανομένης της φαρνεζόλης και της νερολιδόλης (Luo J., et al., 2019, May B. & Wüst M., 2012, Zhang P., et al., 2016). Ωστόσο, η έρευνα για τα σεσκιτερπένια είναι περιορισμένη σε σύγκριση με άλλες υποκατηγορίες πτητικών ενώσεων όπως τα μονοτερπένια και τα ισοπρενοειδή (Li Z., et al., 2020).

1.4.2. C-13-Νορισοπρενοειδή

Τα C13-νορισοπρενοειδή προκύπτουν από την οξείδωση των καροτενοειδών και χαρακτηρίζονται από πολύ ευχάριστη μυρωδιά, ενώ παρόλο που ανιχνεύονται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, το κατώφλι αντίληψης των περισσότερων είναι εξαιρετικά χαμηλό στο νερό, όπως της β-ιονόνης και της β-δαμασκηνόνης στα 7 ng/L και 2 ng/L αντίστοιχα (Kotseridis Y., et al., 1998,). Όπως και στα μονοτερπένια, έτσι και τα Νορισοπρενοειδή εμφανίζονται στα σταφύλια ως μη πτητικές πρόδρομες ουσίες γλυκοσιδίων. Οι ελεύθερες αρωματικές ενώσεις, οι οποίες συμβάλλουν σημαντικά στο άρωμα απελευθερώνονται με υδρόλυση είτε κατά τη ζύμωση είτε

κατά την αποθήκευση του οίνου (Francis I., et al., 1999). Τα σημαντικότερα C13-Νορισοπρενοειδή που συμμετέχουν ευχάριστα στο αρωματικό μπουκέτο των ερυθρών οίνων είναι η β-ιονόνη (άρωμα βιολέτας και βατόμουρου), η β-δαμασκηνόνη (άρωμα τριαντάφυλλου, μελιού και ώριμων φρούτων), η β-ιονόλη (άρωμα φρούτων και λουλουδιών) και η 3-οξο-β-ιονόνη (οσμή καπνού) (Pisarnitskii A., 2001, Li Z., et al., 2019). Άλλες ενώσεις που ανήκουν στην ομάδα των C13-Νορισοπρενοειδών είναι η 1,1,6-τριμεθυλ-1,2-διυδροναφθαλίνης (TDN), που δίνει χαρακτηριστικό άρωμα κηροζίνης σε παλαιωμένους οίνους της ποικιλίας Riesling, (Ebeler S., et al., 2009) καθώς και η ένωση (E)-1-(2,3,6-τριμεθυλοφαινυλο)βουτα-1,3-διένιο (TPB), που σχετίζεται με χορτώδη αρώματα σε οίνους που έχουν παραχθεί από την ποικιλία Semillon (Janusz A., et al., 2003).



Εικόνα 11: Χημική δομή των σημαντικότερων C13-Νορισοπρενοειδών που απαντώνται στους οίνους (Tarasov A., et al., 2021)

1.4.3. Μεθοξυπυραζίνες

Οι μεθοξυπυραζίνες είναι αζωτούχες ετεροκυκλικές ενώσεις που παράγονται από το μεταβολισμό των αμινοξέων, ενώ απαντώνται φυσικά στα φυτά και συγκεκριμένα και στο φυτό της αμπέλου (Heymann H., et al., 1986). Η κύρια ένωση για την οποία έχουμε και τα περισσότερα στοιχεία, είναι η 3-ισοβουτυλ-2-μεθοξυπυραζίνη (IBMP) και αποτελεί μία από τις πιο ισχυρά αρωματικές ενώσεις με κατώφλι αντίληψης στους ερυθρούς οίνους τα 16 ng/L (Olejar K., et al., 2021). Σε αυτήν οφείλεται κυρίως το άρωμα της πράσινης πιπεριάς, ενώ έχει εντοπιστεί σε ποικιλίες όπως Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc και Sauvignon Blanc, συνδέοντας το φυτικό χαρακτήρα των οίνων αυτών των ποικιλιών με την έντονη παρουσία IBMP στο γλεύκος (Lacey M., et al., 1991). Η συγκέντρωση του IBMP κυμαίνεται από 4 έως 30 ng/L ανάλογα με την ποικιλία, την ωριμότητα και τις συνθήκες ανάπτυξης ενώ τα υψηλά επίπεδα (>15 ng/L σε λευκούς οίνους), (> 25 ng/L σε ερυθρούς οίνους) οδηγούν σε «ανεπιθύμητες» χορτώδεις νότες. Έχει αναφερθεί ότι το IBMP αποικοδομείται εύκολα με την έκθεση των σταφυλιών στο φως, καθώς μελέτες έδειξαν ότι τα

σταφύλια που εκτίθονταν στο φως παρουσίασαν χαμηλότερα επίπεδα IBMP σε σχέση με αυτά που σκιάζονταν από τα φύλλα (Noble A., et al., 1995). Ακόμη, τα επίπεδα IBMP επηρεάζονται από την ωριμότητα των σταφυλιών διότι μειώνονται όσο ωριμάζει ο καρπός και τη θερμοκρασία κατά την ωρίμανση του σταφυλιού, καθώς σε ψυχρότερα κλίματα εντοπίζονται υψηλότερες συγκεντρώσεις της ένωσης αυτής (Ebeler S., et al., 2009). Εκτός από το IBMP, δύο εξίσου σημαντικές ενώσεις της οικογένειας των μεθοξυπυραζινών, αλλά με χαμηλότερη συγκέντρωση από την IBMP, η 2-δευτ.-βουτυλ-2-μεθοξυπυραζίνη (SBMP) και η 3-ισοπροπυλ-2-μεθοξυπυραζίνη (IPMP) έχουν επίσης ανιχνευθεί στα σταφύλια και στους οίνους, συνδράμοντας σε αρώματα μπιζελιού-πράσινης πιπεριάς και σπαραγγιού-πράσινου φασολιού αντίστοιχα στο αρωματικό προφίλ των οίνων (Allen M. & Lacey M., 1998, Sala C., et al., 2004).



Εικόνα 12: Χημική δομή των σπουδαιότερων μεθοξυπυραζινών που συναντώνται στους οίνους (Kemp B., et al., 2022)

1.4.4. Εστέρες

Από τα πτητικά συστατικά του οίνου, οι εστέρες είναι αυτά που συναντώνται συχνότερα, καθώς έχουν ανιχνευθεί περισσότερες από 160 διαφορετικές ενώσεις, ενώ σε αυτούς οφείλεται κυρίως το φρουτώδες άρωμα των οίνων. Οι πιο κοινοί εστέρες που εντοπίζονται είναι οι οξικοί εστέρες που προέρχονται από το οξικό οξύ και τις ανώτερες αλκοόλες και οι αιθυλεστέρες οι οποίοι σχηματίζονται από την αιθανόλη και τα λιπαρά οξέα ή τα μη πτητικά οργανικά οξέα (Lytra G., et al., 2017). Οι εστέρες είναι γνωστό ότι συμβάλλουν σημαντικά στα αρώματα των κόκκινων και μαύρων φρούτων που χρησιμοποιούνται ως περιγραφικοί όροι των ειδικών αρωμάτων των ερυθρών οίνων ενώ, έχει αποδειχθεί ότι αρκετοί από αυτούς όπως ο οξικός ισοαμυλεστέρας ασκούν θετική επίδραση στα ποικιλιακά αρώματα των ερυθρών ποικιλιών Pinotage και Tempranillo (Antalick G., et al., 2015). Συντίθενται στα σταφύλια αλλά σπάνια σε ποσότητες που μπορούν να ανιχνευθούν από τα αισθητήρια όργανα. Κατά κύριο λόγο οι περισσότεροι εστέρες που εντοπίζονται στον οίνο,

παράγονται από τις ζύμες κατά την αλκοολική ζύμωση, ενώ η σύνθεσή τους κατά τη ζύμωση επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Ο βασικότερος παράγοντας είναι η θερμοκρασία ζύμωσης καθώς σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών (~10°C), προάγεται η σύνθεση εστέρων κοντής αλυσίδας με ευχάριστα αρώματα φρούτων και άνθων, όπως ισοαμυλεστέρας, ισοβουτυλεστέρας και οξικός εξυλεστέρας, ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες (15-20°C), ενισχύεται η παραγωγή υψηλότερου μοριακού βάρους εστέρων μακριάς αλυσίδας, όπως ο οκτανοϊκός και ο δεκανοϊκός αιθυλεστέρας, οι οποίοι σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να θεωρηθούν ελλάτωμα λόγω της οσμής σαπουνιού που προσδίδουν στον οίνο (Killian E. & Ough C., 1979). Οι υψηλές θερμοκρασίες επίσης, τείνουν να περιορίζουν τη συσσώρευση εστέρων καθώς ευνοούν την υδρόλυσή τους, ενώ τα χαμηλά επίπεδα θειώδους ανυδρίτη σε συνδυασμό με μούστο υψηλής διαύγειας προάγουν τη σύνθεση και την κατακράτηση των εστέρων στο γλεύκος. Ακόμη, η απουσία οξυγόνου κατά τη ζύμωση αυξάνει περαιτέρω το σχηματισμό εστέρων (Jackson R., 2008). Από όλους τους εστέρες, αυτός που έχει διερευνηθεί περισσότερο είναι ο οξικός αιθυλεστέρας. Σε υγιής οίνους, η συγκέντρωσή του κυμαίνεται από 50-100 mg/L, ενώ σε χαμηλά επίπεδα (50 mg/L), μπορεί να έχει θετική συνεισφορά και να προσθέσει πολυπλοκότητα στο άρωμα του οίνου. Όμως, αν η συγκέντρωσή του υπερβεί τα 150 mg/L, η παρουσία του συνδέεται με την ιδιαίτερα έντονη και ανεπιθύμητη οσμή βερνικιού νυχιών ή ασετόν (Amerine M. & Roessler E., 1983). Η ανάπτυξη αυτών των υψηλών, ανεπιθύμητων επιπέδων οξικού αιθυλεστέρα συνήθως σχετίζεται με μόλυνση των σταφυλών, του γλεύκους ή του οίνου από τα οξικά βακτήρια. Τα βακτήρια αυτά, όχι μόνο συνθέτουν απευθείας οξικό αιθυλεστέρα, αλλά παράγουν και οξικό οξύ, το οποίο μπορεί να αντιδράσει μη ενζυμικά με την αιθανόλη, σχηματίζοντας εκ νέου οξικό αιθυλεστέρα (Καλλίθρακα Σ., 2020). Άλλοι εστέρες, που συμμετέχουν ενεργά στο αρωματικό προφίλ των ερυθρών οίνων είναι ο βουτυρικός αιθυλεστέρας με αρώματα κόκκινων φρούτων, κερασιού και μήλου, ο ισο-βουτυρικός αιθυλεστέρας (οσμή φράουλας και κόκκινων φρούτων), ο οκτανοϊκός, δεκανοϊκός και δωδεκανοϊκός αιθυλεστέρας (κόκκινα φρούτα, δαμάσκηνο) και ο οξικός 2 - φαιλαιθυλεστέρας με οσμή μούρων φρούτων, τριαντάφυλλου και μελιού (Παληγογιάννη Α., 2007, Δήμου Φ., 2012)

1.4.5. Ανώτερες αλκοόλες

Οι ανώτερες αλκοόλες χαρακτηρίζονται από μία ιδιαίτερα έντονη οσμή, η οποία σε υψηλές συγκεντρώσεις επηρεάζει αρνητικά το μπουκέτο και το άρωμα του οίνου (Hazelwood L., et al., 2008). Συγκεκριμένα, σε συνολικές συγκεντρώσεις κάτω από 300 mg/L, οι ανώτερες αλκοόλες δύναται να συμβάλουν θετικά στο αρωματικό προφίλ των οίνων, αυξάνοντας τις φρουτώδεις και ανθικές νότες, αλλά και την πολυπλοκότητα του αρώματος, ενώ σε επίπεδα πάνω από 400 mg/L έχουν αρνητική επίδραση με την εμφάνιση πικάντικων και ανεπιθύμητων οσμών (Etievant P., 1991). Ποσοτικά, οι πιο σημαντικές ανώτερες αλκοόλες είναι η ισοαμυλική αλκοόλη, η ισοβουτυλική αλκοόλη, η ν-προπανόλη και η αμυλική αλκοόλη. Η ισοαμυλική αλκοόλη είναι η κύρια ανώτερη αλκοόλη που βρίσκεται στον οίνο (πάνω από 50%) και η συγκέντρωσή της κυμαίνεται από 90 έως 292 mg/l (Vashakidze P. & Bezhuashvili M., 2020). ενώ μαζί με την ισοβουτανόλη έχουν συσχετισθεί θετικά με νότες φυτικότητας και οσμής πιπεριάς σε παλαιωμένα ερυθρά κρασιά και αρνητικά με την ένταση φρυγανισμένων και ξυλώδων χαρακτηριστικών (De-La-Fuente-Blanco A., et al., 2016). Ένα μέρος των ανώτερων αλκοολών μπορεί να προέρχεται απευθείας από τα σταφύλια, αλλά κυρίως παράγονται κατά την αλκοολική ζύμωση ως προϊόντα μεταβολισμού των σακχάρων και των ελεύθερων αμινοξέων από τους ζυμομύκητες (Šehonić D., et al., 2007). Πιο συγκεκριμένα, το 65% των ανώτερων αλκοολών προέρχεται από το μεταβολισμό των αμινοξέων, ενώ μόνο το 35% από το μεταβολισμό των σακχάρων κατά τη ζύμωση (Vashakidze P. & Bezhuashvili M., 2020).

1.4.6. Θειούχες ενώσεις

Οι θειούχες ενώσεις αντιπροσωπεύουν μία μεγάλη οικογένεια ενώσεων που συνεισφέρουν είτε θετικά ή αρνητικά στο αρωματικό δυναμικό των οίνων (Swiegers J. & Pretorius I., 2007). Στο σταφύλι δύναται να υπάρχουν ως μη πτητικές και άοσμες πρόδρομες ουσίες και η διάσπασή τους σε έντονα αρωματικές ενώσεις συμβαίνει κατά την οινοποίηση, ενώ πολλές από τις οσμηρές θειόλες που συνεισφέρουν θετικά στο άρωμα των οίνων, έχουν αναγνωριστεί σε οίνους που προέρχονται από διεθνείς ποικιλίες όπως Sauvignon blanc, Semillon, Riesling, Pinot Gris και Pinot Noir. Ανάμεσά τους, η 4-μεθυλ-4-σουλφανυλπενταν-2-όνη (4MMP) και η 3-

σουλφανυλεξαν-1-όλη (3MH), παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στο άρωμα αυτών των ποικιλιών (Darriet P., et al., 1995). Αξίζει να ανφερθεί, ότι αυτές οι θειόλες εντοπίζονται και σε ερυθρούς οίνους, σε χαμηλότερες βέβαια συγκεντρώσεις από ό,τι στους λευκούς που παράγονται από τις παραπάνω ποικιλίες, ενώ υπάρχουν ορισμένα στοιχεία που υποδηλώνουν ότι μπορούν να συμβάλλουν θετικά στο αρωματικό προφίλ τους. Τούτο αποδεικνύεται από τον Cordente A., et al., 2022, καθώς σε ερυθρούς οίνους από τη νοτιοανατολική Γαλλία η ένταση του αρώματος μαύρου φραγκοστάφυλου συσχετίζεται με τις αυξανόμενες συγκεντρώσεις του 4MMP, ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις του 3MH φάνηκε να ευνοούν εξίσου την έκφραση αυτού του αρώματος. Το 4MMP και το 3MH δεν υπάρχουν στα σταφύλια και το γλεύκος, αλλά παράγονται κατά την αλκοολική ζύμωση από μη πτητικές και άοσμες πρόδρομες ουσίες των σταφυλιών από ένζυμα του *Saccharomyces cerevisiae* που προκαλούν τη διάσπαση των δεσμών άνθρακα-θείου (Helwi P., et al., 2016). Οι γνωστές μορφές αυτών των πρόδρομων ουσιών είναι συζεύγματα θείου (S) με γλουταθειόνη ή με κυστεΐνη: S-4-(4-μεθυλοπενταν-2-όνη)-L-γλουταθειόνη (Glut-4MMP) και S-4-(4-μεθυλοπενταν-2-όνη)-L-κυστεΐνη (Cys-4MMP) για το 4MMP και S-3-(εξαν-1-όλη)-γλουταθειόνη (Glut-3MH) και S-3-(εξαν-1-όλη)-κυστεΐνη (Cys-3MH) για το 3MH αντίστοιχα (Fedrizzi B., et al., 2009, Thibon C., et al., 2010). Ακόμη, έχει βρεθεί πως η συσσώρευση και η συγκέντρωση των προδρόμων ουσιών των 4MMP και 3MH στα σταφύλια κατά την ωρίμανση, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το κλίμα και η σύσταση του εδάφους (Choné X., et al., 2006). Όσον αφορά τις υπόλοιπες θειούχες ενώσεις που εντοπίζονται στον οίνο, το υδρόθειο (H₂S) είναι η πιο κοινή πτητική ένωση θείου στο κρασί, ενώ είναι εύκολα αναγνωρίσιμο λόγω της δυσάρεστης οσμής χαλασμένου αυγού, ιδιαίτερα σε πρόσφατα ζυμωμένους οίνους (Jackson R., 2008). Αυτό συμβαίνει διότι το υδρόθειο, αποτελεί προϊόν μεταβολισμού θειούχων αμινοξέων (κυστεΐνη) από τους ζυμομύκητες κατά την αλκοολική ζύμωση, ενώ παράλληλα, λόγω του αναγωγικού περιβάλλοντος το οποίο επικρατεί κατά τη ζύμωση ευνοείται περαιτέρω ο σχηματισμός του (Ταραντίλης Π., 2020).

1.4.7. Καρβονυλικές ενώσεις

Ανάμεσα στα συστατικά που περιέχονται στο κρασί, υπάρχουν και οι καρβονυλικές ενώσεις, στις οποίες ανήκουν, η ακεταλδεΐδη, η φουρφουράλη, η φορμαλδεΐδη, ο

καρβαμικός αιθυλεστέρας (ουρεθάνη) καθώς και το διακετύλιο (Ferreira D., et al., 2019). Η ακεταλδεΐδη αποτελεί προϊόν μεταβολισμού των σακχάρων γλυκόζη και φρουκτόζη από τους ζυμομύκητες κατά την αλκοολική ζύμωση, ενώ η ύπαρξή της αναγνωρίζεται από την έντονη μυρωδιά σάπιου μήλου ή και καρυδιού. Τα οξικά βακτήρια επίσης, δύναται να παράγουν ακεταλδεΐδη μέσω της οξειδωσης της αιθανόλης από το ένζυμο αλκοολική αφυδρογονάση, ενώ μπορεί να σχηματιστεί και από μη-ενζυμική οξειδωση κατά την αποθήκευση και παλαίωση του οίνου (Sheridan M. & Elias R., 2015). Η φουρφουράλη, προσδίδει το άρωμα και τη γεύση του καπνιστού στους οίνους και επομένως η ύπαρξή της συνδέεται άμεσα με την παλαίωση ευθρών κυρίως οίνων σε ξύλινα βαρέλια ή με την επαφή τους με ξύλινα τσιπς. Αξίζει να αναφερθεί πως ο τύπος του ξύλου και ο βαθμός καψίματος του βαρελιού έχουν άμεσο αντίκτυπο στα επίπεδα τις φουρφουράλης (González-Centeno M.R., et al., 2019, Perestrelo R., et al., 2017, Martínez -Gil A., et al., 2018). Η φορμαλδεΐδη σχηματίζεται κατά την αλκοολική ζύμωση μέσω της οξειδωσης της μεθανόλης, η οποία με τη σειρά της σχηματίζεται έπειτα από την υδρόλυση των ηκτηκτινών που υπάρχουν στα σταφύλια (Dorokhov Y., et al., 2015). Επιπλέον, η παρουσία φορμαλδεΐδης στο κρασί μπορεί να προέρχεται και από τη χρήση απολυμαντικών που περιέχουν αυτή την αλδεΐδη, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό του εξοπλισμού του οινοποιείου (Lachenmeier D., et al., 2013). Ο καρβαμικός αιθυλεστέρας (EC) ή αλλιώς ουρεθάνη, σχηματίζεται από την αντίδραση μεταξύ αιθανόλης και ενώσεων που περιέχουν άζωτο, συμπεριλαμβανομένης της ουρίας, της κιτροουλίνης και του φωσφορικού καρβαμυλίου. Κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης, ο *Saccharomyces cerevisiae* υδρολύει το αμινοξύ αργινίνη προς ουρία, ενώ έπειτα, κατά τη μηλογαλακτική ζύμωση, τα γαλακτικά βακτήρια αποσυνθέτουν την αργινίνη παράγοντας κιτροουλίνη και φωσφορικό καρβαμύλιο. Έχει αποδειχθεί πως ο καρβαμικός αιθυλεστέρας (EC) έχει μεταλλαξιογόνο και καρκινογόνο δράση (Lajovic A., et al., 2015). Τέλος, το διακετύλιο, αποτελεί την ένωση η οποία είναι υπεύθυνη για το χαρακτηριστικό άρωμα και γεύση του βουτύρου. Παράγεται από ορισμένα είδη γαλακτικών βακτηρίων (*Oenococcus*, *Pediococcus*, *Lactobacillus*) κυρίως κατά τη μηλογαλακτική ζύμωση ιδιαίτερα σε ερυθρούς οίνους. Σε υψηλές συγκεντρώσεις (5-7 mg/L) θεωρείται ελάττωμα και είναι ανεπιθύμητο, ενώ σε χαμηλά επίπεδα (1-4 mg/L) ανάλογα με το στυλ και το είδος του οίνου, θεωρείται ότι συμβάλλει θετικά στο βουτυρώδη χαρακτήρα, ενισχύοντας έτσι την πολυπλοκότητά του (Bartowsky E., & Henschke P., 2004).

1.4.8. Λιπαρά οξέα

Τα λιπαρά οξέα σχηματίζονται κατά την αλκοολική ζύμωση σε μεγαλύτερη συγκέντρωση από τους αντίστοιχους αιθυλεστέρες λιπαρών οξέων. Γενικά, λίγα είναι τα οργανικά οξέα στο κρασί, τα οποία είναι αρκετά πτητικά έτσι ώστε να συμβάλλουν στην οσμή του (Rapp A. & Versin G., 1995). Το πιο σημαντικό από αυτά είναι το οξικό οξύ με χαρακτηριστική οσμή ξυδιού, ενώ αποτελεί το βασικό συστατικό της πτητικής οξύτητας, καθώς περισσότερο από το 90% αυτής, οφείλεται στο οξικό οξύ με τιμές να κυμαίνονται από 0,2-2 g οξικού οξέος/L. Παράγεται σε ελάχιστες ποσότητες κατά την αλκοολική ζύμωση από τον *Saccharomyces cerevisiae*, ενώ, ποσότητα που μπορεί να προκαλέσει σημαντική ποιοτική υποβάθμιση στους οίνους, κατά κύριο λόγο παράγεται έπειτα από βακτηριακή προσβολή από τα οξικά και γαλακτικά βακτήρια. Το κατώφλι αντίληψης του οξικού οξέος είναι τα 0,7 g/L. Συγκεντρώσεις πάνω από το επίπεδο των 0,9 g/L είναι ανεπιθύμητες, ενώ τιμές μεταξύ 0,2 και 0,7 g/L θεωρούνται ως βέλτιστες (Larnbrechts M. & Pretorius I., 2000). Άλλα λιπαρά οξέα που σχετίζονται με βακτηριακή προσβολή είναι τα βραχείας αλυσίδας, όπως τα προπιονικά (C3) και τα βουτυρικά οξέα (C4) (βουτυρικό - ισοβουτυρικό οξύ), ενώ αποτελούν και αυτά υποπροϊόντα της ζύμωσης. Τα λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας (C18, C20) εντοπίζονται σε ίχνη, ενώ τα σημαντικότερα εξ αυτών είναι το ελαϊκό και τα λινολεϊκά οξέα, ενώ σχετίζονται με την οικογένεια των στερολών, ενώσεις που δρουν ως ενεργοποιητές ζύμωσης, κυρίως υπό αναερόβιες συνθήκες (Ribéreau-Gayon P., et al., 2006).

1.5 Η αμπελουργική ζώνη ΠΟΠ Αμυνταίου

Η αμπελουργική ζώνη του Αμυνταίου είναι η βορειότερη και ψυχρότερη της Ελλάδας. Οι αμπελώνες εκτείνονται στις περιοχές του Δήμου Αμυνταίου και των Κοινοτήτων Αγίου Παντελεήμονα, Βεγόρας, Λακκιάς, Κλειδιού, Αντίγονου, Μανιακίου, Πετρών, Ξυνού Νερού, Φανού, Πεδινού, Αετού, Ροδόνα, Αγραπιδιών, Αναργύρων και Βαρυκού του Νομού Φλώρινας αποκλεισμένων των βαλτωδών εκτάσεων, ενώ οι μισοί από αυτούς βρίσκονται ανάμεσα στις λίμνες Βεγορίτιδα και Πετρών (Νέτσικα Μ., 2019).



Εικόνα 13: Η αμπελουργική ζώνη ΠΟΠ Αμύνταιο (<https://anavasi.gr/blog-16/2/2022>)

Το οροπέδιο του Αμυνταίου αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες αμπελουργικές ζώνες της Ελλάδας και η καλλιέργεια του αμπελιού στην περιοχή έχει τις ρίζες της στην αρχαιότητα. Τα ευρήματα της περιοχής και η πατροπαράδοτη λατρεία του Διονύσου και του Αγίου Τρύφωνα στα χριστιανικά χρόνια επιβεβαιώνουν την σχέση αμπελιού και Αμυνταίου. Ακόμα, στη μεγάλη ακμή της πόλης υπήρχαν έμποροι που διακινούσαν το κρασί σε πολλές περιοχές της Ευρώπης.

Στην νεότερη περίοδο, το 1945 ιδρύθηκε η Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών Αμυνταίου (Ε.Α.Σ), ενώ το 1959 ιδρύθηκε το οινοποιείο της και τον επόμενο χρόνο, το 1960 κυκλοφόρησε τον πρώτο ερυθρό οίνο της. Σταθμός στην οινική ιστορία της Ε.Α.Σ. Αμυνταίου υπήρξε η χρονιά του 1971, όταν άρχισαν οι πρώτες προσπάθειες Η αμπελουργική ζώνη του Αμυνταίου είναι η βορειότερη και ψυχρότερη της Ελλάδας. Οι αμπελώνες εκτείνονται στις περιοχές του Δήμου Αμυνταίου και των Κοινοτήτων Αγίου Παντελεήμονα, Βεγόρας, Λακκιάς, Κλειδιού, Αντίγονου, Μανιακίου, Πετρών, Ξυνοπού, Φανού, Πεδινού, Αετού, Ροδόνα, Αγραπιδιών, Αναργύρων και Βαρυκού του Νομού Φλώρινας αποκλεισμένων των βαλτωδών εκτάσεων, ενώ οι μισοί από αυτούς βρίσκονται ανάμεσα στις λίμνες Βεγορίτιδα και Πετρών (Νέτσικα Μ., 2019).

Το οροπέδιο του Αμυνταίου αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες αμπελουργικές ζώνες της Ελλάδας και η καλλιέργεια του αμπελιού στην περιοχή έχει τις ρίζες της στην αρχαιότητα. Τα ευρήματα της περιοχής και η πατροπαράδοτη λατρεία του Διονύσου και του Αγίου Τρύφωνα στα χριστιανικά χρόνια επιβεβαιώνουν την σχέση αμπελιού και Αμυνταίου. Ακόμα, στη μεγάλη ακμή της πόλης υπήρχαν έμποροι που διακινούσαν το κρασί σε πολλές περιοχές της Ευρώπης.

Στην νεότερη περίοδο, το 1945 ιδρύθηκε η Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών Αμυνταίου (Ε.Α.Σ), ενώ το 1959 ιδρύθηκε το οινοποιείο της και τον επόμενο χρόνο, το 1960 κυκλοφόρησε τον πρώτο ερυθρό οίνο της. Σταθμός στην οινική ιστορία της Ε.Α.Σ. Αμυνταίου υπήρξε η χρονιά του 1971, όταν άρχισαν οι πρώτες προσπάθειες για την οινοποίηση αφρώδους οίνου από Ξινόμαυρο, ενώ οι πειραματικές οινοποιήσεις έδωσαν λαμπρά αποτελέσματα. Η οριοθετημένη περιοχή για την παραγωγή οίνων ΠΟΠ Αμύνταιο αναγνωρίστηκε το 1972 από το ελληνικό κράτος, ως «ΑΜΥΝΤΑΙΟ Ονομασία Προέλευσης Ανωτέρας Ποιότητας» ενώ αφορά τόσο τον ερυθρό οίνο, όσο και στην συνέχεια τον ροζέ, ήρεμο και αφρώδη που παράγεται στην περιοχή, αποτελώντας τη μοναδική ροζέ Ονομασία Προέλευσης Ανωτέρας Ποιότητας που υπάρχει στην Ελλάδα (Κανονισμός (ΕΚ) 1234/2007 άρθρο 118 γ, παράγραφος 2).

Στις μέρες μας η αμπελουργική ζώνη ΠΟΠ Αμύνταιο αριθμεί περί τα 7000 στρέμματα, ενώ οι αμπελώνες της περιοχής εκτείνονται σε μεγάλα υψόμετρα της τάξεως των 520-720 μέτρων. Οι οίνοι ΠΟΠ Αμύνταιο παράγονται αποκλειστικά από νωπά σταφύλια της ερυθρής ποικιλίας Ξινόμαυρο και η μέγιστη απόδοση ορίζεται ως 1000 κιλά νωπά σταφύλια/στρέμμα ή 800 λίτρα γλεύκους / στρέμμα. Προέρχονται από σταφύλια αμπελώνων οι οποίοι έχουν διαμορφωθεί σε κυπελλοειδή ή γραμμικά σχήματα και δέχονται βραχύ κλάδεμα (Κανονισμός (ΕΚ) 1234/2007 άρθρο 118 γ, παράγραφος 2). Οι ιδιαίτερα ψυχρές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, σε συνδυασμό με τα ελαφριάς προς μέσης μηχανικής σύστασης προσχωσιγενή (παλαιότερες λιμναίες αποθέσεις) εδάφη, άριστης αποστράγγισης ευνοούν τη συσσώρευση μεγαλύτερων ποσοτήτων τρυγικού και μηλικού οξέος στη ράγα, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της οξύτητας στα παραγόμενα γλεύκη. Αν συμπεριλάβουμε σε όλα αυτά τον φρουτώδη και ανθικό χαρακτήρα της ποικιλίας Ξινόμαυρο, δημιουργείται εξαιρετική πρώτη ύλη για την παραγωγή ποιοτικών οίνων (Μπαλλά Ε., 2021).

1.6 Η αμπελουργική ζώνη ΠΟΠ Νάουσα

Η καλλιέργεια της αμπέλου και η παραγωγή οίνου στην Νάουσα έχουν μία παράδοση που χάνεται στα βάθη των αιώνων. Οι πρώτες αξιολογές γραπτές μαρτυρίες όμως, σχετικά με την ποιότητα του παραγόμενου στην περιοχή οίνου κάνουν την εμφάνισή τους μετά το 1700, όπου διάφοροι επισκέπτες τον εξυμνούν για την ποιότητα και την

οξυ-στυπτικήν του γεύση. Από τις αρχές του 20ού αιώνα ο οίνος της Νάουσας εξάγεται σε πολλές Ευρωπαϊκές πόλεις, ενώ γίνεται η κύρια καλλιέργεια της περιοχής εξασφαλίζοντας στους κατοίκους ένα πολύ καλό εισόδημα. Ακόμη, οι παραγωγοί είχαν προχωρήσει στην έκδοση σφραγίδας-ετικέτας πάνω στην φιάλη που διασφαλίζει την γνησιότητα του προϊόντος, ενώ παράλληλα προέβησαν και σε έναν πρώτο διαχωρισμό των αμπελώνων της περιοχής ανάλογα με το ποιοτικό δυναμικό των παραγόμενων προϊόντων. Δυστυχώς, όμως, η είσοδος της φυλλοξήρας και οι δύο παγκόσμιοι πόλεμοι είχαν ως αποτέλεσμα την καταστροφή ενός μεγάλου μέρους του αμπελώνα της Νάουσας, με τις πρώτες προσπάθειες ανασύλωσης να πραγματοποιούνται στις αρχές της δεκαετίας του 70. Το ξεκίνημα για την ανασύσταση του αμπελώνα έγινε με την οριοθέτηση της περιοχής για την παραγωγή οίνων Π.Ο.Π. Νάουσα με το Βασιλικό Διάταγμα αριθμ. 502/16.7.1971 (ΦΕΚ 150/Α/26.7.1971), το οποίο τροποποιήθηκε από το Προεδρικό Διάταγμα αριθμ. 320/7.8.1995 (ΦΕΚ 175/Α/22.8.1995), καθώς και από το Προεδρικό Διάταγμα αριθμ. 91/07.10.2011 (ΦΕΚ 224/Α/26.10.2011) . (Εν.Ο.Α.Β.Ε. Α.Ε., 2005).

Ο αμπελώνας σήμερα καταλαμβάνει μία έκταση 7000 περίπου στρεμμάτων με κυρίαρχη την ποικιλία Ξινόμαυρο. Οι αμπελώνες της ζώνης του ΠΟΠ Νάουσα εκτείνονται στις περιοχές της Δημοτικής κοινότητας Κοπανού και των τοπικών κοινοτήτων Λευκαδίων και Μαρίνης, της Δημοτικής Ενότητας Ανθεμίων, της Δημοτικής Κοινότητας Νάουσας και των Τοπικών Κοινοτήτων Γιαννακοχωρίου, Στενημάχου και Ροδοχωρίου της Δημοτικής Ενότητας Νάουσας του Δήμου Νάουσας καθώς και των Τοπικών Κοινοτήτων Τριλόφου και Φυτειάς της Δημοτικής Ενότητας Δοβρά του Δήμου Βέροιας του Νομού Ημαθίας (Τσιολάκη Ε., 2018). Ο κύριος όγκος της αμπελουργικής ζώνης της Νάουσας βρίσκεται σε υψόμετρο που ξεκινά από τα 80μ και φθάνει τα 350μ ενώ παρουσιάζει έντονο και πολύπλοκο ανάγλυφο. Επομένως, χρίζει μεγάλης σημασίας η διάκριση της αμπελουργικής ζώνης σε μικρότερες «κλιματικές» περιοχές για τον καλύτερο διαχωρισμό και μελέτη της καθεμιάς, ως προς τα χαρακτηριστικά που μπορεί να προσφέρει στο τελικό προϊόν. Η κύρια αμπελουργική ζώνη της Νάουσας είναι χωρισμένη σε 6 υποζώνες. Η πρώτη, αφορά το δημοτικό διαμέρισμα της Φυτειάς και τους ορεινούς αμπελώνες της Νάουσας, ενώ θεωρείται η πιο ψυχρή περιοχή της ζώνης, κυρίως λόγω υψομέτρου (>350 μ) και έκθεσης, καθώς και η περιοχή που δέχεται τον μεγαλύτερο όγκο βροχοπτώσεων κατά τη βλαστική περίοδο (200-450 mm). Η δεύτερη περιοχή αφορά

τα διαμερίσματα Τριλόφου και Στενημάχου που θεωρούνται από τις θερμότερες περιοχές της ζώνης, κυρίως το διάστημα που μεσολαβεί από την έναρξη του περκασμού έως την ωρίμανση του Ξινόμαυρου, καθώς εδώ παρατηρούνται οι περισσότερες μέρες εντός της Π.Ο.Π. ζώνης όπου η θερμοκρασία ξεπερνά τους 30° C. Οι αμπελώνες της περιοχής αυτής, εκτός του ότι βρίσκονται σε χαμηλά υψόμετρα (100-150μ.) δέχονται και τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια, παρουσιάζοντας την πιο πρόιμη εκβλάστηση μεταξύ των υποπεριοχών της ζώνης. Η τρίτη περιοχή είναι αυτή του λόφου της Γάστρας που καταλήγει στον Κοπανό και τα Λευκάδια, με υψόμετρο που ξεκινά από τα 100 μέτρα και φθάνει τα 200 μ., κυρίως ανατολικής έκθεσης, με μέτρια βροχόπτωση, δεύτερη σε πρωιμότητα έκπτυξης περιοχή και δεύτερη όσον αφορά την ηλιοφάνεια που λαμβάνει. Η τέταρτη περιοχή περιλαμβάνει το δημοτικό διαμέρισμα της Μαρίνας και κυρίως των περιοχών νότια-νοτιοδυτικά του οικισμού και των περιοχών του Γιαννακοχωρίου που γειτνιάζουν με αυτές. Περιοχή αρκετά πρόιμη με υψόμετρο που ξεκινά από τα 150 μ και φθάνει τα 200 μ. και με ανατολική κυρίως έκθεση. Η πέμπτη περιοχή είναι αυτή της υπόλοιπης Νάουσας (Στράντζα, Ράμνιστα), Ράμνιστα Γιαννακοχωρίου, Ράμνιστα Μαρίνας, με υψόμετρο που κυμαίνεται από τα 120-170 μέτρα με ενδιάμεσα κλιματικά χαρακτηριστικά, ενώ η τελευταία περιοχή είναι αυτή των υψωμάτων του Γιαννακοχωρίου, και των Πολλών Νερών, αμέσως μετά τη Φυτειά ψυχρότερες περιοχές (Κανονισμός (ΕΚ) 1234/2007 άρθρο 118 γ, παράγραφος 2).



Εικόνα 14: Η αμπελοργική ζώνη ΠΟΠ Νάουσας (<https://anavasi.gr/blog-16/2/2022>)

1.7 Η ποικιλία Ξινόμαυρο

Το Ξινόμαυρο είναι μία ελληνική ερυθρή ποικιλία η οποία καλλιεργείται κυρίως στην κεντρική και δυτική Μακεδονία και πιο συγκεκριμένα στις περιοχές Νάουσα, Γουμένισσα, Αμύνταιο, Σιάτιστα και Κοζάνη, ενώ η συνολική έκταση που καταλαμβάνει σε αυτές τις περιοχές υπολογίζεται περίπου στα 18.000 στρέμματα, με τα περισσότερα να απαντώνται στις περιοχές Νάουσα και Αμύνταιο (Σταυρακάκης Μ., 2004).



Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί, ότι, μαζί με την ποικιλία Αγιωργήτικο της Νεμέας, συνθέτουν τις δυο πιο πολλά υποσχόμενες ερυθρές ποικιλίες του ελληνικού χώρου, και όχι μόνο, καθώς το Ξινόμαυρο παρουσιάζει όμοια χαρακτηριστικά με διεθνείς ποικιλίες, όπως το Pinot-Noir και το Nebbiolo, καθιστώντας το κατάλληλο για την ανάδειξη του ελληνικού οίνου σε παγκόσμιο επίπεδο (Σπινθηροπούλου Χ., 2000).

Εικόνα 15: Σταφύλι της ποικιλίας Ξινόμαυρο (<https://winesofgreece.org/el>)

1.7.1 Αμπελογραφική περιγραφή της ποικιλίας

Ο βλαστός της ποικιλίας είναι κυκλικός, ποώδης, φαιοπράσινος με ελαφρώς ερυθρωπό χρωματισμό στην πλευρά που εκτίθεται περισσότερο στον ήλιο, ενώ η κορυφή του είναι ανοιχτή, λευκοπράσινη και βαμβακώδης. Τα νεαρά φύλλα που σχηματίζονται, χαρακτηρίζονται και αυτά από έντονο βαμβακερό χνούδι τόσο στην επάνω όσο και στην κάτω πλευρά τους, ενώ τα ανεπτυγμένα φύλλα είναι μετρίου μεγέθους προς μεγάλο, τρίλοβα, με δύσκολα διακριτούς κόλπους. Το έλασμα είναι παχύ, κυματώδες με εξογκώσεις μεταξύ των νευρώσεων, σκούρο πράσινο και λείο στην επάνω πλευρά, ανοιχτό πράσινο στην κάτω μαζί με βαμβακερό χνούδι. Τα άκρα των λοβών καλύπτουν το ένα το άλλο, κρύβοντας και τον κλειστό μισχικό κόλπο, V σχηματισμού, ενώ τα κύρια νεύρα του ελάσματος είναι ανοιχτοπράσινα με ορισμένα έρποντα τριχίδια στην επάνω πλευρά και εξέχοντα στην κάτω επιφάνεια. Οι πλευρές των δοντιών είναι κυρτές και το μέγεθός τους μέτριο, όπως και το μήκος του λεπτού,

πρασινοκόκκινου μίσχου, ο οποίος καλύπτεται από έρποντα τριχίδια. Τα σταφύλια της ποικιλίας Ξινόμαυρο είναι συνήθως μετρίου μεγέθους, πυκνά με σφαιρικές, μέσου μεγέθους ράγες κυανοϊώδους χρωματισμού, με παχύ φλοιό και υψηλής οξύτητας μαλακή, εύχημη σάρκα (Νικολάου Ν., 2012, Τσιολάκη Ε., 2018)



Εικόνα 16: Βλαστός, νεοσχηματισμένα φύλλα, κορυφή και έλικες της ποικιλίας Ξινόμαυρο (Νεοφύτου Σ. 2006)



Εικόνα 17: Ανεπτυγμένα φύλλα της ποικιλίας Ξινόμαυρο (Νεοφύτου Σ. 2006)

1.7.2 Ιδιότητες και καλλιεργητική συμπεριφορά

Η ποικιλία αμπέλου Ξινόμαυρο, είναι ζωηρή, γόνιμη με ικανοποιητική παραγωγή, όπου ο κάθε καρποφόρος βλαστός φέρει συνήθως 2 σταφυλές. Παλαιότερα, το σύστημα διαμόρφωσης που κυριαρχούσε στις περιοχές που καλλιεργούνταν η ποικιλία ήταν το κυπελλοειδές, στις μέρες μας όμως η πλειονότητα των αμπελώνων είναι διαμορφωμένοι σε γραμμικό αμφίπλευρο κορδόνι (Royat) και δέχονται κλάδεμα στα 2 μάτια (Νικολάου Ν., 2012). Παρουσιάζει χαμηλή ανθεκτικότητα στην ξηρασία, όπως και στην έλλειψη νερού. Για αυτόν το λόγο αποδίδει καλύτερα σε εδάφη μέσης γονιμότητας, ελαφρά ως μέσης σύστασης με καλή αποστράγγιση που εξασφαλίζουν

ομαλή τροφοδοσία με νερό και σε σχετικά υψηλές πυκνότητες φύτευσης (400-500 φυτά/στρέμμα) (Σταυρακάκης Μ., 2004). Ως προς την αντοχή της ποικιλίας σε ασθένειες, το γεγονός ότι καλλιεργείται κυρίως σε περιοχές που δέχονται αρκετές βροχοπτώσεις την περίοδο της ωρίμανσης των ραγών σε συνδυασμό με την πυκνότητα της σταφυλής, την καθιστά ευάλωτη σε προσβολές από τον βοτρυτή. Για αυτόν το λόγο, συνίσταται στους παραγωγούς να καταφεύγουν σε ξεφυλλίσματα για να ευνοηθεί ο αερισμός των σταφυλιών, καθώς και σε λύσεις φυτοπροστασίας πριν από την περίοδο των βροχοπτώσεων (Νικολάου Ν., 2012). Ακόμη, η ποικιλία Ξινόμαυρο είναι καλιόφιλη που δείχνει έντονα την έλλειψη καλίου τόσο στα φύλλα (ακόμα και πριν την ανθοφορία) όσο και στον παραγόμενο οίνο (μεγάλη οξύτητα) (Ταβερναράκη Ν., et al., 1998), ενώ κάποια προβλήματα ασυμβατότητας που είχαν παρατηρηθεί στο παρελθόν με το υποκείμενο 3309C, δεν επιβεβαιώθηκαν σε κανένα από τα πειράματα που τελέστηκαν στο εργαστήριο αμπελουργίας του ΑΠΘ (Νικολάου Ν., 2012). Η βλάστηση ξεκινάει, μέσα στο πρώτο μισό του Απριλίου, ενώ ωριμάζει, σε γενικές γραμμές, από τα μέσα Σεπτεμβρίου και έπειτα, ανάλογα με την ιδιαιτερότητα της εκάστοτε περιοχής και την τοποθεσία του κάθε αμπελοτεμαχίου (Σπινθηροπούλου Χ., 2000).

1.7.3 Το γλεύκος της ποικιλίας και οι παραγόμενοι οίνοι

Κύριο γνώρισμα της ποικιλίας είναι το όξινο γλεύκος, όπου η ολική του οξύτητα σε γενικές γραμμές κυμαίνεται μεταξύ 7,5-10 g. τρυγικού οξέος/L. Η σακχαροπεριεκτικότητα λαμβάνει τιμές μεταξύ 210-230 g σακχάρων/L, ενώ οι σύνηθες τιμές του pH είναι 3,2-3,4. Το ξινόμαυρο χαρακτηρίζεται από τα χαμηλά επίπεδα ανθοκυανών που περιέχει (320-380 mg/ kg ραγών), ενώ τα ολικά φαινολικά παρουσιάζουν συγκέντρωση μεταξύ 1500-1600 mg/kg ραγών (Σταυρακάκης Μ., 2010). Πρόκειται για μία πολυδυναμική ποικιλία, η οποία ανάλογα με την περιοχή, το υψόμετρο και το έδαφος που καλλιεργείται μπορεί να οδηγήσει σε παραγωγή οίνων με μοναδικό χαρακτήρα, εξαιρετης δομής και στιλ, ενώ ενδείκνυται και για μακροχρόνια παλαίωση σε βαρέλι και φιάλη. Σε χαμηλά υψόμετρα με άγονα εδάφη και σε πρέμνα μικρής αποδοτικότητας, παράγονται οίνοι ερυθροί ξηροί, υψηλών αλκοολικών βαθμών, ενώ χαρακτηρίζονται από ισορροποιημένη οξύτητα, πλούσιας έντασης ερυθρού χρώματος και αρωμάτων, καθώς και από αφθονία τανινών. Αντίθετα, σε μεγάλα υψόμετρα θα συναντήσουμε Ξινόμαυρο ροζέ ή λευκό, ήπιο ή αφρώδες με ιδιαίτερα υψηλή οξύτητα (Σπινθηροπούλου Χ., 2000).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Σχεδιασμός και στόχος του πειράματος

Το γεγονός ότι οι ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες, που επικρατούν στις περιοχές του Αμυνταίου και της Νάουσας, είναι κατάλληλες για την επίτευξη της επιθυμητής ωρίμανσης των σταφυλιών, κρίζει απαραίτητο να μελετηθεί το πόσο σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του μικροκλίματος της κάθε Π.Ο.Π ζώνης για τη διαμόρφωση του τελικού χαρακτήρα των παραγόμενων οίνων Ξινόμαυρου.

Έτσι, ο στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης, είναι να καταγραφεί το φαινολικό και αρωματικό προφίλ των οίνων που προέρχονται από τις δυο Π.Ο.Π ζώνες, Αμυνταίου και Νάουσας, έτσι ώστε να αξιολογηθεί το πώς τα προς μελέτη συστατικά εκφράζονται στις δύο αυτές περιοχές.

Επομένως, με την ολοκλήρωσή της, αυτή η μελέτη του φαινολικού και αρωματικού πλούτου της ποικιλίας Ξινόμαυρο, θα μπορούσε να προσφέρει χρήσιμα αποτελέσματα ως προς την καταγραφή, τόσο της παρουσίας, όσο και της έντασης έκφρασης αυτών των ποιοτικών δεικτών, που κάνουν μοναδικό τον χαρακτήρα της ποικιλίας στις Π.Ο.Π περιοχές του Αμυνταίου και της Νάουσας. Ακόμη, τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί μία πρώτη αξιολόγηση του οινικού δυναμικού της κάθε περιοχής ξεχωριστά.

Για την τέλεση του πειράματος παραλήφθησαν σταφύλια, της ελληνικής ερυθρής ποικιλίας *Vitis Vinifera L. cv. Ξινόμαυρο*, από έξι επιλεγμένους αμπελώνες του Αμυνταίου και πέντε της Νάουσας, κατά την τρυγική χρονιά του 2021. Πραγματοποιήθηκαν διπλές οινοποιήσεις από τις σταφυλές του κάθε αμπελοτεμαχίου με κοινό πρωτόκολλο οινοποίησης.

2.2 Πρωτόκολλο οινοποίησης

Μετά τη συγκομιδή, οι σταφυλές μεταφέρθηκαν σε ψυγείοθάλαμο, όπου και παρέμειναν μέχρι την επόμενη μέρα. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε αποβοστρύχωση και εν συνεχεία έκθλιψη των ραγών, ενώ στη σταφυλομάζα προστέθηκε ικανή ποσότητα

θειώδους ανυδρίτη με τη μορφή του μεταδιθειώδους καλίου (metabisulfite) σε συγκέντρωση 8 g/hl. Ακολούθησε προσθήκη εκχυλιστικών ενζύμων (Safizym color), 4 ώρες μετά τη θείωση, σε συγκέντρωση 4 g/hl. Ακόμη, πραγματοποιήθηκε εμβολιασμός της σταφυλομάζας, δύο ώρες μετά την προσθήκη των ενζύμων, με ζύμη Safoeno HD S135 σε συγκέντρωση 25 g/hl, ενώ για την ενυδάτωσή της διασπάρθηκε σε δεκαπλάσια ποσότητα γλεύκους και παρέμεινε σε ηρεμία για 10 λεπτά. Έπειτα από ήπια ανάδευση, ακολούθησε η προσθήκη του εμβολίου στον ανοξειδωτο περιέκτη 50 λιτρών. Εν συνεχεία, μετά από παραμονή 4 ωρών, προστέθηκε και η αζωτούχος θρέψη των ζυμομυκήτων ανόργανου και οργανικού αζώτου. Συγκεκριμένα, DAP και Springferm, σε αναλογία 1:1 και σε συγκέντρωση 25 g/hl. Κατά την εξέλιξη της αλκοολικής ζύμωσης, πραγματοποιούνταν καθημερινό σπάσιμο του καπέλου 2 φορές τη μέρα, με παράλληλη παρακολούθηση της πορείας της ζύμωσης μετρώντας τη σακχαροπεριεκτικότητα (°Brix) και τη θερμοκρασία. Με την κατανάλωση του 1/3 των συνολικών σακχάρων από τους ζυμομύκητες, πραγματοποιήθηκε η δεύτερη θρέψη ανόργανου και οργανικού αζώτου (DAP και Springferm) σε αναλογία 1:1 και σε συγκέντρωση 25 g/hl. Μετά το πέρας της αλκοολικής ζύμωσης, ακολούθησε ο διαχωρισμός του οίνου από τα στέμφυλα και κατόπιν, η απολάσπωσή του, ενώ στη συνέχεια μεταφέρθηκε σε ψυγιοθάλαμο, όπου παρέμεινε μέχρι τον εμβολιασμό του με γαλακτικά βακτήρια (*Oenococcus Oeni*/ *Viniflora* CH11, CHR Hansen), με σκοπό την πραγματοποίηση της μηλογαλακτικής ζύμωσης. Η ολοκλήρωσή της μηλογαλακτικής ζύμωσης, εξακριβώθηκε ενζυματικά. Τέλος, ακολούθησε μετάγγιση του οίνου σε πλαστικά δοχεία των 10 λιτρών και έγινε συμπληρωματική θείωση, ενώ παρέμειναν εκεί για φυσική διαύγαση μέχρι τη στιγμή της εμφιάλωσής τους.

2.3 Αναλύσεις στους οίνους

2.3.1 Βασικές αναλύσεις

Στους οίνους που παρήχθησαν, πραγματοποιήθηκαν οι περισσότερες κλασικές αναλύσεις μεταξύ των οποίων, μέτρηση ολικής και ενεργούς οξύτητας (pH), μέτρηση πτητικής οξύτητας καθώς και προσδιορισμός του αλκοολικού τίτλου.

2.3.1.1 Μέτρηση ολικής ή ογκομετρούμενης οξύτητας

Η ολική οξύτητα εκφράζει το σύνολο των ελεύθερων καρβοξυλομάδων που βρίσκονται στο γλεύκος ή στον οίνο. Η μέθοδος προσδιορισμού της βασίζεται

εξουδετέρωσης των όξινων ομάδων του δείγματος με τιτλοδότηση πρότυπου διαλύματος αλκάλειας (NaOH) παρουσία δείκτη. Η ολική οξύτητα εκφράζεται σε γραμμάρια τρυγικού οξέος ανά λίτρο (g/L) (OIV-MA-AS313-01)

2.3.1.2 Μέτρηση ενεργούς οξύτητας - pH

Το σύνολο των ελεύθερων καρβοξυλομάδων που βρίσκονται σε διάσταση και δίνουν H^+ ορίζεται ως ενεργός οξύτητα ή pH, ενώ εξαρτάται περισσότερο από το είδος των οργανικών οξέων και λιγότερο από τη συγκέντρωσή τους στον οίνο. Κυμαίνεται μεταξύ 2.8 - 4.2.

Για τη μέτρησή της στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκε ένα ψηφιακό pHμετρο HANNA HI 112 (OIV-MA-AS313-15).

2.3.1.3 Μέτρηση πτητικής οξύτητας

Η πτητική οξύτητα αποτελείται από τα οξέα της σειράς του οξικού οξέος που απαντώνται είτε ελεύθερα είτε με τη μορφή αλάτων στους οίνους. Επειδή από όλα αυτά, το οξικό οξύ είναι το επικρατέστερο, καθιερώθηκε να μετρείται η πτητική οξύτητα σε γραμμάρια οξικού οξέος/L, ενώ ο επίσημος τρόπος έκφρασης είναι σε χιλιοστογραμμοϊσοδύναμα ανά λίτρο (me/L) (OIV-MA-AS313-02). Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διατριβής, η πτητική οξύτητα μετρήθηκε με την χρήση του αναλυτή winescan (OenoFoss).

2.3.1.4 Προσδιορισμός αλκοολικού τίτλου

Αλκοολικός τίτλος κατ' όγκο ενός οίνου, καλείται ο αριθμός των λίτρων άνυδρης αιθανόλης που εμπεριέχεται σε 100 λίτρα αυτού, όταν η μέτρηση γίνεται σε θερμοκρασία 20 °C και συμβολίζεται με % αιθανόλης κατ' όγκο (OIV-MA-AS312-01A). Στην παρούσα εργασία, ο αλκοολικός τίτλος των δειγμάτων προσδιορίστηκε με την χρήση του αναλυτή winescan (OenoFoss).

2.3.2 Δείκτης φαινολικών ουσιών (ΔΦΟ)

Η μέθοδος υπολογισμού του ΔΦΟ βασίζεται στο γεγονός ότι όλες οι φαινολικές ενώσεις παρουσιάζουν απορρόφηση στο υπεριώδες φως και συγκεκριμένα στα 280nm. Έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς λόγω της απλότητας και του χαμηλού κόστους της. Μετρά την περιεκτικότητα των φλαβονοειδών, των μη φλαβονοειδών, καθώς και

κάποιων μη φαινολικών ενώσεων που απορροφούν στο συγκεκριμένο μήκος κύματος. Ο υπολογισμός του δείκτη φαινολικών ουσιών (ΔΦΟ) γίνεται φασματοφωτομετρικά στα 280 nm (Morata A., et al., 2005).

2.3.3 Ένταση και απόχρωση

Το χρώμα των οίνων είναι αποτέλεσμα απορρόφησης ορισμένων ακτινοβολιών του ορατού φάσματος που οφείλεται στις φαινολικές ενώσεις. Οι νεαροί ερυθροί οίνοι, απορροφούν μέγιστα σε μήκος κύματος 520nm, όπου είναι το καθαρό κόκκινο χρώμα, γεγονός που οφείλεται στις ελεύθερες ανθοκυάνες υπό τη μορφή φλαβυλίου. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της παλαίωσης, η σταδιακή επικράτηση των τανινών και η μείωση των ελεύθερων ανθοκυανών, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της απορρόφησης στα 420nm (κίτρινο χρώμα) με παράλληλη μείωσή της στα 520nm. Παρόλα αυτά, για την πλήρη εκτίμηση του χρώματος των νεαρών ερυθρών οίνων, δεν επαρκούν οι τιμές απορρόφησης στα προαναφερθέντα μήκη κύματος. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν και η απορρόφηση στη περιοχή του κυανού, στα 620nm που αποδίδεται στις μορφές της βάσης της κινόνης των ελεύθερων και ενωμένων ανθοκυανών (Vijjan E. & Giosanu D., 2010).

Η ένταση ορίζεται ως η ποσότητα ενός χρώματος, ενώ παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ των ποικιλιών και εκφράζεται ως το άθροισμα των απορροφήσεων στα 420nm, 520nm και 620nm. Όσον αφορά την απόχρωση, πρόκειται για τον λόγο της απορρόφησης στα 420nm προς 520nm και υποδηλώνει την ανάπτυξη ενός χρώματος προς το πορτοκαλί, ενώ αυξάνεται αναλογικά όσο οξειδώνεται και παλαιώνει ένας οίνος (OIV-MA-AS2-07B).

Με τη βοήθεια του φασματοφωτόμετρου UV 1900i (Shimadzu), προσδιορίστηκαν οι τιμές απορρόφησης στα 420nm, 520nm και 620nm, ενώ οι μετρήσεις έγιναν σε κυψελίδα των 10mm.

2.3.4 Αναλύσεις τανινών

Οι χρωματομετρικές αναλύσεις για τον προσδιορισμό των τανινών βασίζονται στην αντίδραση αυτών με ενώσεις που προκαλούν την καταβύθισή τους και στην

φασματοφωτομετρία όπου με κατάλληλα πρωτόκολλα και με τη χρήση πρότυπων καμπυλών αναφοράς δύναται να προσδιοριστεί η ποσοτητα αυτών στον οίνο (Herderich M. & Smith A., 2005). Οι Hagerman και Butler (1978) πρωτοστάτησαν στη μέθοδο καθίζησης πρωτεϊνών χρησιμοποιώντας αλβουμίνη ορού βοειδών (BSA) για την κατακρήμνιση και τον ποσοτικό προσδιορισμό των τανινών. Η μέθοδος τροποποιήθηκε αργότερα από τους Adams και Harbertson (Harbertson F., et al., 2003) και σήμερα είναι γνωστή ως μέθοδος BSA. Ομοίως, η μέθοδος MCP που αναπτύχθηκε από τους Sarneckis et.al., 2006 είναι επίσης μια μέθοδος καταβύθισης, όπου ο πολυσακχαρίτης μεθυλοκυτταρίνη χρησιμοποιείται για την καθίζηση και τον ποσοτικό προσδιορισμό των τανινών. Επί του παρόντος, αυτές οι δύο μέθοδοι είναι οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες για αυτόν το σκοπό (Scollary R., 2010).

2.3.4.1 Προσδιορισμός τανινών με την προσθήκη αλβουμίνης (BSA)

Οι τανίνες χαρακτηρίζονται από την ικανότητα που έχουν να συμπλέκονται με πρωτεΐνες και να καθιζάνουν. Αυτή η ιδιότητα, αξιοποιήθηκε από τους Herderich M., et al., (2006) ως μέθοδος για την επιλεκτική απομάκρυνση των τανινών και ως εκ τούτου τον προσδιορισμό της συγκέντρωσής τους. Στο αραιωμένο δείγμα προστίθεται διάλυμα αλβουμίνης ορού βοειδών και ακολουθεί ανάδευση και φυγοκέντρηση. Έπειτα, έχοντας απομακρύνει το υπερκείμενο, προστίθεται μη πρωτεϊνικό διάλυμα για να καθαριστεί το ίζημα, έτσι ώστε να φθάσει να αποτελείται μόνο από τα καταβυθισμένα συμπλέγματα τανινών-πρωτεϊνών. Στη συνέχεια, προστίθεται αλκαλικό διάλυμα TEA-SDS, το οποίο ευνοεί την επαναδιάλυση των συμπλόκων και το δείγμα αφήνεται σε ηρεμία. Έπειτα, αναδεύεται για να διαλυθεί το ίζημα και κατόπιν, λαμβάνεται η τιμή της απορρόφησης του δείγματος στα 510nm (A1) με κυψελίδα στένωσης. Ακολούθως, στο ήδη υπάρχον δείγμα προστίθεται διάλυμα χλωριούχου σιδήρου (FeCl₃) και μετά από 15 λεπτά μετριέται ξανά η απορρόφηση στα 510nm (A2). Ακόμη, υπολογίζεται η διαφορά $A_{510} = (A2) - (A1)$, ενώ, για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των τανινών στο δείγμα, κατασκευάζονται πρότυπες καμπύλες αναφοράς με γνωστές συγκεντρώσεις κατεχίνης. Μέσω αυτών προκύπτει η συγκέντρωση των τανινών σε ισοδύναμα κατεχίνης, έστω C1. Εντούτοις, η τελική συγκέντρωση των τανινών στο δείγμα οίνου σε mg/L προκύπτει από τον τύπο: $C = C1 * (\Sigma A)$, όπου (ΣA) είναι ο συντελεστής αραιώσης του δείγματος στο διάλυμα μέτρησης (Harbertson J. &

Sprayd S., 2006). Τέλος, για την παραλαβή του συνόλου των τανινών είναι απαραίτητο το πρωτεϊνικό διάλυμα να περιέχει τουλάχιστον διπλάσια ποσότητα αλβουμίνης σε σχέση με τη συγκέντρωση των τανινών, καθώς περίσσεια πρωτεΐνης δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα (Harbertson J., et al., 2002)

2.3.4.2 Προσδιορισμός τανινών με προσθήκη μεθυλ-κυτταρίνης (MCP)

Η μέθοδος προσδιορισμού συμπυκνωμένων ταννινών με τη χρήση της μεθυλοκυτταρίνης (methyl cellulose) αποτελεί μία απλή και συνάμα αποτελεσματική τεχνική μέτρησης των ταννινών σε ερυθρά κυρίως κρασιά. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ικανότητα που έχουν οι τανίνες να αλληλεπιδρούν με πολυμερή και στη συνέχεια να σχηματίζουν αδιάλυτα σύμπλοκα τα οποία καταβυθίζονται. Το πολυμερές που χρησιμοποιείται είναι ένας πολυσακχαρίτης, η μεθυλοκυτταρίνη, ενώ σκοπός της μεθόδου είναι ο υπολογισμός των τανινών που καταβυθίστηκαν εξαιτίας της προσθήκης της.

Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται ένας μάρτυρας, στον οποίο δεν έχει γίνει προσθήκη πολυμερούς και το δείγμα, στο οποίο έχει προστεθεί η μεθυλοκυτταρίνη. Η απορρόφηση του μάρτυρα ($A_{280,control}$) εκφράζει την συνολική ποσότητα των φαινολικών ενώσεων στο διάλυμα, ενώ η απορρόφηση του δείγματος ($A_{280,sample}$) την ποσότητα των φαινολικών που παρέμειναν στο διάλυμα μετά την καθίζηση του συμπλόκου μεθυλοκυτταρίνη-τανίνες. Αφαιρώντας τις δύο τιμές, ($A_{280,control} - A_{280,sample}$) προκύπτει η απορρόφηση A_{280} που οφείλεται στις τανίνες. Αξίζει να σημειωθεί πως η μεθυλοκυτταρίνη δεν απορροφά στα 280nm και επομένως δεν παρεμβάλλεται καθόλου στη μέτρηση.

Στη συνέχεια, για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των τανινών στο δείγμα, κατασκευάζονται πρότυπες καμπύλες αναφοράς με γνωστές συγκεντρώσεις κατεχίνης και μέσω αυτών προκύπτει η συγκέντρωση των τανινών σε ισοδύναμα κατεχίνης (Cds). Εντούτοις, η τελική συγκέντρωση των τανινών στο δείγμα σε mg/L προκύπτει από τον τύπο: $C_{wine} = Cds * 40 * (\text{αραιώση})$, όπου 40 είναι ο συντελεστής αραιώσης του δείγματος στο διάλυμα μέτρησης (AWRI, 2009, Sarneckis C.J., et. al, 2006).

2.3.5 Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός πτητικών ενώσεων οίνου με τη μέθοδο GC/MS

Τα πτητικά συστατικά στον οίνο εντοπίζονται σε διαφορετικές συγκεντρώσεις, οι οποίες μπορεί να κυμαίνονται από mg/L έως και ελάχιστα ng/L, ενώ δύναται να αποτελέσουν δείκτες ποιότητας και πολυπλοκότητας ενός οίνου (Z. Piñeiro et al., 2004). Ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός τους στον οίνο συνήθως πραγματοποιείται με τη μέθοδο αέριας χρωματογραφίας συζευγμένη με ανιχνευτή μαζών (GC-MS) και αποτελεί μία από τις πιο ευαίσθητες και ακριβείς τεχνικές για την ανάλυση του αρώματος, ενώ διακρίνεται και για την υψηλή επαναληψιμότητα και τη δυνατότητα ταυτόχρονης ανάλυσης πολλαπλών δειγμάτων (Ivanova V., et. al, 2012). Για να είναι της κατάλληλης μορφής τα δείγματα, πρέπει να προηγηθεί εκχύλιση υγρού-υγρού, με διχλωρομεθάνιο (DCM). Η εκχύλιση υγρού-υγρού (LLE), επίσης γνωστή ως εκχύλιση με διαλύτη, χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό χημικών ουσιών από το ένα διάλυμα στο άλλο με βάση τη διαφορετική διαλυτότητα των αναλυτών (πτητικά συστατικά) σε δύο μη αναμίξιμους διαλύτες (οίνος και διχλωρομεθάνιο).

Στην παρούσα μελέτη, η μέθοδος που ακολουθήθηκε, προβλέπει την προσθήκη 40mL οίνου σε ογκομετρική φιάλη των 50mL και κατόπιν, την προσθήκη των τριών εσωτερικών πρότυπων διαλυμάτων: 3-οκτανόλη, επτανοϊκός αιθυλεστέρας και επτανοϊκό οξύ με τελική συγκέντρωση τα 10mg/L. Έπειτα, συμπληρώνεται ο όγκος της φιάλης με απιονισμένο ύδωρ μέχρι τα 50mL και μεταφέρεται το περιεχόμενο σε κωνική φιάλη, όπου προστιθενται 5mL οργανικού διαλύτη, διχλωρομεθάνιο. Στη συνέχεια πραγματοποιείται ανάδευση για 10 λεπτά με παράλληλη εκτόνωση ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Το περιεχόμενο μεταφέρεται σε διαχωριστική χοάνη, όπου αφήνεται μέχρις ότου γίνει ο διαχωρισμός των δύο φάσεων του υγρού και παραλαμβάνεται η οργανική φάση (κάτω στιβάδα). Ακολουθεί επανάληψη της διαδικασίας και διπλή εκχύλιση. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται ως εξής, ανάδευση, προσθήκη στη διαχωριστική χοάνη και παραλαβή της οργανικής φάσης στο ίδιο φυαλίδιο όπου έγινε και η προηγούμενη παραλαβή. Το φυαλίδιο που περιέχει το σύνολο της οργανικής φάσης, φυγοκεντρείται. Έπειτα, η οργανική φάση παραλαμβάνεται με πιπέτα παστέρ και συλλέγεται σε γυάλινο φυαλίδιο. Ακολουθεί αφύγρανση του δείγματος με την προσθήκη μικρής ποσότητας άνυδρου θεικού νατρίου. Στη συνέχεια, πραγματοποιείται μετάγγιση του δείγματος για την αφαίρεση

του άλατος και κατόπιν συμπύκνωση με άζωτο υπό ροή μέχρι τα 500μL. Τέλος, τα δείγματα τοποθετούνται στην κατάψυξη έως ότου έρθει η στιγμή της ανάλυσής τους με τον αέριο χρωματογράφο συζευγμένο με ανιχνευτή μαζών (GC-MS).

Η ταυτοποίηση των πτητικών συστατικών του αρώματος πραγματοποιείται με την χρήση πρότυπων καμπύλων και βάσει του χρόνου έκλουσης τους (Retention Time), ενώ έπειτα ολοκληρώνονται οι κορυφές τους και λαμβάνονται τα εμβαδό των κορυφών. Τέλος, βάση των πρότυπων καμπυλών που υπάρχουν γίνεται ο υπολογισμός της συγκέντρωσης σε mg/L των πτητικών ενώσεων.

Πίνακας 1: Πτητικές ενώσεις που ανιχνεύθηκαν και οι χρόνοι έκλουσής τους.

| Ένωση | Χρόνος έκλουσης (RT) |
|---|----------------------|
| ΕΣΤΕΡΕΣ | |
| isobutyl acetate | 10,11 |
| ethyl butyrate | 10,71 |
| ethyl 2 methyl butyrate | 11,2 |
| ethyl 3 methyl butyrate | 11,6 |
| isoamyl acetate | 13,16 |
| ethyl hexanoate | 16,66 |
| hexyl acetate | 17,88 |
| ethyl octanoate | 22,83 |
| ethyl decanoate | 28,5 |
| 2 phenyl ethyl acetate | 33,24 |
| ΑΝΩΤΕΡΕΣ ΑΛΚΟΟΛΕΣ | |
| 2 methyl 1 propanol | 12,08 |
| isoamyl alcohol | 17,21 |
| 1 hexanol | 20,29 |
| cis 3 hexen 1 ol | 21,19 |
| 3 methyl thio propanol | 30,59 |
| 2 phenyl ethanol | 35,5 |
| ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ | |
| isobutyric acid | 26,29 |
| butyric acid | 27,93 |
| isovaleric acid | 29,02 |
| hexanoic acid | 33,45 |
| ΤΕΡΠΕΝΙΑ ΚΑΙ C13-ΝΟΡΙΣΟΠΡΕΝΟΕΙΔΗ | |
| linalool | 25,89 |
| nerol | 32,61 |
| b-damascenone | 33,51 |

| | |
|----------------------|-------|
| geraniol | 33,74 |
| INTERNAL STD. | |
| ethyl heptanoate | 19,8 |
| 3 octanol | 21,44 |
| heptanoic acid | 36,02 |

2.3.6 Οργανοληπτική αξιολόγηση των οίνων

Η οργανοληπτική αξιολόγηση ενός οίνου με τη βοήθεια των αισθήσεων της όρασης, όσφρησης, γεύσης και αφής, επιτρέπει να εκτιμηθεί με πιο ρεαλιστικό και πλήρη τρόπο την ποιότητα αυτού. Αυτό συμβαίνει διότι, παρόλο που με τις σύγχρονες επιστημονικές αναλύσεις είναι εφικτή η ποσοτικοποίηση των πτητικών ενώσεων, εντούτοις είναι πολύ δύσκολο να βρεθεί αν αυτές οι ενώσεις βρίσκονται σε ισορροπία μεταξύ τους. Επομένως, λύση σε αυτόν τον προβληματισμό, δίνει η γευστική δοκιμή των οίνων (Καλλίθρακα Σ., 2020). Για να γίνει αυτό εφικτό, στα πλαίσια της παρούσας διατριβής, ακολουθήθηκε οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων από πάνελ εκπαιδευμένων δοκιμαστών. Ένα πάνελ γευστιγνωσίας αποτελεί μία ομάδα ανθρώπων που εκπαιδεύονται κατάλληλα ώστε να μπορούν να αξιολογήσουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του οίνου. Η εκπαίδευσή τους πραγματοποιείται με πρότυπα διαλύματα αναφοράς (reference standards), που έχουν παραχθεί στο εργαστήριο, με βάση τον αποαρωματισμένο οίνο και σε αυτά έχουν προστεθεί οσμές είτε από την προσθήκη φυσικών προϊόντων, είτε με χημικές ουσίες. Έτσι, οι δοκιμαστές εξοικειώνονται με τα αρώματα που θα κληθούν να εντοπίσουν στα δείγματα, ενώ παράλληλα αποκτούν κοινό παρονομαστή ως προς την περιγραφή του κάθε αρώματος (Nanou E., et al., 2020).

Το πάνελ γευστιγνωσίας αποτελούνταν από 10 δοκιμαστές ανάμεσά τους προπτυχιακοί και μεταπτυχιακοί φοιτητές, καθώς και προσωπικό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, όλοι σχετικοί με τον κλάδο της οινολογίας. Τα δείγματα οίνου που κλήθηκαν να αξιολογήσουν ήταν 11, 6 οίνοι Π.Ο.Π Αμύνταιο και 5 Π.Ο.Π Νάουσα. Τα δείγματα αξιολογήθηκαν εις διπλούν, ενώ η όλη διαδικασία διήρκεσε 4 μέρες. Την πρώτη μέρα, κλήθηκαν να εκπαιδευτούν με βάση τα πρότυπα δείγματα αναφοράς και να εξοικειωθούν με τα αρώματα που θα αναγνωρίσουν στα δείγματα κατά την διαδικασία της αξιολόγησης. Παράλληλα τους ζητήθηκε να περιγράψουν

δύο τυχαία δείγματα με τη βοήθεια του τροχού του Noble A., et al., 1987. Έπειτα, ακολούθησε η οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων, όπου διήρκησε 3 μέρες.

Πριν την προσέλευση των αξιολογητών, συμπληρώθηκαν 30mL οίνου από κάθε δείγμα σε διάφανα γυάλινα ποτήρια γευσιγνωσίας και κατόπιν καλήφθηκαν με πλαστικά καπάκια για να μην υπάρχουν απώλειες πτητικών συστατικών λόγω εξάτμισης. Σε κάθε δείγμα αντιστοιχήθηκε μοναδικός, τυχαίος 3ψήφιος αριθμός και έπειτα αφέθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου (20°C) σε καλά αεριζόμενη αίθουσα με φυσικό φωτισμό. Αρχικά, οι δοκιμαστές κλήθηκαν να βαθμολογήσουν τους οίνους, χρησιμοποιώντας κλίμακα από 1 μέχρι 5, ενώ τα δείγματα αξιολογήθηκαν ως προς περιγραφικούς όρους που σχετίζονται με την αρωματική ένταση, καθώς και την ένταση των αρωμάτων κερασιού, βύσσινου, φράουλας, μούρων, δαμάσκηνου, ελιάς, τομάτας, πράσινης πιπεριάς, μπαχαρικών, γήινου-μανιταριού και βανίλιας. Τέλος, τα δεδομένα συλλέχθηκαν χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Compusense Cloud, Academic Consortium (Compusense, Guelph, ON, Καναδάς) (Du Preez B., et al., 2022).

Πίνακας 2: Ακολουθούν τα Reference Standards των οσμών που παρήχθησαν στο εργαστήριο για ερυθρούς οίνους και οι συνταγές παρασκευής τους.

| | |
|--------------------|---|
| 1. Κεράσι | 10 µL standard Vioryl Cherry σε 100 mL base wine |
| 2. Βανίλια | 1 συσκευασία μαγειρικής βανιλίνης σε 100 mL base wine |
| 3. Ελιά | 1.25 g πάστα ελιάς σε 100 mL base wine |
| 4. Βύσσινο | Σιρόπι βύσσινου 3 g σε 100 mL base wine (ή 1:1, base wine : χυμό βύσσινου) |
| 5. Τομάτα | 7,5 g πελτές ντομάτας σε 100 mL base wine |
| 6. Φράουλα | 13 µL standard vioryl Strawberry (όχι natural) σε 100 mL base wine |
| 7. Μούρα | 10-20 µL standard vioryl blackberry σε 100 mL base wine |
| 8. Μανιτάρι-Γήινο | 1-octen-3-ol: 800 µL mother solution (1g/L σε 100mL base wine) |
| 9. Πράσινη πιπεριά | 8 g πράσινη πιπεριά σε 100 mL base wine |
| 10. Δαμάσκηνο | 33 mL χυμός δαμάσκηνο (sunsweet) σε τελικό όγκο 100 mL |
| 11. Πιπέρι-Spices | 0.1 g μαύρο πιπέρι τριμμένο και 0,01 g γαρύφαλλο τριμμένο σε 100 mL base wine |

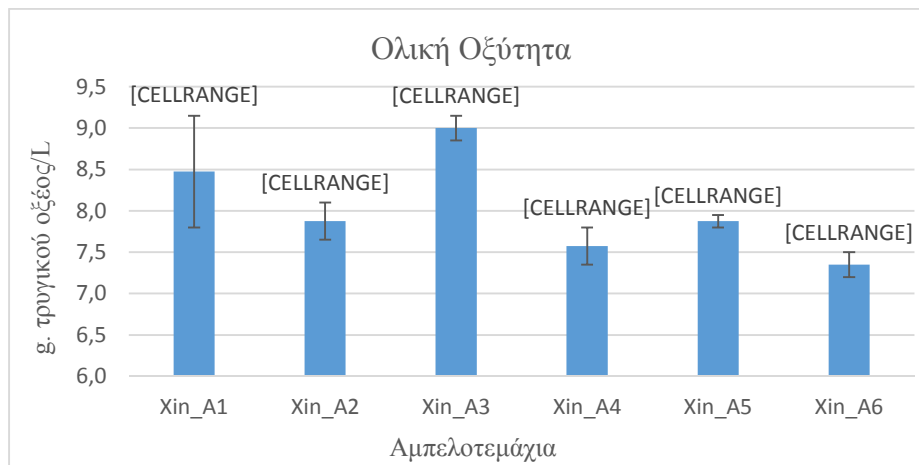


Εικόνα 18: Δείγματα έτοιμα προς αξιολόγηση μαζί με τα πρότυπα διαλύματα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

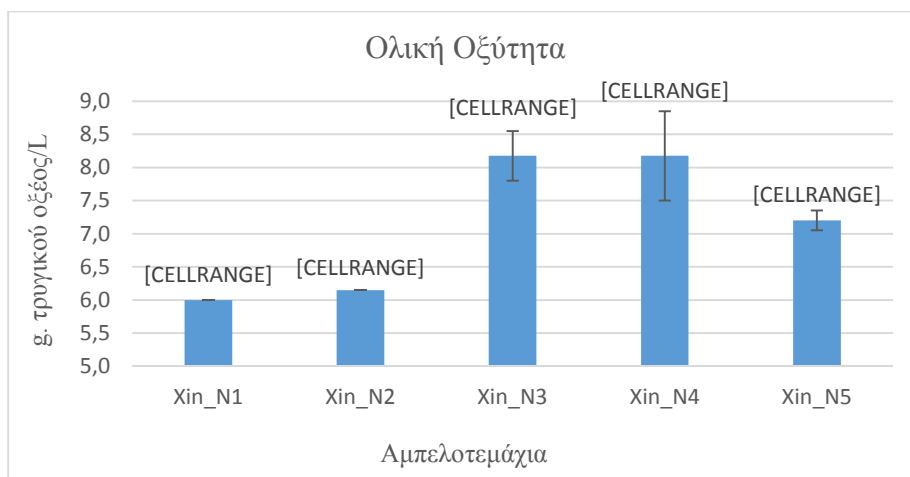
3.1 Κλασικές αναλύσεις

3.1.1 Ολική ή ογκομετρούμενη οξύτητα



Διάγραμμα 1: Οι οξύτητες των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

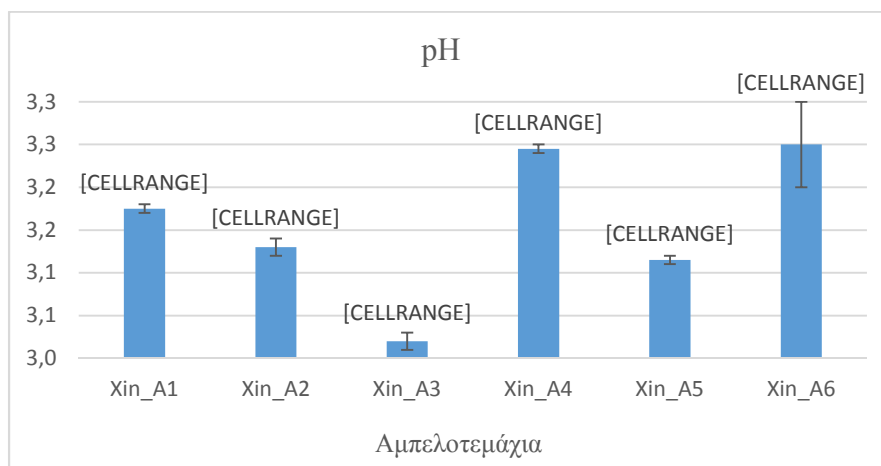
Η ολική οξύτητα στην περιοχή του Αμυνταίου κυμάνθηκε σε αναμενόμενα για την ποικιλία Ξινόμαυρο επίπεδα (Σταυρακάκης Μ., 2010). Τη μεγαλύτερη τιμή ολικής οξύτητας παρουσίασε το δείγμα Xin_A3, το οποίο διαφέρει στατιστικά με τα περισσότερα δείγματα εκτός του Xin_A1. Αντίθετα, τη χαμηλότερη ολική οξύτητα εμφάνισαν τα δείγματα Xin_A4 και Xin_A6 τα οποία δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους. Ακόμη, η ολική οξύτητα των οίνων εμφάνισε πολύ ισχυρή αρνητική συσχέτιση με το pH ($r=-0,73$, $p=0,05$), γεγονός που αναμένονταν, καθώς τα δύο μεγέθη είναι αντιστρόφως ανάλογα. Τέλος, ο μέσος όρος της ολικής οξύτητας από τα αμπελοτεμάχια του Αμυνταίου βρέθηκε να είναι 8.03 g. τρυγικού οξέος/L, όπου θεωρείται αρκετά υψηλή τιμή για ερυθρό οίνο, όχι όμως για την ποικιλία ξινόμαυρο όπου η τόσο υψηλή οξύτητα αποτελεί τυπικό γνώρισμά της, καθώς σε γενικές γραμμές κυμαίνεται μεταξύ 7.5-10 g. τρυγικού οξέος/L (Σταυρακάκης Μ., 2010).



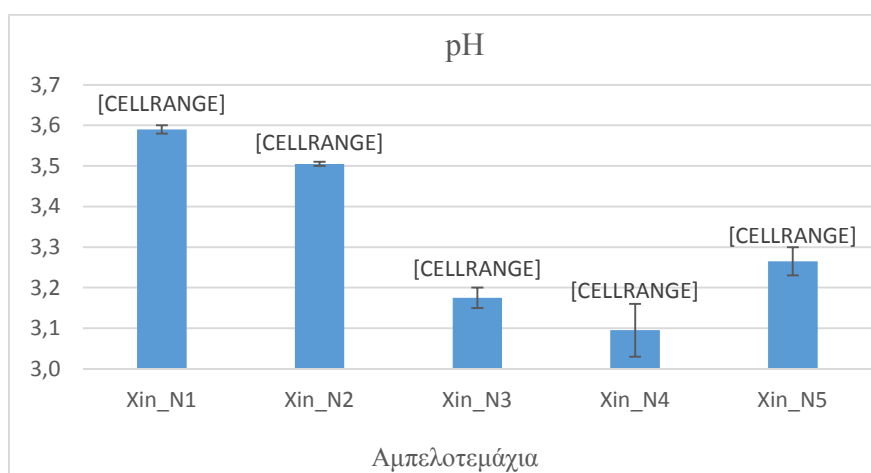
Διάγραμμα 2: Οι οξύτητες των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Η ολική οξύτητα των δειγμάτων στην περιοχή της Νάουσας, παρουσίασε έντονες διακυμάνσεις. Τα δείγματα Xin_N1 και Xin_N2 εμφάνισαν τις χαμηλότερες τιμές ολικής οξύτητας, ενώ δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους. Από την άλλη, τα δείγματα Xin_N3, Xin_N4 και Xin_N5 εμφάνισαν υψηλές τιμές οξύτητας, αναμενόμενες για την ποικιλία Ξινόμαυρο (Τσακίρης Α., 2003). Η ολική οξύτητα, εμφάνισε επίσης πολύ υψηλή αρνητική συσχέτιση ($r = -0,95$, $p = 0,05$) με το pH, καθώς αμπελοτεμάχια με την υψηλότερη τιμή ολικής οξύτητας εμφάνισαν το χαμηλότερο pH και αντίστροφα. Η μέση τιμή της οξύτητας στην περιοχή της Νάουσας εμφανίστηκε χαμηλότερη από του Αμυνταίου στα 7.14 g. τρυγικού οξέος/ L, διαφορά που μπορεί να οφείλεται στο χαμηλότερο υψόμετρο όπου εκτείνονται οι αμπελώνες της Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας σε σχέση με του Αμυνταίου (Μπαλλά Ε., 2021, Τσιολάκη Ε., 2018).

3.1.2 Ενεργός οξύτητα - pH



Διάγραμμα 3: pH των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).



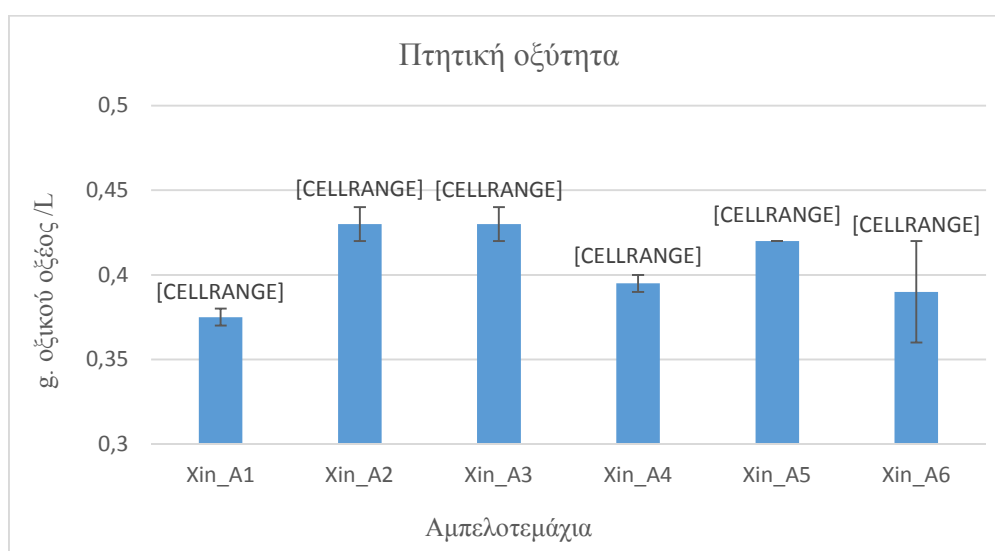
Διάγραμμα 4: pH των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Το pH των οίνων που προέρχονται από την ποικιλία αμπέλου Ξινόμαυρο, γενικά είναι χαμηλό και κυμαίνεται μεταξύ του 3,2-3,4 (Σταυρακάκης Μ., 2010). Παρόλα αυτά, τα δείγματα από την περιοχή του Αμυνταίου παρουσίασαν ακόμα χαμηλότερα επίπεδα pH (3,02-3,25). Η χαμηλότερη τιμή παρουσιάστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_A3, το οποίο διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα αμπελοτεμάχια, σε αντίθεση με τους οίνους που παρήχθησαν από τα αμπελοτεμάχια Xin_A4 και Xin_A6, οι οποίοι εμφάνισαν το υψηλότερο pH μεταξύ των δειγμάτων. Τέλος, η μέση τιμή των δειγμάτων ήταν ιδιαίτερα χαμηλή με pH 3.16, παρόλο που

ολοκλήρωσαν και τη μηλογαλακτική ζύμωση, ενώ ακόμα και για την ποικιλία ξινόμαυρο κυμαίνεται σε επίπεδα χαμηλότερα του μέσου όρου (Νεοφύτου Σ., 2006).

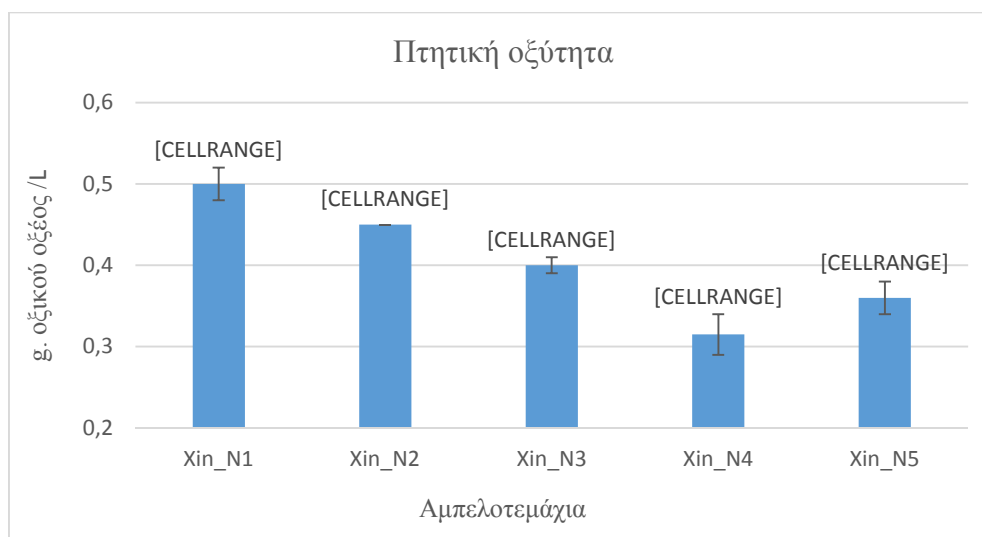
Το pH των οίνων που παρήχθησαν από την περιοχή της Νάουσας (διάγραμμα 4) κινήθηκε σε ένα σχετικά εκτεταμένο εύρος τιμών (3,10-3,59). Στα αμπελοτεμάχια Xin_N1 και Xin_N2 παρατηρήθηκε υψηλή τιμή pH και στατιστικώς σημαντική διαφορά με τα υπόλοιπα αμπελοτεμάχια, των οποίων οι τιμές κινήθηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα, ενώ το αμπελοτεμάχιο Xin_N4 ήταν αυτό με το χαμηλότερο pH. Ακόμη, εμφανίστηκε ισχυρή θετική συσχέτιση ($r=0,83$, $p=0,05$) μεταξύ του pH και της απόχρωσης των οίνων, γεγονός αναμενόμενο καθώς με την άνοδο του pH, μειώνονται οι ανθοκυάνες που βρίσκονται υπό τη μορφή του έντονα ερυθρού κατιόντος φλαβυλίου, όπου παρουσιάζει μέγιστη απορρόφηση στα 520nm και έτσι αυξάνεται η τιμή του λόγου της απόχρωσης (A_{420}/A_{520}) (Rakic V., et al., 2015). Τέλος, η μέση τιμή του pH στην Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας ήταν 3.33, όπου θεωρείται επιθυμητό επίπεδο για την ποικιλία ξινόμαυρο, ενώ, η μέση τιμή των δειγμάτων από την Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου ήταν αισθητά χαμηλότερη με pH 3.16, δίχως όμως να θεωρείται ανεπιθύμητη τιμή (Τσακίρης Α., 2003, Σταυρακάκης Μ., 2010).

3.1.3 Πτητική οξύτητα



Διάγραμμα 5: Πτητική οξύτητα των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Η πτητική οξύτητα των δειγμάτων από την περιοχή του Αμυνταίου κυμάνθηκε μεταξύ νόμιμων ορίων της νομοθεσίας και συνάμα επιθυμητών για την ποιότητα των παραχθέντων οίνων. Τη χαμηλότερη τιμή εμφάνισε το αμπελοτεμάχιο Xin_A1, ενώ την υψηλότερη τιμή τα Xin_A2 και Xin_A3, ενώ διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους.



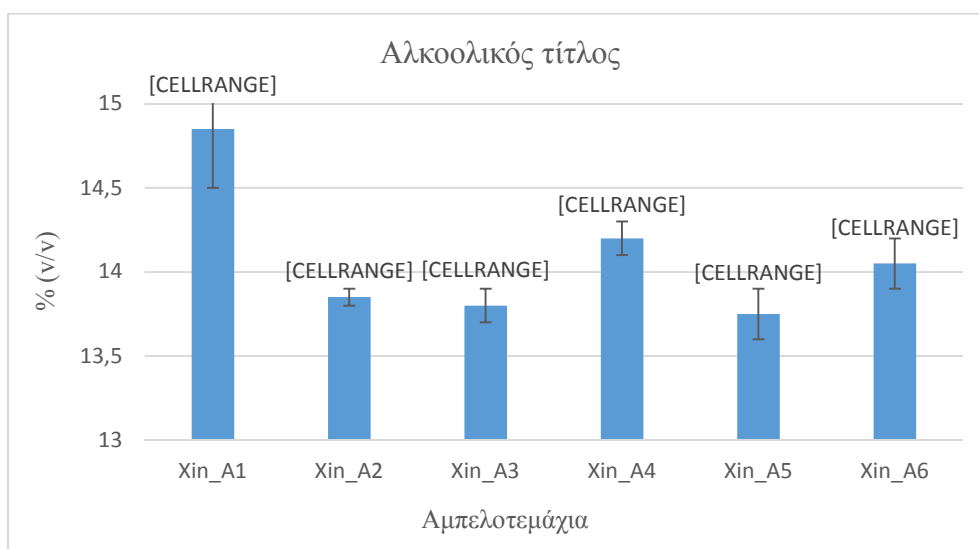
Διάγραμμα 6: Πτητική οξύτητα των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Η πτητική οξύτητα των δειγμάτων από την περιοχή της Νάουσας κινήθηκε γενικά σε επιθυμητά και βέλτιστα επίπεδα. Τη χαμηλότερη τιμή παρουσίασε το αμπελοτεμάχιο Xin_N4 και την υψηλότερη το αμπελοτεμάχιο Xin_N1, με 0.5 g οξικού οξέος/L. Η τιμή αυτή είναι ικανοποιητική για ερυθρούς οίνους που έχουν ολοκληρώσει επιτυχώς την μηλογαλακτική ζύμωση και απέχει αρκετά από το κατώφλι αντίληψης του οξικού οξέος, τα 0,7 g οξικού οξέος/L. (Corison A., et al., 1979).

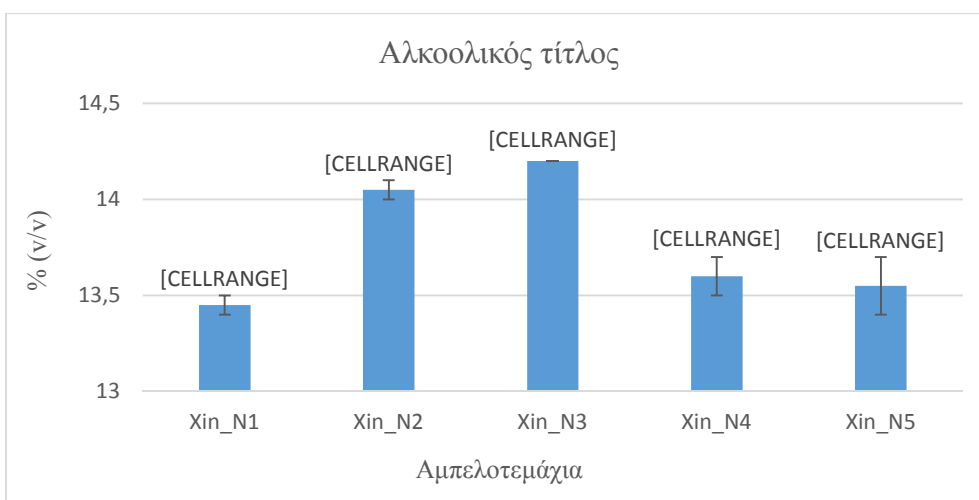
3.1.4 Αλκοολικός τίτλος

Ο αλκοολικός τίτλος των οίνων που παρήχθησαν από την περιοχή του Αμυνταίου κινήθηκε σε υψηλά επίπεδα, ενώ παρουσιάζει μικρή διακύμανση. Η μεγαλύτερη τιμή παρουσιάζεται στο αμπελοτεμάχιο Xin_A1, το οποίο διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα, ενώ η χαμηλότερη παρατηρείται στο Xin_A5. Ακόμη, μεταξύ του αλκοολικού τίτλου και της έντασης χρώματος παρατηρείται ασθενής θετική συσχέτιση ($r=0,11$, $p=0,05$). Αυτό, οφείλεται στο γεγονός ότι η

παρουσία αιθανόλης συνεισφέρει στην εκχύλιση των ανθοκυανών στον οίνο (Canals R., et al., 2005).



Διάγραμμα 7: Αλκοολικός τίτλος των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).



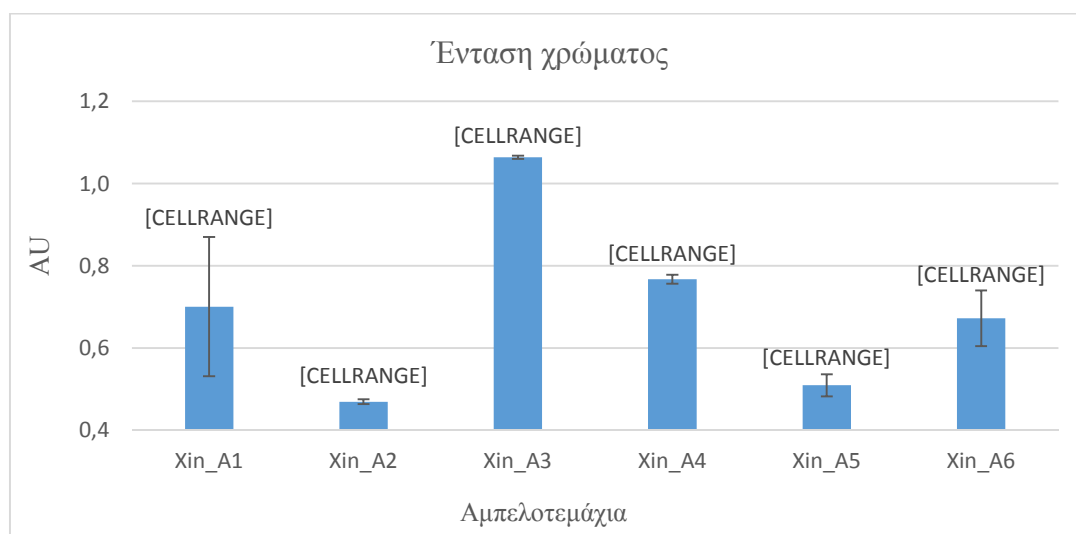
Διάγραμμα 8: Αλκοολικός τίτλος των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Ο αλκοολικός τίτλος των δειγμάτων στη Νάουσα κινήθηκε σε υψηλά επίπεδα, δίχως μεγάλη διακύμανση μεταξύ των δειγμάτων. Συγκεκριμένα, το αμπελοτεμάχιο Xin_N3 εμφάνισε την υψηλότερη τιμή αιθανόλης, ενώ διαφέρει στατιστικά από τα υπόλοιπα αμπελοτεμάχια, εξαιρουμένου του Xin_N2. Αντίθετα, το αμπελοτεμάχιο

Xin_N1 εμφάνισε τον χαμηλότερο αλκοολικό τίτλο, δίχως να παρατηρείται στατιστική διαφορά με το Xin_N4 και Xin_N5. Ακόμη, παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση ($r=0,58$, $p=0,05$) της περιεκτικότητας των οίνων σε αιθανόλη με την ένταση του χρώματός τους, γεγονός που αποδεικνύει τις εκχυλιστικές ιδιότητες της αλκοόλης (Canals R., et al., 2005).

3.2 Χρωματικά χαρακτηριστικά και δείκτης φαινολικών ουσιών (ΔΦΟ)

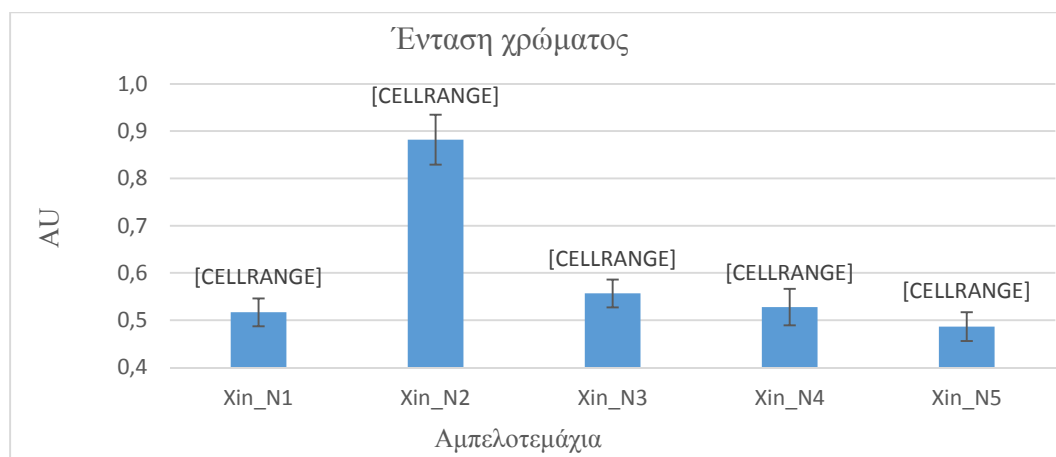
3.2.1 Ένταση χρώματος



Διάγραμμα 9: Ένταση χρώματος των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Η ένταση του χρώματος των παραχθέντων οίνων από την περιοχή του Αμυνταίου παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση. Τη μεγαλύτερη τιμή εμφάνισε το αμπελοτεμάχιο Xin_A3, το οποίο διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα, ενώ το αμπελοτεμάχιο Xin_A2 παρουσίασε τη μικρότερη τιμή έντασης μεταξύ των δειγμάτων, δίχως να διαφέρει στατιστικά από τα δείγματα Xin_A5 και Xin_A6. Ακόμη, παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση ($r=-0,29$, $p=0,05$) μεταξύ της έντασης του χρώματος και του pH καθώς, σε χαμηλό pH, η μορφή των ανθοκυανών που επικρατεί στον οίνο είναι το κατιόν φλαβυλίου που έχει έντονο ερυθρό χρώμα, ενώ σε υψηλότερο pH αλλάζει η ισορροπία και η μορφή της άχρωμης ψευδοβάσης γίνεται ολοένα και πιο άφθονη (Forino M., et al., 2020). Τέλος, η μέση τιμή της έντασης του χρώματος της ποικιλίας ξινόμαυρο στην περιοχή του Αμυνταίου ήταν 0.7 C.I (colour

intensity), τη στιγμή που άλλες ποικιλίες τόσο διεθνείς (Babincev L., et al., 2016), όσο και ελληνικές παρουσιάζουν κατά μέσο όρο σημαντικά υψηλότερες χρωματικές εντάσεις (Kallithraka S., et al., 2015, Kyraleou M., et al., 2019).

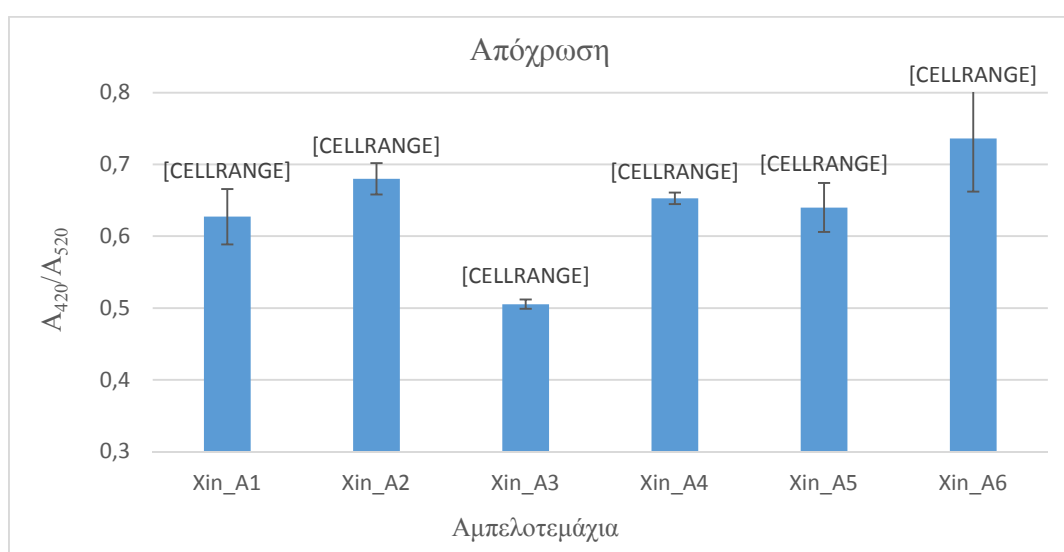


Διάγραμμα 10: Ένταση χρώματος των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Η ένταση του χρώματος των οίνων από την περιοχή της Νάουσας κινήθηκε σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα μεν, αλλά και αναμενόμενα για την ποικιλία ξινόμαυρο δε, καθώς χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα χαμηλή ένταση χρώματος σε σχέση με άλλες ελληνικές ποικιλίες (Kyraleou M., et al., 2019). Ο οίνος από το αμπελοτεμάχιο Xin_N2 εμφάνισε την υψηλότερη τιμή, διαφέροντας στατιστικώς σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα δείγματα. Από την άλλη, τα υπόλοιπα αμπελοτεμάχια δεν παρουσίασαν στατιστική διαφορά μεταξύ τους, ενώ η χαμηλότερη τιμή έντασης που προέκυψε ανήκει στο αμπελοτεμάχιο Xin_N5. Στην Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας, η μέση τιμή της έντασης του χρώματος ήταν 0.5 C.I (colour intensity), μία χαμηλή, αλλά τυπική τιμή για την ποικιλία ξινόμαυρο (Karakasis Y. & Kotseridis G., 2022, October 26). Ακόμη, όπως αποεικνύεται και από τους Kallithraka S., et al., 2005, έπειτα από σύγκριση 17 ελληνικών ποικιλιών ως προς την περιεκτικότητά τους σε ανθοκυάνες, βρέθηκε ότι η συγκέντρωση των ανθοκυανών στην ποικιλία ξινόμαυρο και κατ' επέκταση η χρωματική ένταση εμφανίστηκε κάτω του μέσου όρου, γεγονός που δικαιολογεί και την χαμηλή ένταση χρώματος που ανιχνεύθηκε και στις δύο Π.Ο.Π. ζώνες.

3.2.2 Απόχρωση

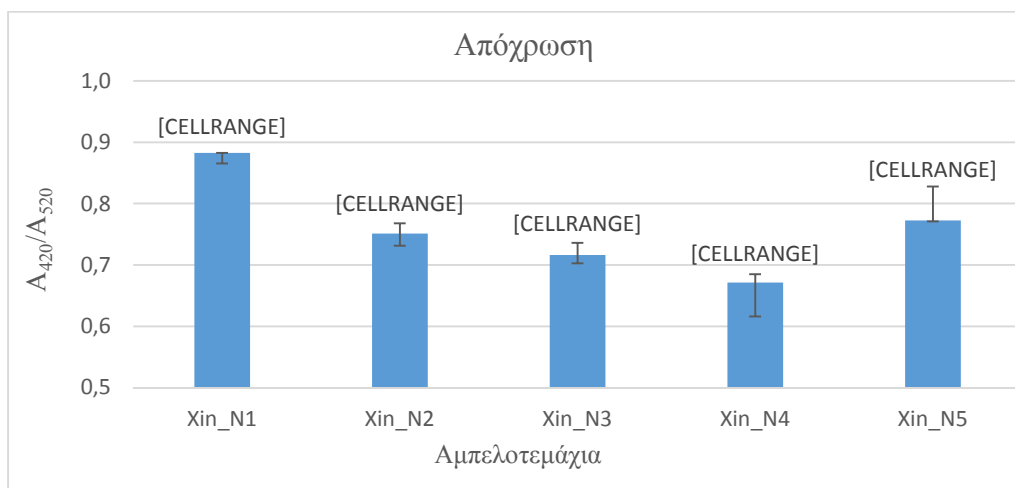
Η απόχρωση των παραχθέντων οίνων από την περιοχή του Αμυνταίου κυμάνθηκε μεταξύ αναμενόμενων ορίων για το νεαρό της ηλικίας τους, καθώς τιμές έως 0,7 θεωρούνται αντιπροσωπευτικές για φρέσκους οίνους που δεν έχουν παλαιώσει (Ribéreau-Gayon P., et al., 2006). Η μικρότερη τιμή εμφανίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_A3, στο οποίο παρουσιάστηκε παράλληλα και η υψηλότερη τιμή έντασης χρώματος μεταξύ των δειγμάτων, ενώ διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα αμπελοτεμάχια. Από την άλλη, την υψηλότερη τιμή απόχρωσης μεταξύ των δειγμάτων, εμφάνισαν τα Xin_A2 και Xin_A6 από τα οποία το πρώτο, εμφάνισε και τη χαμηλότερη τιμή έντασης χρώματος. Τα δύο χρωματικά χαρακτηριστικά (ένταση – απόχρωση) των οίνων που αναλύθηκαν εμφάνισαν αρνητική συσχέτιση ($r=-0,64$, $p=0,05$) μεταξύ τους, καθώς λόγω του νεαρού της ηλικίας τους, η αύξηση της χρωματικής τους έντασης οφείλεται κυρίως στις ερυθρού χρώματος ανθοκυάνες, οι οποίες απορροφούν μέγιστα στα 520nm, με αποτέλεσμα ο λόγος της απόχρωσης A_{420}/A_{520} να μειώνεται (Heredia F. & Guzman-chozas M., 1993).



Διάγραμμα 11: Απόχρωση των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0,05$).

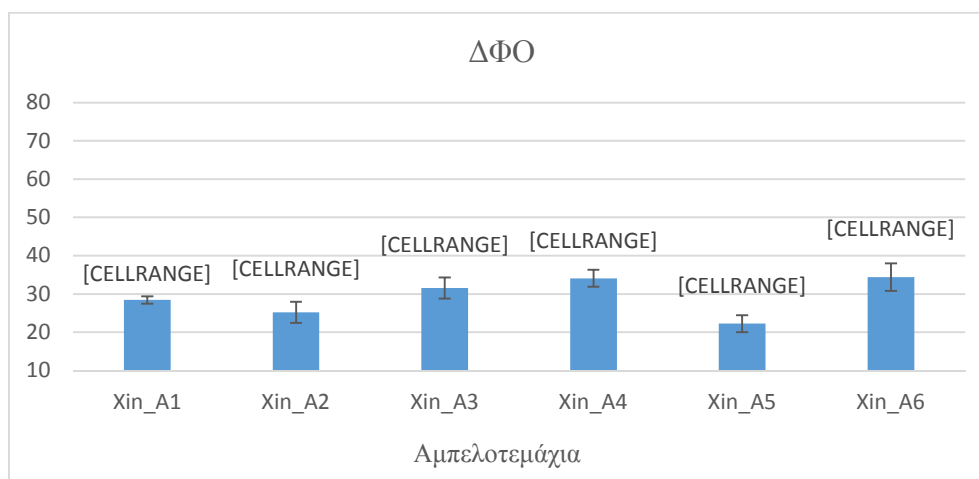
Η απόχρωση των οίνων από την περιοχή της Νάουσας κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα, καθώς το τυπικό εύρος τιμών για νεαρούς οίνους βρίσκεται μεταξύ 0,5-0,7 (Babincev L., et al., 2016). Την υψηλότερη τιμή, με στατιστικώς σημαντική διαφορά από τα υπόλοιπα αμπελοτεμάχια, εμφάνισε το δείγμα Xin_N1, ενώ τη χαμηλότερη, το δείγμα Xin_N4. Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι το δείγμα Xin_N1 σημείωσε μη αναμενόμενη

τιμή για φρέσκο νεαρό οίνο, καθώς τιμές απόχρωσης >0.7 είναι τυπικές κυρίως για οίνους που παλαιώνουν. Η υψηλή απόχρωση σε νεαρό οίνο μπορεί να οφείλεται σε πιθανή οξείδωσή του και επακόλουθη αύξηση της απορρόφησής στα 420nm (Ribéreau-Gayon P., et al., 2006).



Διάγραμμα 12: Απόχρωση των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

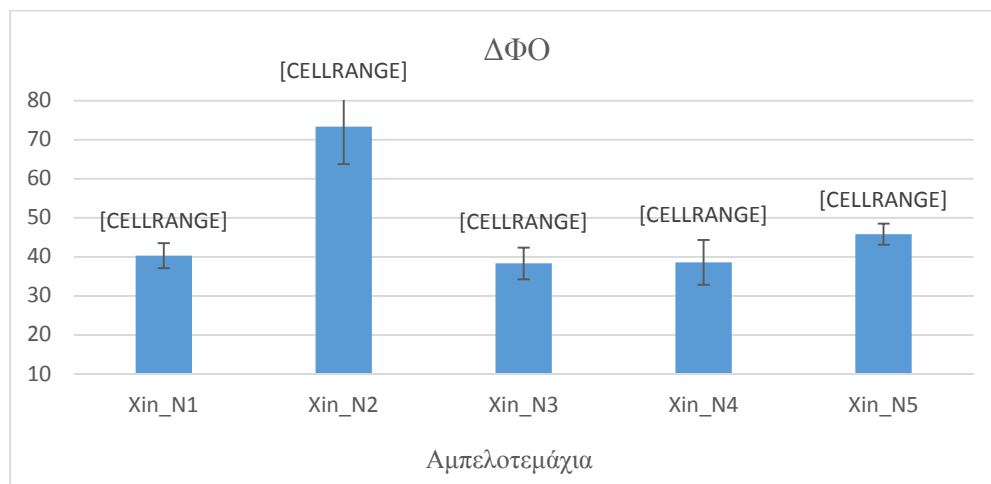
3.2.3 Δείκτης Φαινολικών Ουσιών (ΔΦΟ)



Διάγραμμα 13: Δείκτης φαινολικών ουσιών των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Ο δείκτης φαινολικών ουσιών (ΔΦΟ) των παραχθέντων οίνων από την περιοχή του Αμυνταίου παρουσίασε μικρή διακύμανση. Το αμπελοτεμάχιο Xin_A5 εμφάνισε τη

χαμηλότερη τιμή μεταξύ των δειγμάτων, ενώ διαφέρει στατιστικά από όλα τα υπόλοιπα, εξαιρουμένου του Xin_A2. Από την άλλη, τα αμπελοτεμάχια Xin_A3, Xin_A4 και Xin_A6 παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές ΔΦΟ, δίχως να διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους. Γενικά, ο μέσος όρος του δείκτη φαινολικών ουσιών κυμαίνεται μεταξύ 6 και 120 (Ribéreau-Gayon P., et al., 2006). Στην Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου παρουσιάστηκε πολύ χαμηλή τιμή (29.3), ενώ έχει αποδειχθεί από τους Harvalia & Bena-Tzourou (1982), ότι οι ελληνικές ποικιλίες σε γενικές γραμμές παρουσιάζουν ΔΦΟ με μέσο όρο 41,6. Όπως προκύπτει στην παρούσα μελέτη, η ποικιλία ξινόμαυρο, εμφάνισε τιμή αρκετά χαμηλότερη του μέσου όρου των ελληνικών ποικιλιών, ενώ συγκριτικά με προηγούμενες μελέτες του φαινολικού δυναμικού της ποικιλίας (Τσιολάκη Ε., 2018), (Kyraleou M., et al., 2015), ο μέσος όρος των τιμών του ΔΦΟ στην Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου παρουσιάστηκε χαμηλότερος.

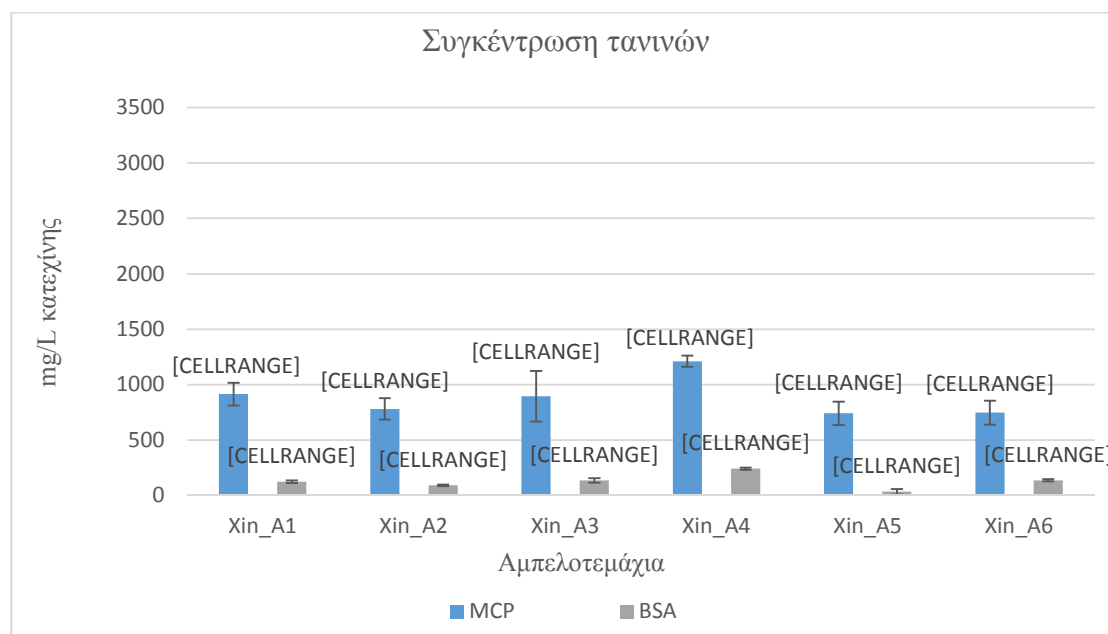


Διάγραμμα 14: Δείκτης φαινολικών ουσιών των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Ο δείκτης φαινολικών ουσιών (ΔΦΟ) των δειγμάτων από την περιοχή της Νάουσας παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση. Συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη τιμή παρατηρείται στο αμπελοτεμάχιο Xin_N2, το οποίο διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα, εμφανίζοντας αρκετά υψηλή τιμή (73,38) σε σχέση με το μέσο όρο (47,28) των υπόλοιπων δειγμάτων. Από την άλλη, στα αμπελοτεμάχια Xin_N1, Xin_N3 και Xin_N4 εμφανίστηκαν οι χαμηλότερες τιμές του ΔΦΟ, δίχως να διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους. Στην Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας, ο μέσος όρος του δείκτη φαινολι-

κών ουσιών ξεπέρασε την τιμή 41,6, όπου σύμφωνα με τους Harvalia & Bena-Tzourou (1982), αποτελεί το μέσο όρο του ΔΦΟ των ελληνικών ποικιλιών.

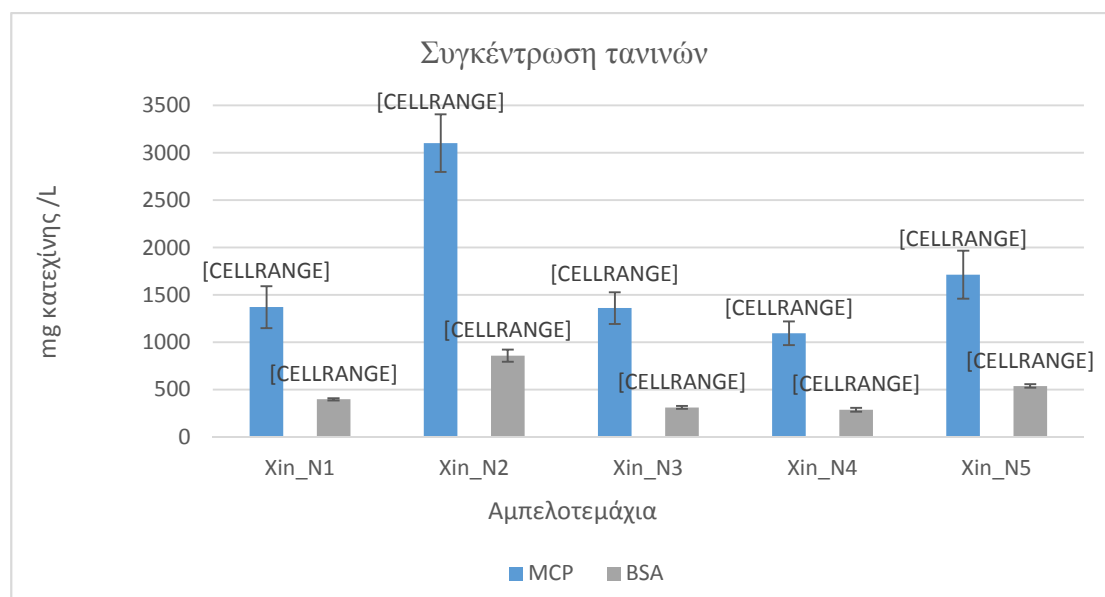
3.3 Συγκεντρώσεις τανινών



Διάγραμμα 15: Συγκέντρωση τανινών με τη μέθοδο προσθήκης μεθύλ-κυτταρίνης (MCP) και με τη μέθοδο αλβουμίνης ορού βοειδών (BSA) των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Για την έκφραση των αποτελεσμάτων της μεθόδου MCP σε mg κατεχίνης ανά λίτρο οίνου, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση $y = 0,0108x - 0,0104$ ($R^2 = 0,9978$) πρότυπης ευθείας, που κατασκευάστηκε βάσει γνωστών συγκεντρώσεων κατεχίνης, ενώ για τη μέθοδο BSA χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση $y = 0,0051x + 0,0023$ ($R^2 = 0,9997$). Η υψηλότερη συγκέντρωση τανινών, σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους, παρατηρήθηκε στον οίνο από το αμπελοτεμάχιο Xin_A4, ο οποίος διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα δείγματα και στις δύο μεθόδους. Από την άλλη, ο οίνος από το αμπελοτεμάχιο Xin_A5, εμφάνισε τη χαμηλότερη συγκέντρωση τανινών και στις δύο μεθόδους που ακολουθήθηκαν, ενώ παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά μεταξύ όλων των υπόλοιπων δειγμάτων στη μέθοδο BSA. Στη μέθοδο MCP, το Xin_A5 δεν εμφάνισε στατιστική διαφορά με άλλα αμπελοτεμάχια, εξαιρουμένου του Xin_A4. Ο μέσος όρος των τιμών στην περιοχή του Αμυνταίου ως προς τις ολικές τανίνες με τη μέθοδο MCP εμφανίστηκε ιδιαίτερα χαμηλός (881.4 mg κατεχίνης/L) συγκριτικά με παρόμοιες μελέτες του φαινολικού δυναμικού της ποικιλίας ξινόμαυρου

(Τσαγγαράτος Π., 2020), (Kyraleou M., et al., 2015), όπου οι συγκεντρώσεις των ολικών τανινών ξεπερνούσαν τα 2000 mg κατεχίνης/L. Παρόμοια πορεία ακολούθησε και ο μέσος όρος των τανινών που είναι υπεύθυνες για την στυπτικότητα (126.6 mg κατεχίνης/L) υπολογισμένες με τη μέθοδο BSA (Basalekou M., et al., 2016), όπου, συγκριτικά με προηγούμενη μελέτη (Kyraleou M., et al., 2015), διαπιστώθηκε χαμηλή συγκέντρωση στυπτικών τανινών στην Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου.



Διάγραμμα 16: Συγκέντρωση τανινών με τη μέθοδο αλβουμίνης ορού βοειδών (BSA) και τη μέθοδο προσθήκης μεθύλ-κυτταρίνης (MCP) των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Για την έκφραση των αποτελεσμάτων της μεθόδου MCP σε mg κατεχίνης ανά λίτρο οίνου, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση $y = 0,0108x - 0,0104$ ($R^2 = 0,9978$) πρότυπης ευθείας, που κατασκευάστηκε βάσει γνωστών συγκεντρώσεων κατεχίνης, ενώ για τη μέθοδο BSA χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση $y = 0,0051x + 0,0023$ ($R^2 = 0,9997$). Η μεγαλύτερη συγκέντρωση τανινών στους οίνους και στις δύο μεθόδους εμφανίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_N2, το οποίο διαφέρει στατιστικά σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα δείγματα και στις δύο μεθόδους. Αντίθετα, η χαμηλότερη συγκέντρωση παρατηρήθηκε στο δείγμα Xin_N4, εξίσου και στις δύο μεθόδους, ενώ βρέθηκε να μην διαφέρει στατιστικά από το αμπελοτεμάχιο Xin_N3 με τη μέθοδο BSA και από τα αμπελοτεμάχια Xin_N3 και Xin_N1 με τη μέθοδο MCP. Ακόμη, παρατηρήθηκε πολύ ισχυρή θετική συσχέτιση ($r=0,95$, $p=0,05$) μεταξύ του ΔΦΟ και της μεθόδου

MCP, γεγονός αναμενόμενο καθώς η πρώτη παράμετρος μετρά την περιεκτικότητα των μη-φλαβονοειδών και των φλαβονοειδών (Morata A., et al., 2005), ενώ η μέθοδος MCP μετράει τις ολικές τανίνες, όπου μεγάλο μέρος των οποίων συμμετέχει στον δείκτη φαινολικών ουσιών (Kyraleou M., et al., 2015). Ο μέσος όρος των ολικών τανινών στην περιοχή της Νάουσας (1729 mg κατεχίνης/L) παρόλο που ήταν σημαντικά υψηλότερος σε σχέση με αυτόν του Αμυνταίου, εντούτοις, δεν ξεπέρασε τις τιμές που αναφέρονται σε άλλες ερευνητικές εργασίες (Βογιατζής I., et al., 2005), (Τσαγγαράτος Π., 2020), (Kyraleou M., et al., 2015), όπου η συγκέντρωση των ολικών τανινών κυμαίνεται σε γενικές γραμμές άνω των 2000 mg κατεχίνης/L στην Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας. Από την άλλη, ο μέσος όρος των τανινών που είναι υπεύθυνες για τη στυπτικότητα, εμφανίστηκε αρκετά υψηλός (400 mg κατεχίνης/L), ξεπερνώντας κατά πολύ τον αντίστοιχο του Αμυνταίου, αλλά και προηγούμενων μελετών στις οποίες εξετάστηκε το φαινολικό προφίλ της ποικιλίας ξινόμαυρο (Τσαγγαράτος Π., 2020), (Kyraleou M., et al., 2015).

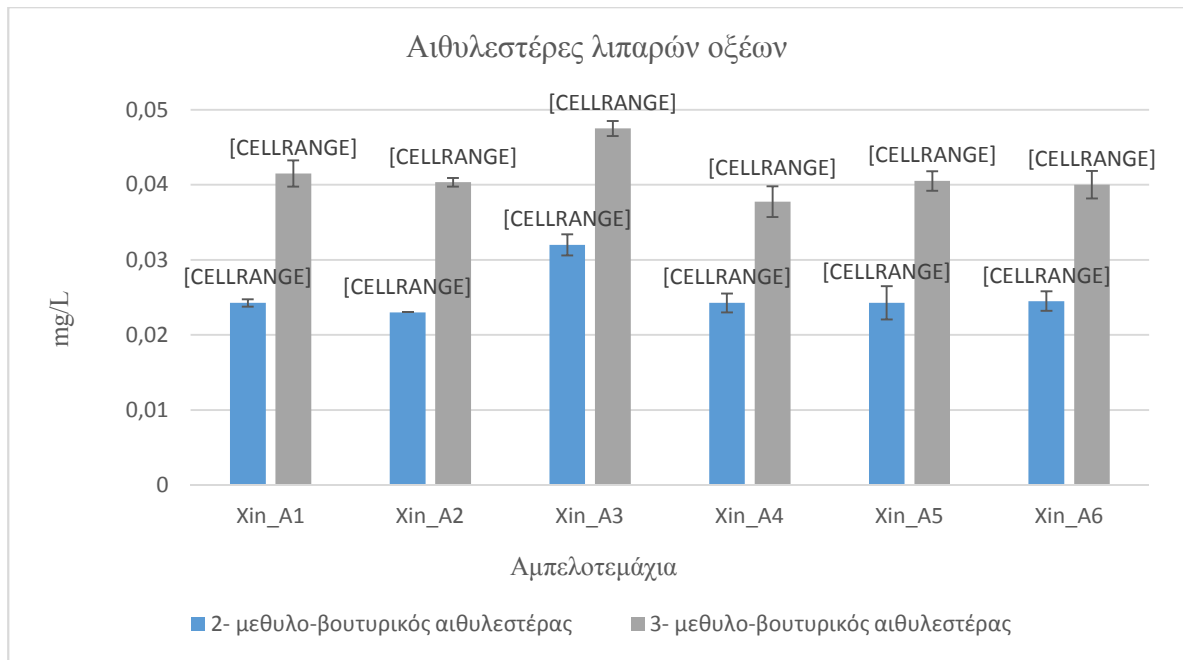
3.4 Συγκεντρώσεις πτητικών ενώσεων

3.4.1 Εστέρες

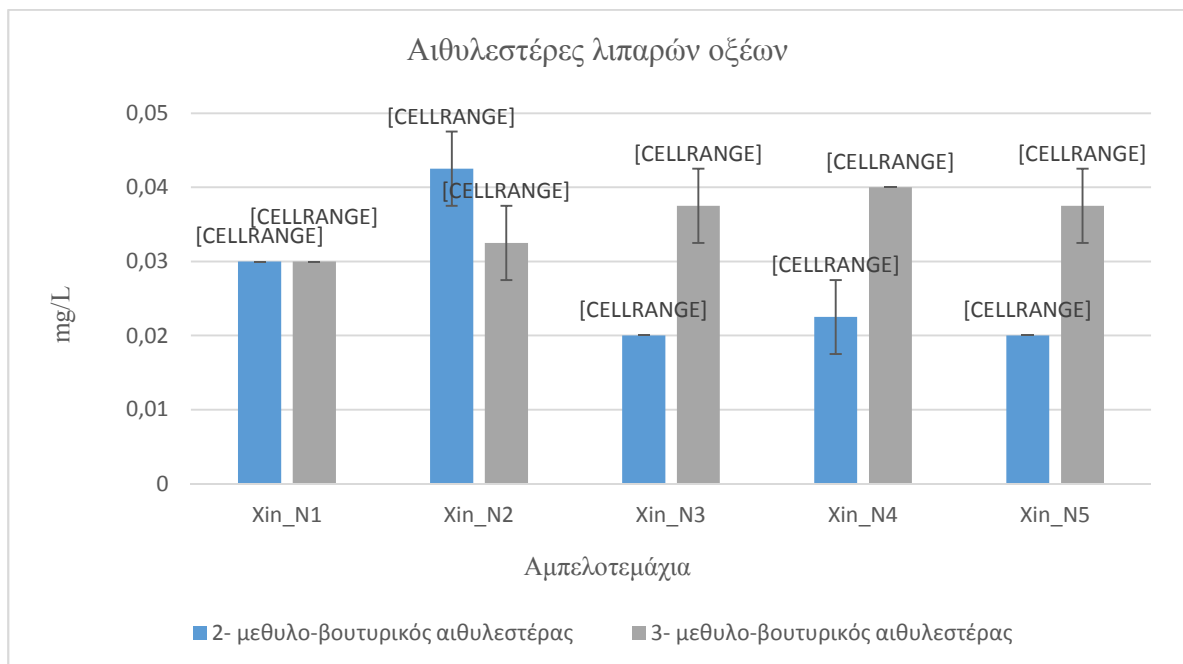
Οι εστέρες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους αιθυλεστέρες λιπαρών οξέων και τους οξικούς εστέρες.

3.4.1.1 Αιθυλεστέρες λιπαρών οξέων

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση 2-μεθυλο-βουτυρικού και 3-μεθυλο-βουτυρικού αιθυλεστέρα παρατηρήθηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_A3, ενώ βρέθηκε να διαφέρει στατιστικώς από όλα τα υπόλοιπα δείγματα και στις δύο ενώσεις που μελετήθηκαν. Από την άλλη, τη χαμηλότερη τιμή 2-μεθυλο-βουτυρικού αιθυλεστέρα, εμφάνισε το αμπελοτεμάχιο Xin_A2, το οποίο δεν διαφέρει στατιστικά από τα υπόλοιπα δείγματα, εξαιρουμένου του Xin_A3. Ακόμη, η μικρότερη τιμή 3-μεθυλο-βουτυρικού αιθυλεστέρα, παρατηρήθηκε στο Xin_A4, ενώ διέφερε στατιστικά μόνο από τα αμπελοτεμάχια Xin_A1 και Xin_A3.



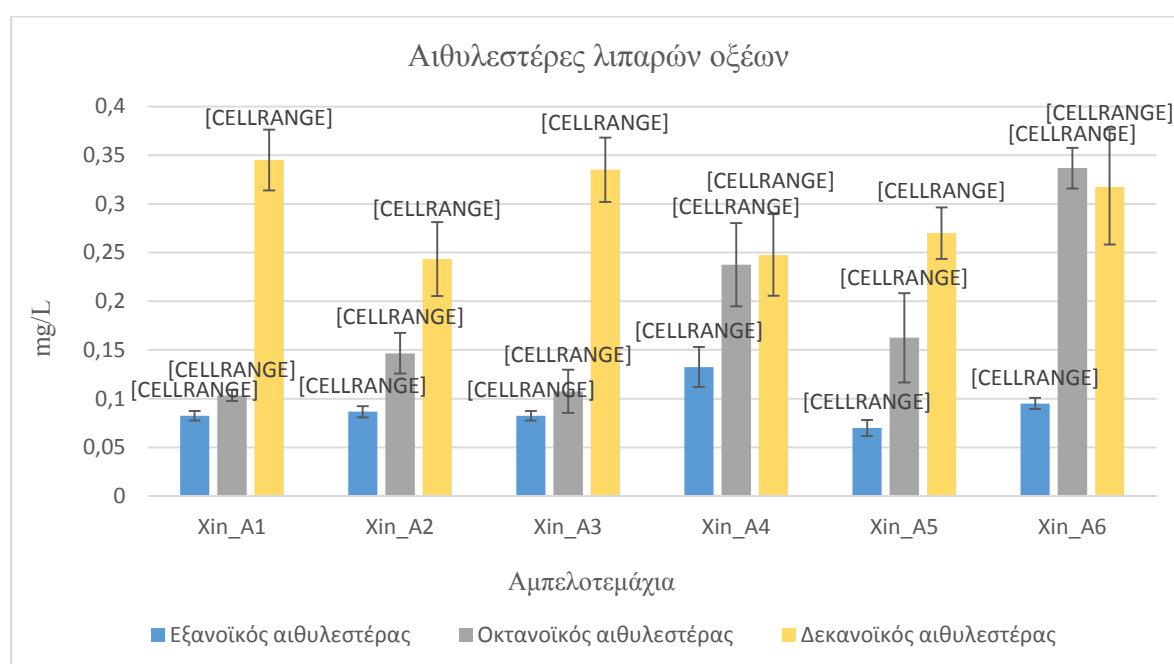
Διάγραμμα 17: Συγκέντρωση 2- μεθυλο-βουτυρικού και 3- μεθυλο-βουτυρικού αιθυλεστέρα των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).



Διάγραμμα 18: Συγκέντρωση 2- μεθυλο-βουτυρικού και 3- μεθυλο-βουτυρικού αιθυλεστέρα των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση 2-μεθυλο-βουτυρικού αιθυλεστέρα στην περιοχή της Νάουσας, εμφανίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_N2, το οποίο βρέθηκε να διαφέρει

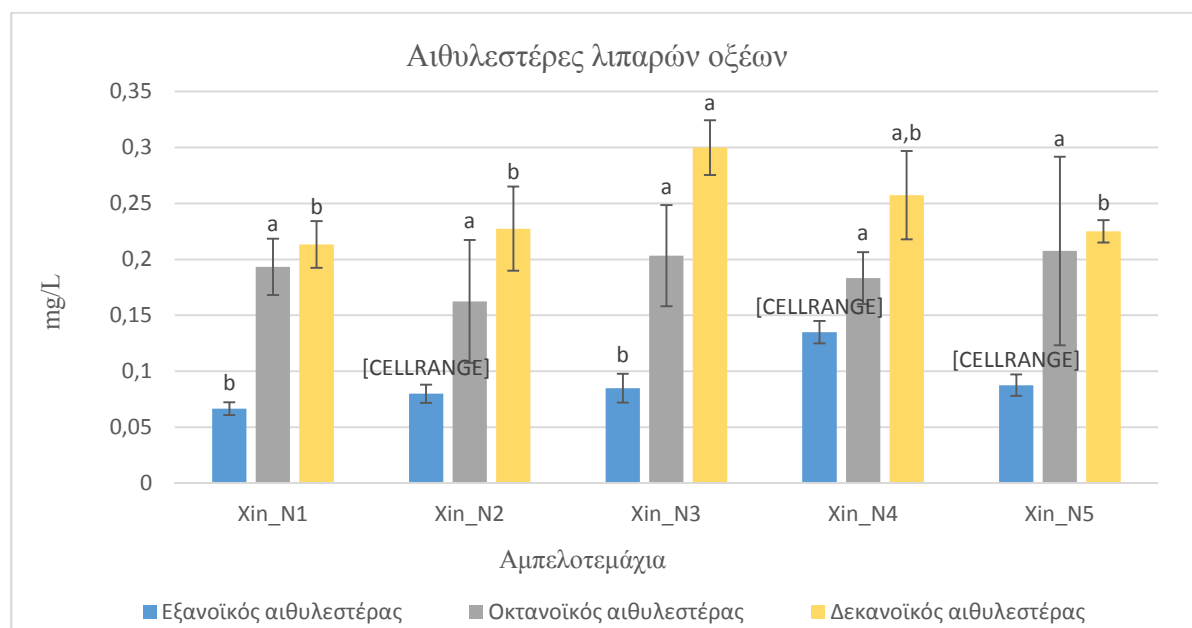
στατιστικώς σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα. Τη χαμηλότερη τιμή παρουσίασαν τα αμπελοτεμάχια Xin_N3 και Xin_N5, τα οποία στατιστικά, δεν διαφέρουν ούτε μεταξύ τους, αλλά και ούτε με το Xin_N4. Επίσης, η υψηλότερη τιμή του 3-μεθυλοβουτυρικού αιθυλεστέρα, παρατηρήθηκε στο δείγμα Xin_N4, το οποίο δεν διαφέρει στατιστικά από όλα τα αμπελοτεμάχια, εξαιρουμένου του Xin_N1, το οποίο, βέβαια, σημείωσε και τη χαμηλότερη συγκέντρωση 3-μεθυλοβουτυρικού αιθυλεστέρα.



Διάγραμμα 19: Συγκέντρωση εξανοϊκού, οκτανοϊκού και δεκανοϊκού αιθυλεστέρα των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση εξανοϊκού αιθυλεστέρα στην περιοχή του Αμυνταίου, εμφανίστηκε στον οίνο που παράχθηκε από το αμπελοτεμάχιο Xin_A4, ενώ παράλληλα υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά αυτού, με τα υπόλοιπα δείγματα. Αντίθετα, η μικρότερη συγκέντρωση αυτής της ένωσης εμφανίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_A5, το οποίο δεν διαφέρει στατιστικά από τα υπόλοιπα αμπελοτεμάχια, εξαιρουμένων των Xin_A4 και Xin_A6. Συνεχίζοντας, η μέγιστη τιμή του οκτανοϊκού αιθυλεστέρα παρουσιάστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_A6, με στατιστικώς σημαντική διαφορά από τα υπόλοιπα δείγματα. Αντιθέτως, η ελάχιστη τιμή του οκτανοϊκού αιθυλεστέρα εμφανίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_A1, το οποίο διαφέρει στατιστικά με τα Xin_A4 και Xin_A6. Ακόμη, στο Xin_A1 παρατηρείται η

υψηλότερη τιμή δεκανοϊκού αιθυλεστέρα, δίχως να διαφέρει στατιστικά από την πλειονότητα των δειγμάτων, παρά μόνο από τα αμπελοτεμάχια Xin_A2 και Xin_A4. Στα τελευταία, παρατηρήθηκε και η χαμηλότερη συγκέντρωση του δεκανοϊκού αιθυλεστέρα, ενώ παράλληλα βρέθηκε να διαφέρουν στατιστικά μόνο από το αμπελοτεμάχιο Xin_A1.



Διάγραμμα 20: Συγκέντρωση εξανοϊκού, οκτανοϊκού και δεκανοϊκού αιθυλεστέρα των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

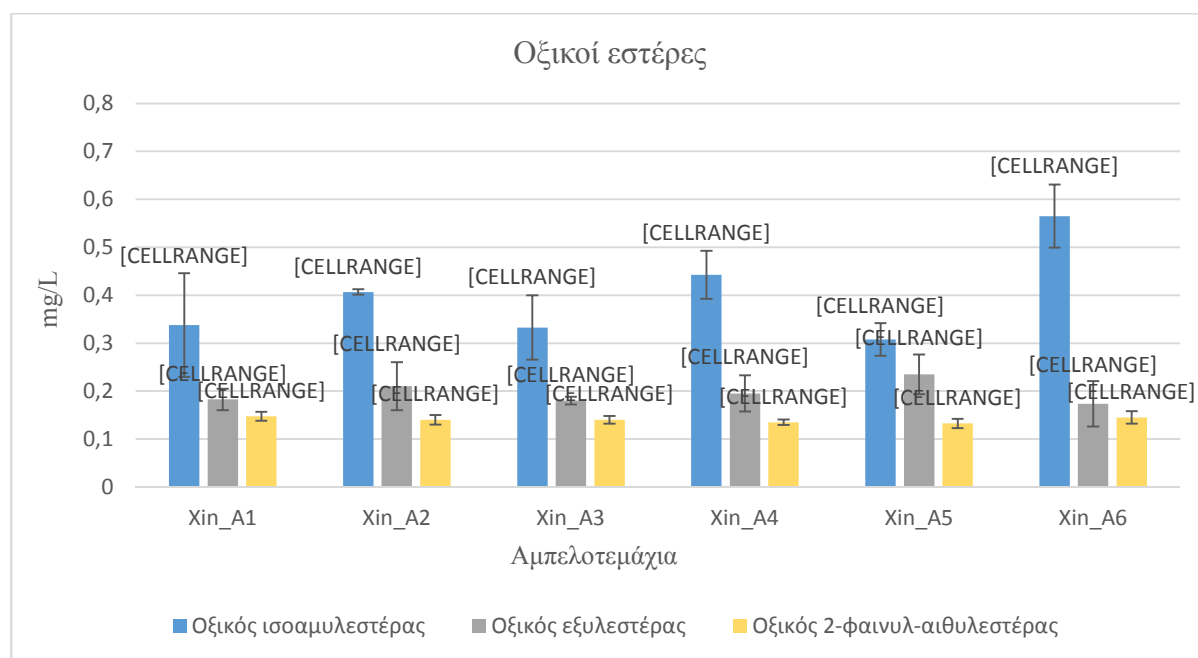
Η υψηλότερη συγκέντρωση εξανοϊκού αιθυλεστέρα στην περιοχή της Νάουσας ανιχνεύθηκε στον οίνο που παράχθηκε από το αμπελοτεμάχιο Xin_N4, ενώ παράλληλα διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα δείγματα. Αντίθετα, η ελάχιστη συγκέντρωση, εμφανίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_N1, το οποίο δεν διαφέρει στατιστικά από τα υπόλοιπα, εξαιρουμένου μόνο του Xin_N4. Όσον αφορά τον οκτανοϊκό αιθυλεστέρα, η μέγιστη τιμή παρατηρήθηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_N5 και η χαμηλότερη στο Xin_N2, ενώ μεταξύ των δειγμάτων δεν υπήρξε στατιστική διαφορά. Ακόμη, η συγκέντρωση του δεκανοϊκού αιθυλεστέρα ήταν υψηλότερη στο αμπελοτεμάχιο Xin_N3, ενώ διαφέρει στατιστικά από όλα τα υπόλοιπα, εκτός από το Xin_N4. Αντιθέτως, η χαμηλότερη τιμή ανιχνεύθηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_N1, το οποίο διέφερε στατιστικά μόνο από το Xin_N3.

Η συνεισφορά των αιθυλεστέρων των λιπαρών οξέων στον αρωματικό πλούτο ενός ερυθρού οίνου είναι άξια προσοχής. Συγκεκριμένα, οι 2-μεθυλο-βουτυρικός και 3-μεθυλο-βουτυρικός αιθυλεστέρες παρόλο που εμφάνισαν τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις αναλογικά με άλλους εστέρες, εντούτοις, χαρακτηρίζονται για το ιδιαίτερα χαμηλό κατώφλι αντίληψής τους (0,02 mg/L και 0,007 mg/L αντίστοιχα) (Niu Y., et al., 2020). Επομένως, παρατηρώντας τα διαγράμματα προκύπτει ότι εν τέλει οι συγκεντρώσεις των δύο αυτών αιθυλεστέρων είναι σημαντικά αυξημένες αναφορικά με το κατώφλι αντίληψής τους, γεγονός που επιτρέπει την έντονη συνεισφορά τους με αρώματα βατόμουρου, μήλου (2-μεθυλο-βουτυρικός αιθυλεστέρας) και κόκκινων φρούτων (3-μεθυλο-βουτυρικός αιθυλεστέρας) στο αρωματικό προφίλ των αναλυθέντων οίνων (De-la-Fuente-Blanco A., et al., 2019). Από την περιοχή του Αμυνταίου, ο μέσος όρος του 2-μεθυλο-βουτυρικού αιθυλεστέρα ξεπέρασε το κατώφλι αντίληψης, σημειώνοντας τιμή 0.025 mg/L, ενώ στην περιοχή της Νάουσας σημειώθηκε ελάχιστα υψηλότερη μέση τιμή των δειγμάτων στα 0.027 mg/L. Όσον αφορά τον 3-μεθυλο-βουτυρικό αιθυλεστέρα, η μέση τιμή στην Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου εμφανίστηκε σημαντικά υψηλότερη του κατωφλιού αντίληψης της ένωσης, με μέση τιμή τα 0.041 mg/L, τη στιγμή που στην Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας ο μέσος όρος των τιμών κινήθηκε ελαφρώς χαμηλότερα στα 0.036 mg/L.

Συνεχίζοντας, ο εξανοϊκός, οκτανοϊκός και δεκανοϊκός αιθυλεστέρας σε χαμηλές συγκεντρώσεις (0,04-0,1 mg/L) συνεισφέρουν με ευχάριστα φρουτώδη αρώματα, ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις (>0,2mg/L), η επίδρασή τους στον οίνο είναι αρνητική, καθώς θυμίζουν αρώματα σαπουνιού (Shinohara T., 1985). Ακόμη, σύμφωνα με τους de-la-Fuente-Blanco A., et al., 2019, χαρακτηρίζονται από χαμηλά κατώφλια αντίληψης ως εξής: εξανοϊκός αιθυλεστέρας 0.062 mg/L, οκτανοϊκός αιθυλεστέρας 0.58 mg/L και δεκανοϊκός αιθυλεστέρας 0.2 mg/L. Συγκεκριμένα, στην περιοχή του Αμυνταίου ο εξανοϊκός αιθυλεστέρας, σημείωσε κατά μέσο όρο συγκέντρωση 0.092 mg/L, ο οκτανοϊκός 0.18 mg/L και ο δεκανοϊκός αιθυλεστέρας 0.29 mg/L. Όσον αφορά την περιοχή της Νάουσας, ο εξανοϊκός αιθυλεστέρας σημείωσε κατά μέσο όρο συγκέντρωση 0.091 mg/L, τιμή παρόμοια με του Αμυνταίου. Στο ίδιο μήκος κύματος κινήθηκε και ο οκτανοϊκός αιθυλεστέρας με μέση τιμή τα 0.19 mg/L, ενώ ο δεκανοϊκός αιθυλεστέρας εμφάνισε κατά μέσο όρο τιμή χαμηλότερη από του Αμυνταίου με 0.24 mg/L. Γενικά, παρατηρήθηκαν χαμηλές συγκεντρώσεις εντός

επιθυμητών ορίων του εξανοϊκού αιθυλεστέρα, ενώ ξεπέρασε κατά πολύ το κατώφλι αντίληψής του και στις δύο Π.Ο.Π. ζώνες, γεγονός που μπορεί να προσδώσει φρουτώδη αρώματα στους αναλυθέντες οίνους. Ο οκτανοϊκός αιθυλεστέρας σημείωσε συγκέντρωση μη ικανή να ξεπεράσει το κατώφλι αντίληψης των 0.58 mg/L, ενώ ο δεκανοϊκός αιθυλεστέρας, παρουσίασε συγκέντρωση που ξεπέρασε την τιμή των 0.2 mg/L, τιμή που πάνω από αυτήν η επίδρασή του στον οίνο είναι αρνητική. Όμως, λόγω της ελάχιστα υψηλότερης συγκέντρωσής του από το κατώφλι αντίληψης, ίσως δεν επηρεάσει αρνητικά το οργανοληπτικό προφίλ των οίνων (Shinohara T., 1985).

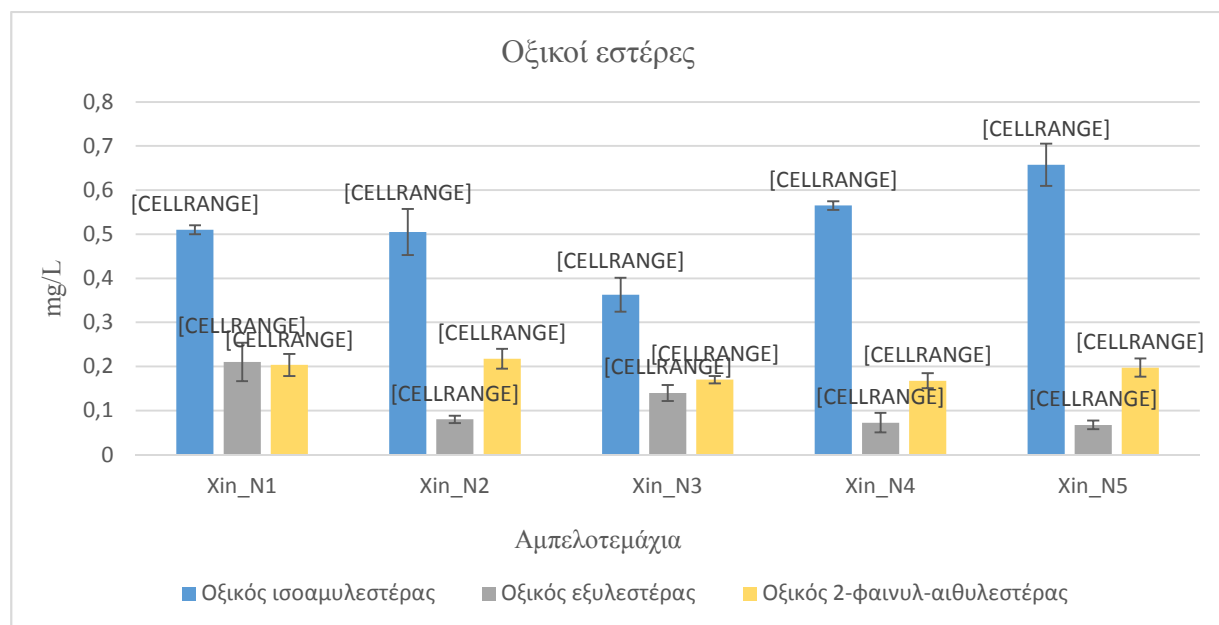
3.4.1.2 Οξικοί εστέρες



Διάγραμμα 21: Συγκέντρωση οξικού ισοαμυλεστέρα, οξικού εξυλεστέρα και οξικού 2-φαινυλ-αιθυλεστέρα, των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Η μέγιστη συγκέντρωση του οξικού ισοαμυλεστέρα παρουσιάστηκε στον οίνο από το αμπελοτεμάχιο Xin_A6, ακολουθούμενη από το Xin_A4 και Xin_A2, ενώ αυτά τα τρία αμπελοτεμάχια δεν διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικά. Από την άλλη, η χαμηλότερη τιμή εμφανίστηκε στο Xin_A5, το οποίο διαφέρει στατιστικά μόνο με το αμπελοτεμάχιο Xin_A6. Συνεχίζοντας, η μεγαλύτερη συγκέντρωση του οξικού

εξυλεστέρα, παρουσιάστηκε στο Xin_A5, ενώ δεν υπήρξε στατιστική διαφορά με κανένα από τα υπόλοιπα δείγματα. Αντιθέτως, την ελάχιστη τιμή την εμφάνισε το Xin_A6, όπου ούτε αυτό διαφέρει στατιστικά από τα υπόλοιπα αμπελοτεμάχια. Ακόμη, όσον αφορά τον οξικό 2-φαινυλ-αιθυλεστέρα, η υψηλότερη τιμή εμφανίστηκε στο Xin_A1 και η μικρότερη στο Xin_A5 ενώ καμία στατιστική διαφορά δεν υπήρξε μεταξύ των δειγμάτων.



Διάγραμμα 22: Συγκέντρωση οξικού ισοαμυλεστέρα, οξικού εξυλεστέρα και οξικού 2-φαινυλ-αιθυλεστέρα, των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

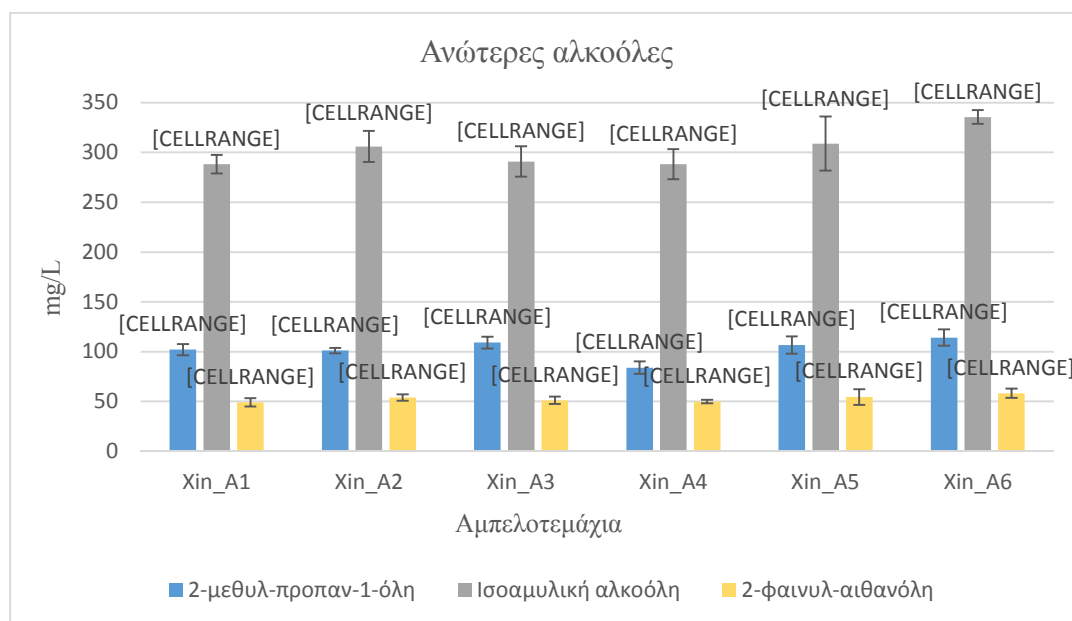
Η μέγιστη συγκέντρωση οξικού ισοαμυλεστέρα στην περιοχή της Νάουσας, εντοπίστηκε στον οίνο που προήλθε από το αμπελοτεμάχιο Xin_N5, το οποίο διαφέρει στατιστικά από όλα τα υπόλοιπα δείγματα. Από την άλλη, η χαμηλότερη τιμή παρουσιάστηκε στο Xin_N3, στο οποίο αντίστοιχα παρατηρείται στατιστική διαφορά σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα αμπελοτεμάχια. Εν συνεχεία, ο οξικός εξυλεστέρας εμφάνισε την υψηλότερή του τιμή στο αμπελοτεμάχιο Xin_N1, διαφέροντας στατιστικά από όλα τα υπόλοιπα, ενώ η ελάχιστη τιμή αυτού του εστέρα παρουσιάστηκε στο δείγμα Xin_N5, το οποίο δεν διαφέρει στατιστικά από το Xin_N2 και Xin_N4, παρά μόνο από το Xin_N1 και Xin_N3. Ακόμη, μέγιστη τιμή του οξικού 2 φαινυλ-αιθυλεστέρα παρατηρήθηκε στο δείγμα Xin_N2, το οποίο όμως δεν διαφέρει στατιστικά από τα Xin_N1 και Xin_N5, ενώ ελάχιστη τιμή παρατηρήθηκε

στο δείγμα Xin_N4, το οποίο με τη σειρά του βρέθηκε να μην διαφέρει στατιστικά με κανένα αμπελοτεμάχιο, εξαιρουμένου του Xin_N2.

Οι οξικοί εστέρες δύναται να συνεισφέρουν με ιδιαίτερα ευχάριστα φρουτώδη αρώματα στους νεαρούς ευθρούς οίνους. Συγκεκριμένα, ο οξικός 2-φαινυλ-αιθυλεστέρας, προσδίδει αρώματα τριαντάφυλλου, μελιού και βατόμουρων στους οίνους, ο οξικός εξυλεστέρας αρώματα μήλου και κερασιού, ενώ ο οξικός ισοαμυλεστέρας κυρίως άρωμα μπανάνας, αλλά και κόκκινων φρούτων (Lasik-Kurdyś M., et al., 2018). Συγκεκριμένα, στην περιοχή του Αμυνταίου, η μέση τιμή της συγκέντρωσης του οξικού ισοαμυλεστέρα υπολογίστηκε σε 0.40 mg/L, του οξικού εξυλεστέρα σε 0.20 mg/L και του οξικού 2-φαινυλ-αιθυλεστέρα σε 0.14 mg/L. Στην περιοχή της Νάουσας, σημειώθηκε υψηλότερη μέση τιμή οξικού ισοαμυλεστέρα σε σχέση με το Αμύνταιο κατά 30% με συγκέντρωση 0.52 mg/L, ενώ ο οξικός εξυλεστέρας εμφάνισε τιμή αισθητά χαμηλότερη από την αντίστοιχη του Αμυνταίου με συγκέντρωση 0.11 mg/L. Επιπρόσθετα, ο οξικός 2-φαινυλ-αιθυλεστέρας, σημείωσε κατά μέσο όρο συγκέντρωση της τάξεως των 0.19 mg/L. Γενικά, παρατηρήθηκε στο σύνολο των δειγμάτων ότι από τους οξικούς εστέρες που αναλύθηκαν, μόνον η συγκέντρωση του οξικού ισοαμυλεστέρα ήταν ικανή να ξεπεράσει το κατώφλι αντίληψης (0,03 mg/L), ενώ οι υπόλοιποι οξικοί εστέρες δεν παρουσίασαν ανάλογη τάση. Σύμφωνα με τους Swiegers J. & Pretorius I., 2007, ο οξικός 2-φαινυλ-αιθυλεστέρας έχει κατώφλι αντίληψης τα 0,25 mg/L, ενώ ο οξικός εξυλεστέρας 0,7 mg/L. Τέλος, σύμφωνα με τα παραπάνω, προκύπτει ότι η συγκέντρωση του οξικού ισοαμυλεστέρα, καθότι ξεπέρασε κατά πολύ το κατώφλι αντίληψης αυτής της ένωσης, δύναται να συνειφέρει αρκετά έντονα στο αρωματικό προφίλ των οίνων που προήλθαν και από τις δύο περιοχές. Αντιθέτως, όσον αφορά τον οξικό εξυλεστέρα και τον οξικό 2-φαινυλ-αιθυλεστέρα, κανένα δείγμα από τις δύο Π.Ο.Π. ζώνες, δεν εμφάνισε συγκέντρωση ικανή να ξεπεράσει το κατώφλι αντίληψης των δύο αυτών ενώσεων, γεγονός που θα μπορούσε να δικαιολογήσει την πιθανή μη συμμετοχή των ενώσεων αυτών στο αρωματικό προφίλ των αναλυθέντων οίνων.

3.4.2 Ανώτερες αλκοόλες

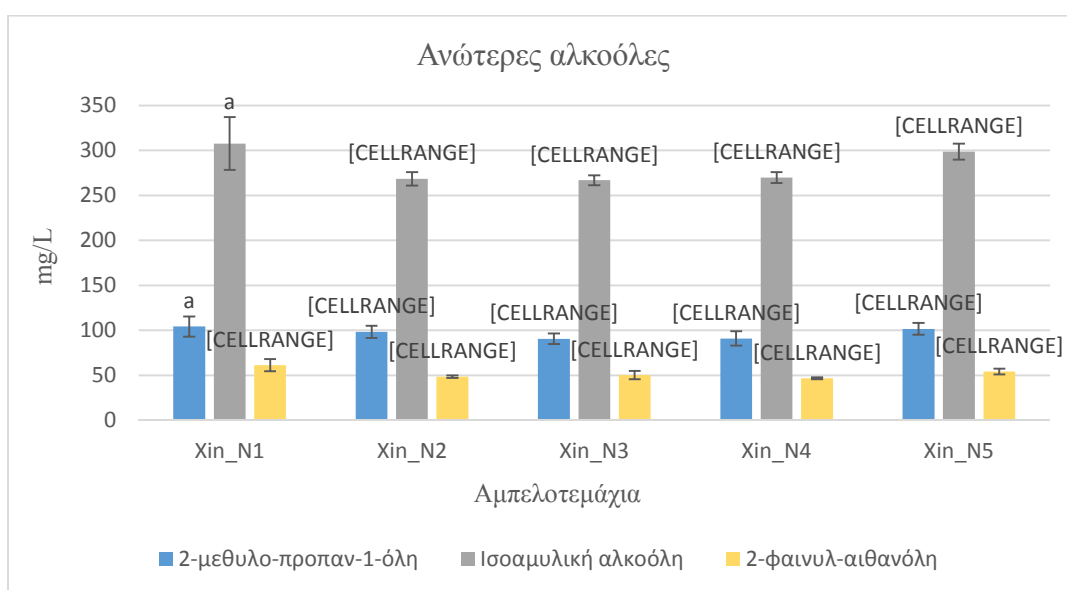
Η υψηλότερη συγκέντρωση της 2-μεθυλ-προπαν-1-όλης (διάγραμμα 23) εντοπίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_A6, το οποίο βρέθηκε να μην διαφέρει στατιστικά από όλα σχεδόν τα δείγματα, εκτός από το Xin_A4. Το τελευταίο, εμφάνισε και την χαμηλότερη τιμή αυτής της ένωσης διαφέροντας στατιστικά από όλα τα υπόλοιπα δείγματα, εξαιρουμένου του Xin_A2. Εν συνεχεία, όσον αφορά την ισοαμυλική αλκοόλη, όπως και με την 2-μεθυλ-προπαν-1-όλη, η μέγιστη τιμή εντοπίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_A6, το οποίο δεν διέφερε στατιστικά από το Xin_A2 και Xin_A5. Από την άλλη πλευρά, η ελάχιστη τιμή της ισοαμυλικής αλκοόλης, παρατηρήθηκε στα δείγματα Xin_A1 και Xin_A4, τα οποία δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους και με τα περισσότερα αμπελοτεμάχια, εκτός από το Xin_A6. Ακόμη, η μεγαλύτερη τιμή της 2-φαινυλ-αιθανόλης εντοπίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_A6 και η χαμηλότερη στο Xin_A1, ενώ παράλληλα, δεν βρέθηκε στατιστική διαφορά μεταξύ των αμπελοτεμαχίων.



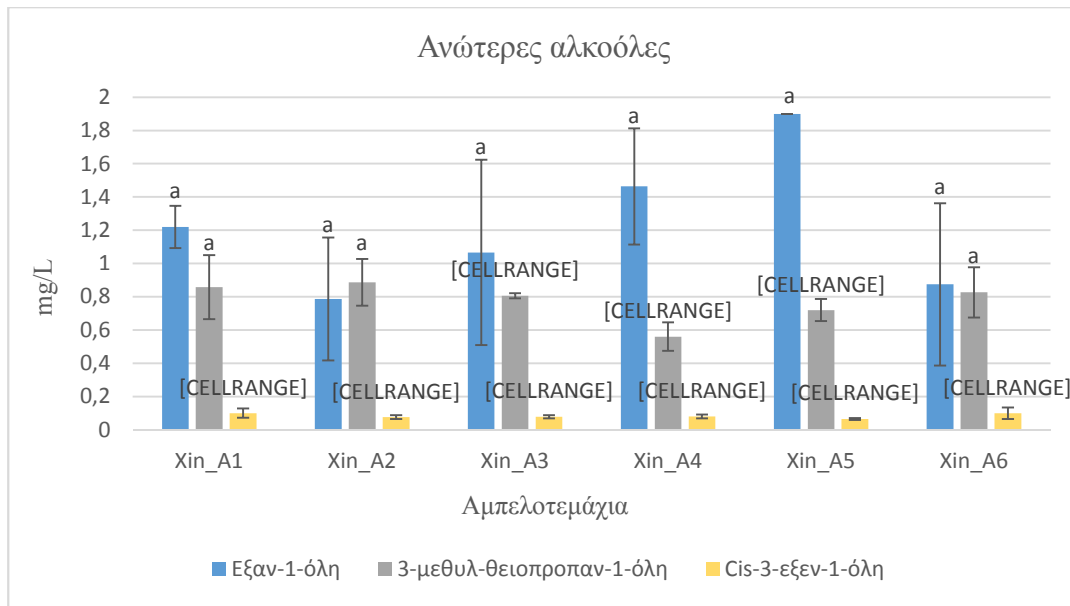
Διάγραμμα 23: Συγκέντρωση 2-μεθυλ-προπαν-1-όλης, ισοαμυλικής αλκοόλης και 2-φαινυλ-αιθανόλης των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Η μέγιστη τιμή της 2-μεθυλο-προπαν-1-όλης εμφανίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_N1 και η ελάχιστη στο Xin_N3 και Xin_N4 (διάγραμμα 24), ενώ βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων. Επιπρόσθετα, η υψηλότερη

συγκέντρωση της ισοαμυλικής αλκοόλης εντοπίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_N1, το οποίο βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά από τα δείγματα Xin_N2 και Xin_N3. Στο τελευταίο, παρουσιάστηκε και η ελάχιστη τιμή αυτής της αλκοόλης, ενώ παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά μόνο με το δείγμα Xin_N1. Ακόμη, η μεγαλύτερη συγκέντρωση της 2-φαινυλ-αιθανόλης παρατηρήθηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_N1, το οποίο δεν διαφέρει στατιστικά μόνο με το Xin_N5 που παρουσίασε και τη δεύτερη μεγαλύτερη τιμή μεταξύ των δειγμάτων. Αντιθέτως, η χαμηλότερη τιμή της ένωσης 2-φαινυλ-αιθυλεστέρας, ανιχνεύθηκε στο δείγμα Xin_N4, το οποίο διαφέρει στατιστικά μόνο με το Xin_N1.

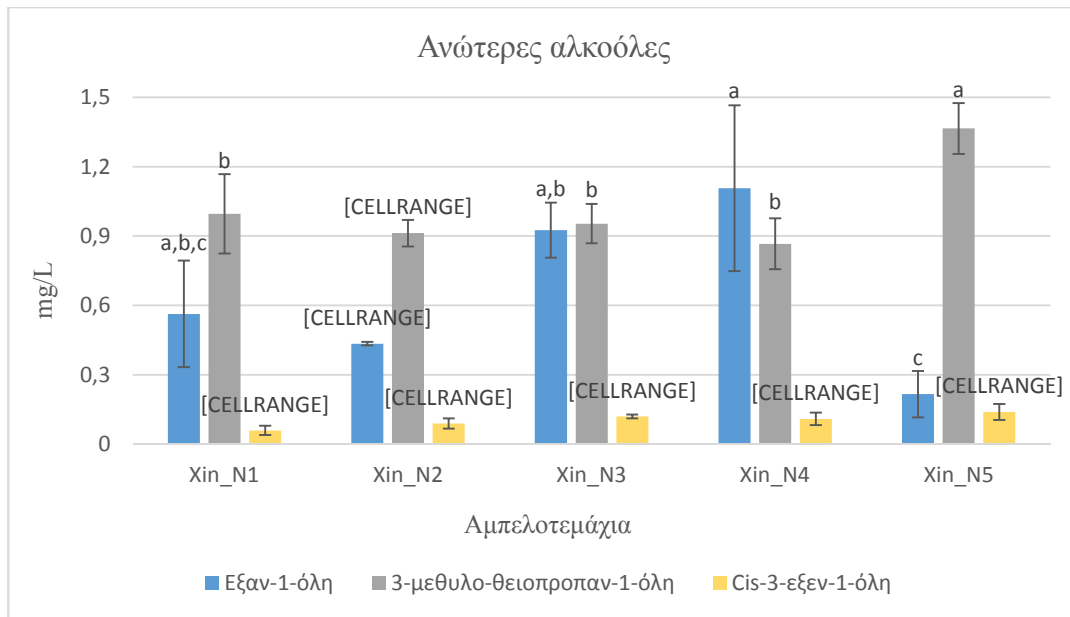


Διάγραμμα 24: Συγκέντρωση 2-μεθυλο-προπαν-1-όλης, ισοαμυλικής αλκοόλης και 2-φαινυλ-αιθανόλης των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσα. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).



Διάγραμμα 25: Συγκέντρωση εξαν-1-όλης, 3-μεθυλο-θειοπροπαν-1-όλης και cis-3-εξεν-1-όλης των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση της εξαν-1-όλης στην περιοχή του Αμυνταίου διαπιστώθηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_A5, δίχως να παρατηρείται στατιστική διαφορά με κανένα από τα υπόλοιπα δείγματα. Αντιθέτως, η ελάχιστη τιμή αυτής της ένωσης εντοπίστηκε στον οίνο που προήλθε από το αμπελοτεμάχιο Xin_A2, ενώ ούτε εδώ υπήρξε στατιστική διαφορά με τα υπολοιπα δείγματα που αναλύθηκαν. Ακόμη, η ένωση 3-μεθυλο-θειοπροπαν-1-όλη, εμφάνισε τη μέγιστη συγκέντρωσή της στο αμπελοτεμάχιο Xin_A2, ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστική διαφορά μεταξύ των προς ανάλυση δειγμάτων. Παρομοίως, δεν υπήρξε στατιστική διαφορά, μεταξύ της ελάχιστης τιμής της 3-μεθυλο-θειοπροπαν-1-όλης στο αμπελοτεμάχιο Xin_A4, με τα υπόλοιπα δείγματα. Εν συνεχεία, η μέγιστη συγκέντρωση της cis-3-εξεν-1-όλης παρατηρήθηκε στα αμπελοτεμάχια Xin_A1 και Xin_A6, ενώ η ελάχιστη, στο Xin_A5. Εντούτοις, δεν υπήρξε καμία στατιστική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων.



Διάγραμμα 26: Συγκέντρωση εξαν-1-όλης, 3-μεθυλο-θειοπροπαν-1-όλης και cis-3-εξεν-1-όλης των παραθθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση της εξαν-1-όλης στην περιοχή της Νάουσας παρατηρήθηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_N4, το οποίο βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά μόνο με το Xin_N2 και Xin_N5. Το τελευταίο, εμφάνισε τη χαμηλότερη τιμή μεταξύ των δειγμάτων, η οποία ήταν 5 φορές μικρότερη από την μέγιστη συγκέντρωση που ανιχνεύθηκε στο Xin_N4. Όσον αφορά την ένωση 3-μεθυλο-θειοπροπαν-1-όλη, υψηλότερη τιμή σημειώθηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_N5, το οποίο βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά από όλα τα υπόλοιπα, ενώ η χαμηλότερη εντοπίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_N4, που διαφέρει στατιστικά μόνο με το Xin_N5. Στο τελευταίο, εντοπίστηκε και η υψηλότερη τιμή της ένωσης cis-3-εξεν-1-όλη, ενώ βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά μόνο με το Xin_N1, στο οποίο ανιχνεύθηκε και η χαμηλότερη συγκέντρωση αυτής της ανώτερης αλκοόλης.

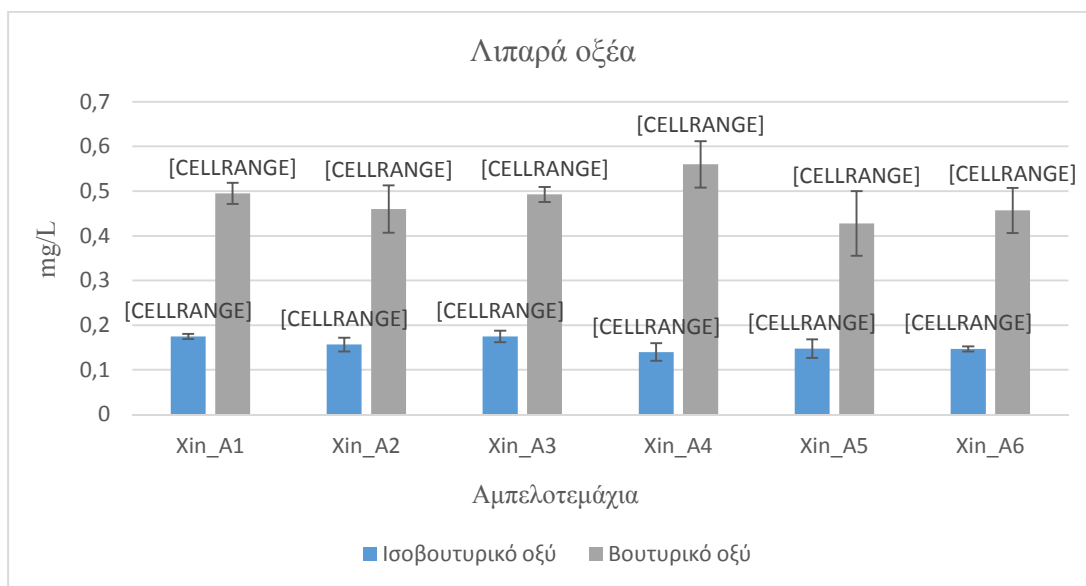
Γενικά, σε συνολικές συγκεντρώσεις κάτω από 300 mg/L, οι ανώτερες αλκοόλες δύναται να συμβάλουν θετικά στο αρωματικό προφίλ των οίνων, αυξάνοντας τις φρουτώδεις και ανθικές νότες, αλλά και την πολυπλοκότητα του αρώματος, ενώ σε επίπεδα πάνω από 400 mg/L έχουν αρνητική επίδραση με την εμφάνιση πικάντικων και ανεπιθύμητων οσμών (Etievant P., 1991). Αναλυτικότερα, το κατώφλι αντίληψης των ανώτερων αλκοολών που ανιχνεύθηκαν διακρίνεται ως εξής: 3-μεθυλο-θειοπροπαν-1-όλη (1mg/L), 2-μεθυλο-προπαν-1-όλη (40mg/L) (Carrau F., et al.,

2008), ισοαμλική αλκοόλη (30mg/L), 2-φαινυλ-αιθανόλη (14mg/L), 1-εξανόλη (8mg/L), cis-3-εξεν-1-όλη (0,4mg/L) (Ferreira V., et al., 2000). Η μέση τιμή της 2-μεθυλο-προπαν-1-όλης στην περιοχή του Αμυνταίου υπολογίστηκε σε 102.9 mg/L, της ισοαμλικής αλκοόλης σε 303 mg/L, ενώ της 2-φαινυλ-αιθανόλης σε 52.9 mg/L. Στην περιοχή της Νάουσας οι αντίστοιχες τιμές κυμάνθηκαν σε ελαφρώς χαμηλότερα επίπεδα με μέση τιμή της 2-μεθυλο-προπαν-1-όλης τα 97.1 mg/L, της ισοαμλικής αλκοόλης τα 282.3 mg/L και της 2-φαινυλ-αιθανόλης τα 52.2 mg/L. Αξίζει να αναφερθεί ότι και στις δύο Π.Ο.Π. ζώνες οι τιμές των τριών προαναφερθέντων ανώτερων αλκοολών ξεπέρασαν κατά πολύ το κατώφλι αντίληψής τους, όπως αναφέρεται στους Ferreira V., et al., 2000, επιτρέποντας έτσι την έντονη συνεισφορά αυτών στο τελικό άρωμα των αναλυθέντων οίνων.

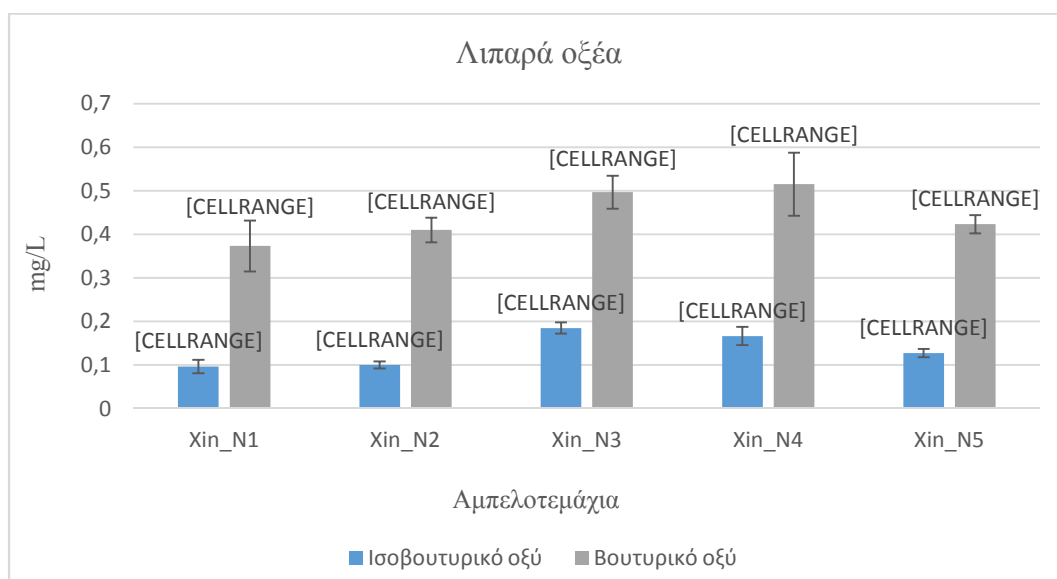
Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις της 1-εξανόλης, της 3-μεθυλο-θειοπροπαν-1-όλης και της cis-3-εξεν-1-όλης στην περιοχή του Αμυνταίου, δεν ξεπέρασαν το κατώφλι αντίληψής τους, όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω, σύμφωνα με τους Ferreira V., et al., 2000, καθώς ο μέσος όρος αυτών κινήθηκε σε χαμηλότερα επίπεδα ως εξής: μέσος όρος συγκέντρωσης 1-εξανόλης 1.22 mg/L, 3-μεθυλο-θειοπροπαν-1-όλης 0.78 mg/L και cis-3-εξεν-1-όλης 0.083 mg/L. Αντίστοιχα, στην περιοχή της Νάουσας, ο μέσος όρος των συγκεντρώσεων της 1-εξανόλης ήταν χαμηλότερος από του Αμυνταίου με 0.65 mg/L, της 3-μεθυλο-θειοπροπαν-1-όλης ελαφρώς μεγαλύτερος με 1.02 mg/L και της cis-3-εξεν-1-όλης επίσης, υψηλότερος από του Αμυνταίου με 0.104 mg/L. Παρόλα αυτά, αξίζει να αναφερθεί ότι στην Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας, όπως και στου Αμυνταίου οι συγκεντρώσεις των ανώτερων αλκοολών 1-εξανόλη και cis-3-εξεν-1-όλη, δεν ξεπέρασαν σε καμία περιοχή και σε κανένα δείγμα το κατώφλι αντίληψής τους, ενώ η συγκέντρωση της 3-μεθυλο-θειοπροπαν-1-όλη, μόνο στην περιοχή της Νάουσας ξεπέρασε ελαφρώς το κατώφλι αντίληψής της.

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση του ισοβουτυρικού οξέος στην Π.Ο.Π ζώνη Αμυνταίου, εντοπίστηκε στους οίνους από τα αμπελοτεμάχια Xin_A1 και Xin_A3, ενώ η χαμηλότερη τιμή εντοπίστηκε στο δείγμα Xin_A4. Επίσης, προέκυψε ότι δεν υπήρξε στατιστική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων που αναλύθηκαν. Όσον αφορά το βουτυρικό οξύ, την υψηλότερη συγκέντρωση την εμφάνισε το αμπελοτεμάχιο Xin_A4, ενώ τη χαμηλότερη το Xin_A5. Από το σύνολο των δειγμάτων, βρέθηκε ότι μόνο αυτά τα δύο αμπελοτεμάχια διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.

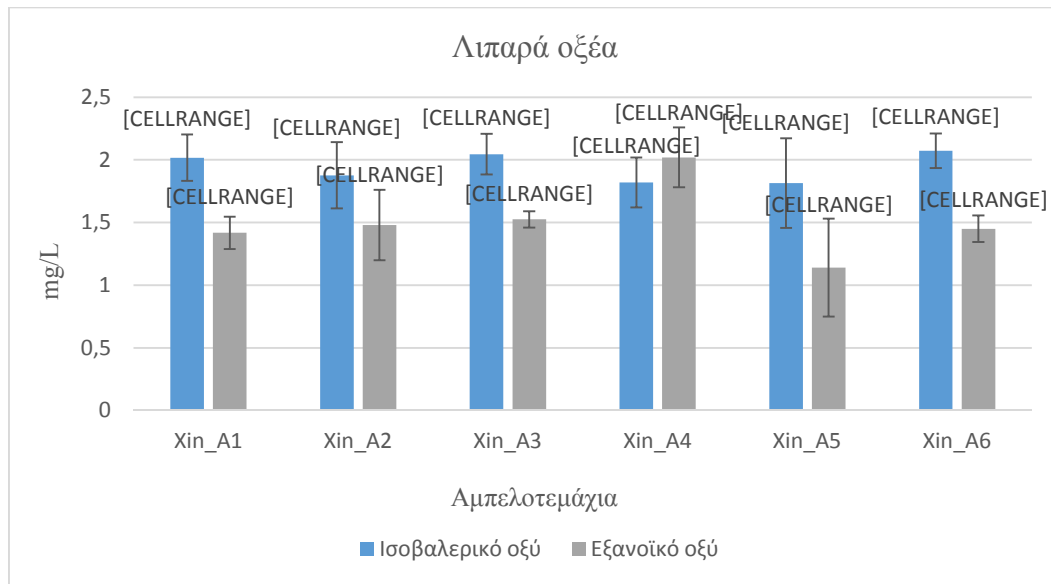
3.4.3 Λιπαρά οξέα



Διάγραμμα 27: Συγκέντρωση ισοβουτυρικού και βουτυρικού οξέος των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμνontαίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).



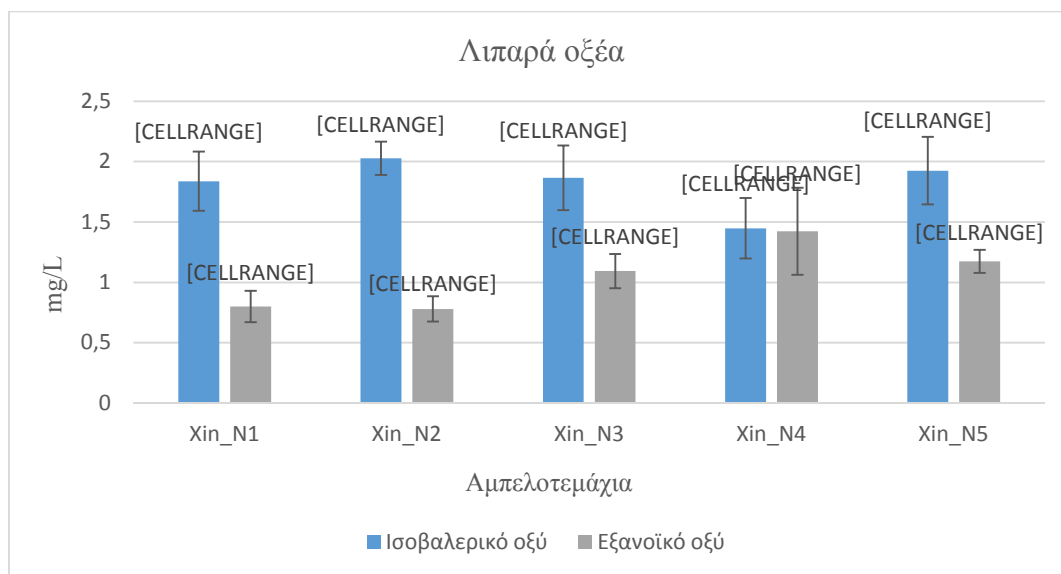
Διάγραμμα 28: Συγκέντρωση ισοβουτυρικού και βουτυρικού οξέος των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).



Διάγραμμα 29: Συγκέντρωση ισοβαλερικού και εξανοϊκού οξέος των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Στην Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας, η υψηλότερη συγκέντρωση ισοβουτυρικού οξέος εντοπίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_N3, το οποίο βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά από τα αμπελοτεμάχια Xin_N5, Xin_N2 και Xin_N1 (διάγραμμα 28). Στο τελευταίο, παρατηρήθηκε και η χαμηλότερη συγκέντρωση του οξέος, ενώ υπήρξε μόνο στατιστική διαφορά αυτού με τα αμπελοτεμάχια Xin_N3 και Xin_N4. Συνεχίζοντας, όσον αφορά το βουτυρικό οξύ, υψηλότερη τιμή εντοπίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_N4, το οποίο παρουσίασε στατιστική διαφορά μόνο με το Xin_N1, ενώ στο τελευταίο σημειώθηκε η χαμηλότερη συγκέντρωση του βουτυρικού οξέος μεταξύ των δειγμάτων. Το Xin_N1 εμφάνισε στατιστική διαφορά μόνο με το Xin_N4.

Στην περιοχή του Αμυνταίου (διάγραμμα 29), η μέγιστη συγκέντρωση ισοβαλερικού οξέος εντοπίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_A6, ενώ η ελάχιστη σημειώθηκε στο Xin_A5, δίχως να προκύπτει στατιστική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων που αναλύθηκαν. Ακόμη, όσον αφορά το εξανοϊκό οξύ, όπως και στο ισοβαλερικό οξύ, η ελάχιστη συγκέντρωση, σημειώθηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_A5, ενώ προέκυψε στατιστικώς σημαντική διαφορά με το Xin_A4, στο οποίο εντοπίστηκε η υψηλότερη τιμή του εξανοϊκού οξέος.



Διάγραμμα 30: Συγκέντρωση ισοβαλερικού και εξανοϊκού οξέος των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Η μεγαλύτερη συγκέντρωση του ισοβαλερικού οξέος στην περιοχή της Νάουσας, σημειώθηκε στον οίνο που προήλθε από το αμπελοτεμάχιο Xin_N2, το οποίο βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά μόνον από το δείγμα Xin_N4, όπου σημειώθηκε και η χαμηλότερη τιμή του συγκεκριμένου λιπαρού οξέος. Από την πλευρά του, το Xin_N4 διέφερε στατιστικά μόνο από το Xin_N2. Συνεχίζοντας, όσον αφορά το εξανοϊκό οξύ, η μεγαλύτερη συγκέντρωση παρατηρήθηκε στο δείγμα Xin_N4, το οποίο βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά από τα αμπελοτεμάχια Xin_N1 και Xin_N2. Στο τελευταίο, σημειώθηκε και η χαμηλότερη τιμή του λιπαρού οξέος, ενώ στατιστικά σημαντική διαφορά υπήρξε μεταξύ αυτού και του οίνου από το αμπελοτεμάχιο Xin_N4.

Τα λιπαρά οξέα μέτριας αλυσίδας (<C12) χαρακτηρίζονται για την τοξική επίδραση που έχουν στο κύτταρο της ζύμης, ενώ είναι πολλές φορές τα κύρια υπεύθυνα για την ανεπιθύμητη διακοπή της αλκοολικής ζύμωσης. Τα μακριάς αλυσίδας (>C12) λιπαρά οξέα σχετίζονται με την οικογένεια των στερολών, ενώσεις που δρουν ως ενεργοποιητές ζύμωσης, κυρίως υπό αναερόβιες συνθήκες. Οι παράγοντες που μπορούν να καθορίσουν την παραγωγή των λιπαρών οξέων, μεταξύ άλλων, είναι η παρουσία του οξυγόνου, η θερμοκρασία της ζύμωσης και το στέλεχος του ζυμομύκητα (Restrepo S., et al., 2019).

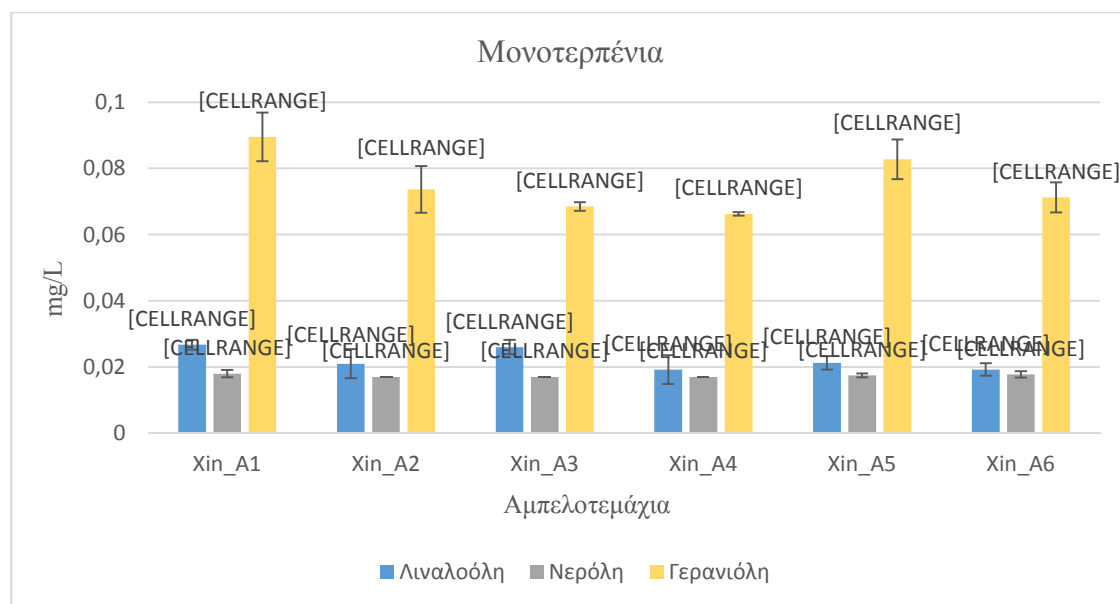
Σύμφωνα με τους Ferreira V., et al., 2000, το κατώφλι αντίληψης των εκάστοτε λιπαρών οξέων διαμορφώθηκε ως εξής: ισοβουτυρικό οξύ (2.3 mg/L), βουτυρικό οξύ (0.173 mg/L), ισοβαλερικό οξύ (0.033 mg/L) και εξανοϊκό οξύ (0.42 mg/L). Όσον αφορά την περιοχή του Αμυνταίου, η μέση τιμή της συγκέντρωσης του ισοβουτυρικού οξέος βρέθηκε να είναι 0.157 mg/L, τιμή περισσότερο από 10 φορές χαμηλότερη από το κατώφλι αντίληψης της συγκεκριμένης ένωσης, ενώ ο μέσος όρος της συγκέντρωσης του βουτυρικού οξέος σημείωσε τιμή 0.48 mg/L, ξεπερνώντας το κατώφλι αντίληψης της ένωσης. Στην περιοχή της Νάουσας, οι μέσες τιμές και των δύο λιπαρών οξέων εμφανίστηκαν χαμηλότερες από τις αντίστοιχες που ανιχνεύθηκαν στο Αμύνταιο ως εξής: ισοβουτυρικό οξύ και βουτυρικό οξύ με μέση συγκέντρωση 0.135 mg/L και 0.44mg/L αντίστοιχα. Προκύπτει λοιπόν, ότι οι συγκέντρωση του ισοβουτυρικού οξέος που ανιχνεύθηκε, δεν ήταν ικανή να υπερβεί το κατώφλι αντίληψης και να συμμετάσχει στο άρωμα των οίνων, σε αντίθεση με το βουτυρικό οξύ, το οποίο σημείωσε μέση τιμή και στις δύο Π.Ο.Π. ζώνες, ικανή να συνεισφέρει στο αρωματικό προφίλ, καθώς κινήθηκε αρκετά υψηλότερα του κατωφλιού αντίληψής του.

Συνεχίζοντας, η μέση τιμή του ισοβαλερικού (1.94 mg/L) και εξανοϊκού οξέος (1.50mg/L) στην Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου κινήθηκε σε επίπεδα υψηλότερα από το κατώφλι αντίληψης των δύο αυτών λιπαρών οξέων. Αντίστοιχη πορεία ακολούθησαν οι μέσες συγκεντρώσεις των οξέων αυτών και στην Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας, όμως με τιμές χαμηλότερες από αυτές του Αμυνταίου ως εξής: ισοβαλερικό οξύ (1.82 mg/L) και εξανοϊκό οξύ (1.05 mg/L).

Γενικά, οι συγκεντρώσεις όλων των λιπαρών οξέων που εξετάστηκαν, σημείωσαν υψηλότερες τιμές στην περιοχή του Αμύνταιου, συγκριτικά με της Νάουσας. Παρόλα αυτά, λόγω του ότι τα οξέα αυτά χαρακτηρίζονται από χαμηλό κατώφλι αντίληψης, δύναται ακόμα και με χαμηλές συγκεντρώσεις να συνεισφέρουν έντονα στο αρωματικό προφίλ των οίνων και στις δύο Π.Ο.Π. ζώνες. Τέλος, η συμμετοχή των λιπαρών οξέων στο άρωμα των οίνων γίνεται με αρώματα βουτύρου και γενικότερα γαλακτοκομικών, γεγονός που αφενός μπορεί να προσδώσει πολυπλοκότητα και αφετέρου, σε υψηλές συγκεντρώσεις να επηρεάσει αρνητικά το οργανοληπτικό προφίλ των οίνων (Furdíková K., et al., 2017).

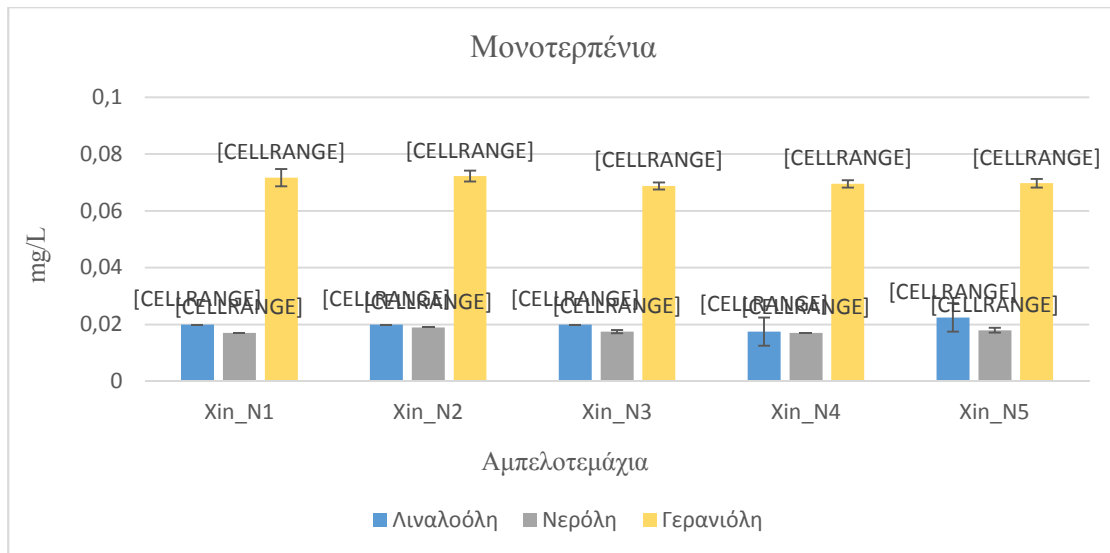
3.4.4 Μονοτερπένια και C13-νορισοπρενοειδή

3.4.4.1 Μονοτερπένια



Διάγραμμα 31: Συγκέντρωση λιναλοόλης, νερόλης και γερανιόλης των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Η μέγιστη συγκέντρωση της λιναλοόλης στα δείγματα που προήλθαν από την Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου, εμφανίστηκε στο αμπελοτεμάχιο Xin_A1, ενώ βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά μόνο από τα δείγματα Xin_A4 και Xin_A6. Σε αυτά, εντοπίστηκε και η ελάχιστη τιμή αυτής της ένωσης, ενώ προέκυψε στατιστικώς σημαντική διαφορά με τα αμπελοτεμάχια Xin_A1 και Xin_A3. Όσον αφορά την επόμενη μονοτερπενική ένωση, τη νερόλη, η μέγιστη συγκέντρωση αυτής, σημειώθηκε στον οίνο από το αμπελοτεμάχιο Xin_A1, ενώ η χαμηλότερη στα δείγματα Xin_A2, Xin_A3 και Xin_A4. Αξίζει να αναφερθεί πως μεταξύ του συνόλου των οίνων δεν υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Τέλος, η γερανιόλη, εμφάνισε μέγιστη τιμή στον οίνο που προήλθε από το αμπελοτεμάχιο Xin_A1, ενώ διέφερε στατιστικά από το σύνολο των δειγμάτων εξαιρουμένου του Xin_A5. Αντιθέτως, η χαμηλότερη συγκέντρωση της γερανιόλης, παρατηρήθηκε στο δείγμα Xin_A4, το οποίο όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα, διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από τα αμπελοτεμάχια Xin_A1 και Xin_A5. Αξίζει να αναφερθεί, ότι οι μονοτερπενικές ενώσεις που αναλύθηκαν, σημείωσαν τις μέγιστες συγκεντρώσεις τους στο ίδιο αμπελοτεμάχιο (Xin_A1).



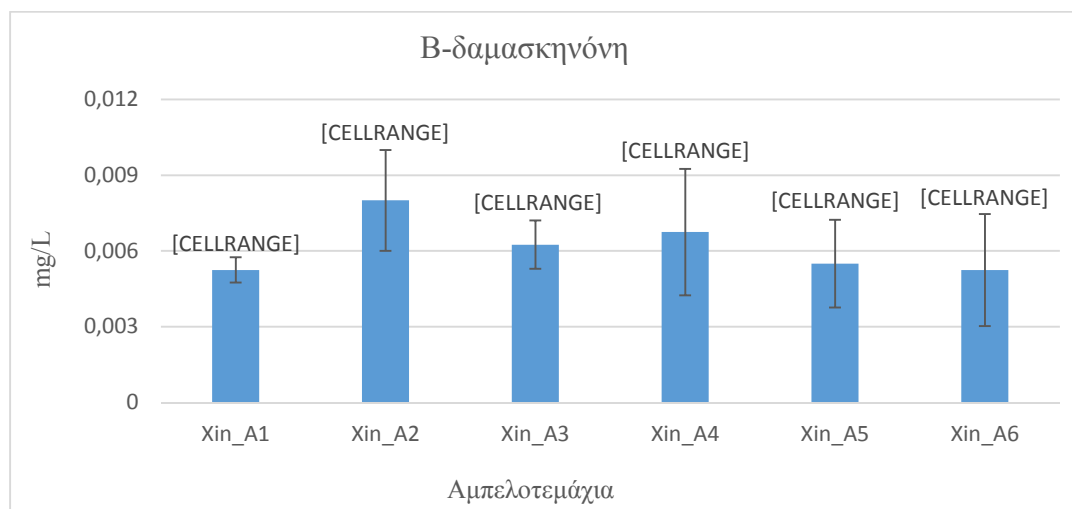
Διάγραμμα 32: Συγκέντρωση λιναλοόλης, νερόλης και γερανιόλης των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Στην Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας, η μέγιστη συγκέντρωση της λιναλοόλης, παρατηρήθηκε στον οίνο που παράχθηκε από το αμπελοτεμάχιο Xin_N5, ενώ δεν προέκυψε στατιστική διαφορά μεταξύ των υπόλοιπων αμπελοτεμαχίων. Από την άλλη πλευρά, η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στο δείγμα Xin_N4, όπου ούτε σε αυτό προέκυψε στατιστική διαφορά με άλλο αμπελοτεμάχιο. Συνεχίζοντας στη μονοτερπενική ένωση νερόλη, η υψηλότερη συγκέντρωση που εντοπίστηκε ήταν στον οίνο από το αμπελοτεμάχιο Xin_N2, το οποίο βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά με τα δείγματα Xin_N1, Xin_N3 και Xin_N4. Αντιθέτως, η ελάχιστη τιμή αυτής της ένωση εμφανίστηκε στα αμπελοτεμάχια Xin_N1 και Xin_N4, τα οποία διαφέρουν στατιστικά με το δείγμα Xin_N2. Τέλος, όσον αφορά την γερανιόλη, η υψηλότερη συγκέντρωσή της παρατηρήθηκε στον οίνο από το αμπελοτεμάχιο Xin_N2, το οποίο όμως δεν διαφέρει στατιστικά από κανένα άλλο δείγμα, ενώ το ίδιο παρατηρήθηκε και στο Xin_N3, στο οποίο εντοπίστηκε η χαμηλότερη τιμή αυτής της ένωσης.

3.4.4.2 C13-νορισοπρενοειδή

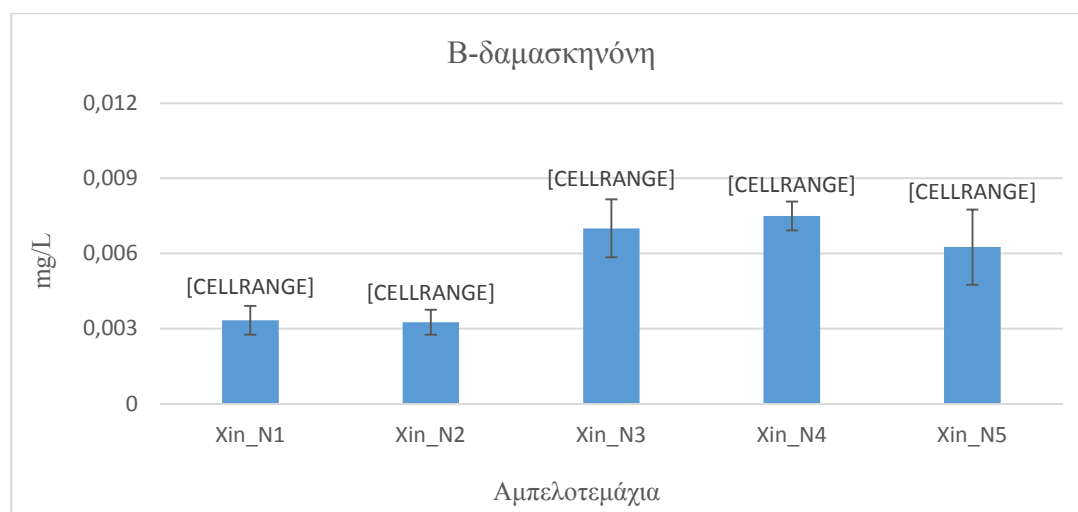
Η υψηλότερη συγκέντρωση της ένωσης β-δαμασκηνόνης στην περιοχή του Αμυνταίου, ανιχνεύθηκε στον οίνο από το αμπελοτεμάχιο Xin_A2, ενώ η

χαμηλότερη στο αμπελοτεμάχιο Xin_A1. Ακόμη, μεταξύ του συνόλου των οίνων δεν ανιχνεύθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.



Διάγραμμα 33: Συγκέντρωση β-δαμασκηρόνης των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Στην ζώνη Π.Ο.Π. Νάουσας (διάγραμμα 34), η μεγαλύτερη συγκέντρωση β-δαμασκηρόνης εντοπίστηκε στον οίνο από το αμπελοτεμάχιο Xin_N4, ο οποίος δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά από τα δείγματα Xin_N3 και Xin_N5. Αντιθέτως, η ελάχιστη τιμή αυτής της ένωσης ανιχνεύθηκε στα αμπελοτεμάχια Xin_N1 και Xin_N2, τα οποία διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά από τα αμπελοτεμάχια Xin_N3, Xin_N4 και Xin_N5.



Διάγραμμα 34: Συγκέντρωση β-δαμασκηνόνης των παραχθέντων οίνων από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας. Στο παραπάνω διάγραμμα, οι μπάρες συμβολίζουν την \pm τυπική απόκλιση του μέσου όρου των τιμών, ενώ διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στα αμπελοτεμάχια δηλώνουν στατιστική διαφορά μεταξύ τους (Tukey's test, $p < 0.05$).

Τα νορισοπρενοειδή και τα μονοτερπένια προέρχονται από τις σταφυλές και έχουν σχετικά χαμηλό κατώφλι αντίληψης. Έτσι, μια μικρή διακύμανση των συγκεντρώσεών τους μπορεί να έχει σημαντική επίδραση σε ολόκληρο το αρωματικό προφίλ των οίνων. Συγκεκριμένα, η λιναλοόλη παρουσιάζει κατώφλι αντίληψης στα 0,025 mg/L, η γερανιόλη στα 0,03 mg/L (Ferreira V., et al., 2000), η νερόλη στα 0,3 mg/L (Francis L., 2022 October 28) ενώ της β-δαμασκηνόνης κυμαίνεται σε ερυθρούς οίνους μεταξύ 0,002 – 0,007mg/L (Pineau B., et al., 2007).

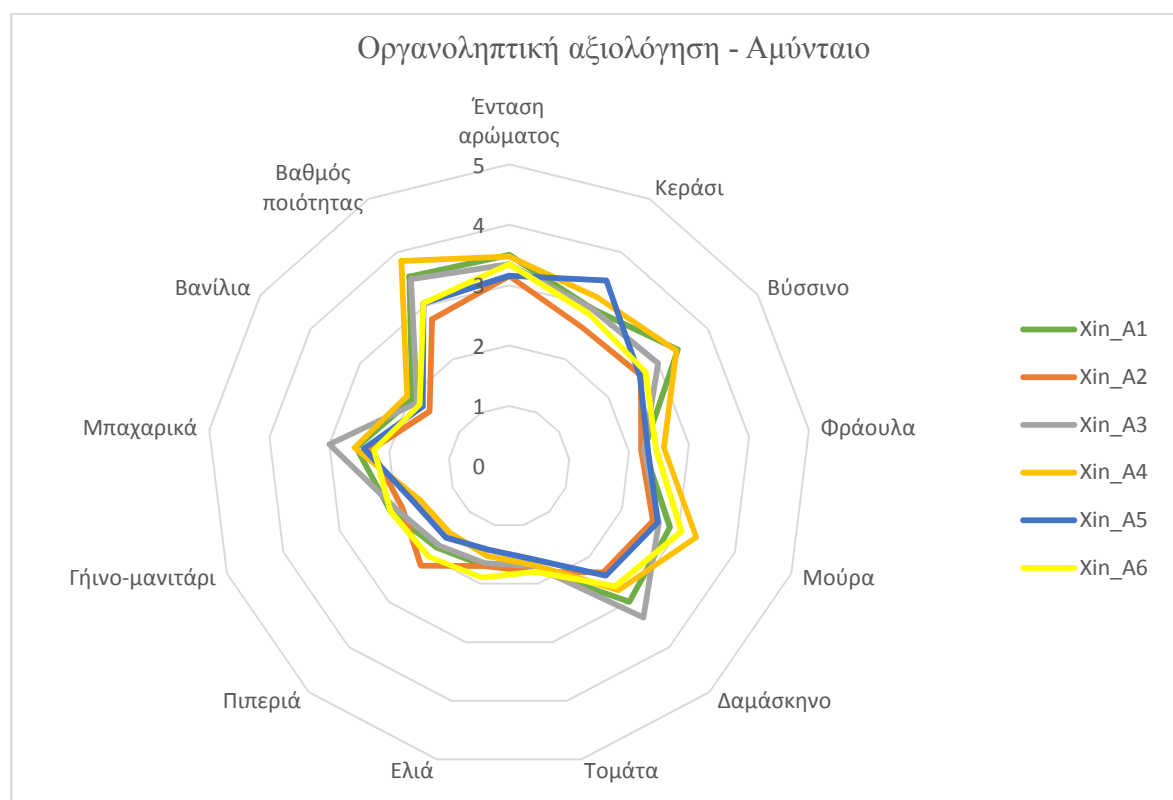
Στην περιοχή του Αμυνταίου, η μέση τιμή της λιναλοόλης βρέθηκε να είναι 0.022 mg/L, της νερόλης 0.017 mg/L και της γερανιόλης 0.075 mg/L. Σε παρόμοια επίπεδα κινήθηκαν και οι μέσες συγκεντρώσεις αυτών των ενώσεων και στην περιοχή της Νάουσας ως εξής: λιναλοόλη 0.020 mg/L, νερόλη 0.017 mg/L και γερανιόλη 0.070mg/L, δίχως να παρουσιάζουν, όπως φαίνεται σημαντικές διαφορές συγκριτικά με τα δείγματα του Αμυνταίου. Παρόλο που το κατώφλι αντίληψης των μονοτερπενίων είναι εξαιρετικά χαμηλό, εντούτοις, οι μέσοι όροι των συγκεντρώσεων της λιναλοόλης και της νερόλης δεν το ξεπέρασαν σε καμία Π.Ο.Π. ζώνη. Αντιθέτως, η μέση τιμή της γερανιόλης και στις δύο Π.Ο.Π. ζώνες ξεπέρασε το κατώφλι αντίληψης, με αποτέλεσμα να μπορεί να συμμετάσχει με ευχάριστα ανθικά αρώματα καθώς και νότες τριαντάφυλλου (Burdock G.A., 2010) στο αρωματικό προφίλ των οίνων.

Όσον αφορά τη β-δαμασκηνόνη, η μέση συγκέντρωσή της στην περιοχή του Αμυνταίου βρέθηκε να είναι 0.0062 mg/L, τη στιγμή που στην Νάουσα κινήθηκε σε ελαφρώς χαμηλότερα επίπεδα με μέση τιμή τα 0.0055 mg/L. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σύμφωνα με τους Pineau B., et al., 2007, το κατώφλι αντίληψης της β-δαμασκηνόνης στους ερυθρούς οίνους κυμαίνεται μεταξύ 0.002-0.007 mg/L. Επομένως, λόγω αυτού του εύρους που αφορά το κατώφλι αντίληψης, ίσως η β-δαμασκηνόνη δύναται να συμμετάσχει στο άρωμα των αναλυθέντων οίνων, με αρώματα τριαντάφυλλου, μελιού και ώριμων φρούτων (Pisarnitskii A., 2001, Li Z., et al., 2019).

Πίνακας 3: Μέσοι όροι συγκεντρώσεων των πτητικών συστατικών του αρώματος των παραχθέντων οίνων από τις δύο Π.Ο.Π. ζώνες, Αμύνταιο και Νάουσα. (mg/L)

| | ΑΜΥΝΤΑΙΟ | ΝΑΟΥΣΑ |
|--------------------------------|-----------------|---------------|
| ethyl 2 methyl butyrate | 0,025 | 0,029 |
| ethyl 3 methyl butyrate | 0,041 | 0,035 |
| ethyl hexanoate | 0,092 | 0,090 |
| ethyl octanoate | 0,182 | 0,191 |
| ethyl decanoate | 0,293 | 0,244 |
| isoamyl acetate | 0,399 | 0,520 |
| hexyl acetate | 0,196 | 0,114 |
| 2 phenyl ethyl acetate | 0,139 | 0,191 |
| 2 methyl 1 propanol | 102,865 | 97,099 |
| isoamyl alcohol | 302,955 | 282,323 |
| 2phenyl ethanol | 52,864 | 52,182 |
| 1hexanol | 1,219 | 0,610 |
| 3methyl thio propanol | 0,777 | 1,020 |
| cis3hexen1ol | 0,083 | 0,103 |
| isobutyric acid | 0,158 | 0,135 |
| butyric acid | 0,482 | 0,443 |
| isovaleric acid | 1,942 | 1,822 |
| hexanoic acid | 1,506 | 1,055 |
| linalool | 0,0222 | 0,0210 |
| nerol | 0,0174 | 0,0177 |
| geraniol | 0,0753 | 0,0704 |
| b-damascenone | 0,0062 | 0,0056 |

3.5 Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου



Διάγραμμα 35: Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου των οίνων που προήλθαν από την Π.Ο.Π. ζώνη Αμυνταίου.

Το παραπάνω διάγραμμα απεικονίζει την βαθμολογία των περιγραφικών όρων που κλήθηκαν να αξιολογήσουν οι δοκιμαστές και την ένταση εμφάνισής τους, στους ΠΟΠ οίνους Αμυνταίου.

Ξεκινώντας, ο οίνος που προήλθε από το αμπελοτεμάχιο Xin_A1 εμφάνισε την υψηλότερη βαθμολογία από τους κριτές ως προς τον περιγραφικό όρο της έντασης του αρώματός του, ενώ δεν υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ αυτού και των υπόλοιπων δειγμάτων. Αντίστοιχα και στο Xin_A2, το οποίο σημείωσε τη χαμηλότερη βαθμολογία ως προς την αρωματική του ένταση, δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά με τους υπόλοιπους οίνους που αξιολογήθηκαν.

Συνεχίζοντας, οι δοκιμαστές βαθμολόγησαν τον οίνο από το αμπελοτεμάχιο Xin_A4 ως αυτόν με την υψηλότερη αρωματική ένταση κόκκινων φρούτων, και τον οίνο από το Xin_A2 ως αυτόν με την ελάχιστη αρωματική ένταση κόκκινων φρούτων, ενώ δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ του συνόλου των οίνων που αξιολογήθηκαν. Αξίζει να αναφερθεί ότι η κατηγορία κόκκινα φρούτα περιλαμβάνει

τα αρώματα κερασιού, βύσσινου, φράουλας και μούρων και ότι τα αμπελοτεμάχια που έλαβαν την υψηλότερη και κατώτερη βαθμολογία ήταν τα ίδια και για τους τέσσερις περιγραφικούς όρους, εκτός βέβαια από το άρωμα κερασιού, όπου τη μεγαλύτερη βαθμολογία συγκέντρωσε ο οίνος από το αμπελοτεμάχιο Xin_A5.

Ακόμη, ως προς τον περιγραφικό όρο του δαμάσκηνου, οι αξιολογητές βαθμολόγησαν τον οίνο από το αμπελοτεμάχιο Xin_A3, ως αυτόν που εμφάνισε την υψηλότερη αρωματική ένταση αυτού του όρου, ενώ παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μόνο με τον οίνο που προήλθε από το αμπελοτεμάχιο Xin_A2 και αντιστρόφως. Στο τελευταίο, οι κριτές εντόπισαν τη χαμηλότερη ένταση μυρωδιάς δαμάσκηνου.

Τα αρώματα ελιάς και τομάτας δεν συγκέντρωσαν υψηλή βαθμολογία από τους αξιολογητές. Συγκεκριμένα, ο οίνος που προήλθε από το αμπελοτεμάχιο Xin_A6 σημείωσε τη μεγαλύτερη βαθμολογία και για τους δύο περιγραφικούς όρους ελιάς και τομάτας, ενώ δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά με κανένα από τα υπόλοιπα δείγματα. Αντιθέτως, το αμπελοτεμάχιο Xin_A5, συγκέντρωσε τη χαμηλότερη βαθμολογία αναφορικά με την αρωματική ένταση της ελιάς και της τομάτας στα δείγματα που αναλύθηκαν από τους αξιολογητές, ενώ ούτε εδώ προέκυψε στατιστικώς σημαντική διαφορά αυτού, με τα υπόλοιπα δείγματα.

Στη συνέχεια, ο οίνος που προήλθε από το αμπελοτεμάχιο Xin_A2 εμφάνισε την υψηλότερη βαθμολογία από τους κριτές ως προς το άρωμα της πράσινης πιπεριάς, ενώ δεν υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ αυτού και των υπόλοιπων δειγμάτων. Αντίστοιχα και στο Xin_A4, το οποίο σημείωσε τη χαμηλότερη βαθμολογία ως προς την ένταση του συγκεκριμένου περιγραφικού όρου, δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά με τους υπόλοιπους οίνους που αξιολογήθηκαν.

Επιπρόσθετα, οι δοκιμαστές βαθμολόγησαν τους οίνους από τα αμπελοτεμάχια Xin_A1 και Xin_A6 ως αυτούς με την υψηλότερη αρωματική ένταση μανιταριού, και τον οίνο από το Xin_A4 ως αυτόν με την ελάχιστη αρωματική ένταση μανιταριού, ενώ δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ του συνόλου των οίνων που αξιολογήθηκαν.

Ακόμη δύο αρώματα που αξιολογήθηκαν από τον πάνελ γευσιγνωσίας ήταν τα αρώματα μπαχαρικών και βανίλιας. Τη μεγαλύτερη βαθμολογία μεταξύ των

δειγμάτων, αναφορικά με την ένταση της μυρωδιάς των μπαχαρικών, τη συγκέντρωσε το αμπελοτεμάχιο Xin_A3 και τη μικρότερη το Xin_A2, ενώ δεν υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους, αλλά και ούτε με τα υπόλοιπα δείγματα. Όσον αφορά το άρωμα της βανίλιας, ο οίνος από το αμπελοτεμάχιο Xin_A4 συγκέντρωσε την υψηλότερη βαθμολογία μεταξύ των δειγμάτων που αξιολογήθηκαν και ο οίνος από το Xin_A2, τη χαμηλότερη, ενώ δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ όλου του συνόλου των οίνων που αξιολογήθηκαν.

Τέλος, οι αξιολογητές βαθμολόγησαν τον οίνο που προήλθε από το αμπελοτεμάχιο Xin_A4 ως τον πιο ποιοτικό, ενώ τον οίνο από το Xin_A2 ως τον λιγότερο ποιοτικό, ενώ τα δύο αυτά δείγματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους. Αξίζει να αναφερθεί ότι ο οίνος που χαρακτηρίστηκε από τους γευσιγνώστες ως ο πιο ποιοτικός, είχε σημειώσει και τις υψηλότερες βαθμολογίες όσον αφορά την αρωματική του ένταση, την ένταση του αρώματος των κόκκινων φρούτων, καθώς και την ένταση του αρώματος της βανίλιας, ενώ παράλληλα παρουσίασε και τη χαμηλότερη βαθμολογία ως προς την ένταση του φυτικού αρώματος της πράσινης πιπεριάς και του μανιταριού. Από την άλλη, ο οίνος από το αμπελοτεμάχιο Xin_A2, ο οποίος συγκέντρωσε την ελάχιστη βαθμολογία ως προς την ποιότητά του από τους αξιολογητές, έλαβε τους λιγότερους βαθμούς στην αρωματική ένταση, στην ένταση των κόκκινων φρούτων και του δαμάσκηνου, καθώς και της βανίλιας. Αντιθέτως, σημείωσε την υψηλότερη βαθμολογία, όσον αφορά την ένταση του φυτικού αρώματος της πράσινης πιπεριάς.

Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό είναι το γεγονός ότι παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση του περιγραφικού όρου της ποιότητας του οίνου με την ένταση του αρώματος ($r=0,58$, $p=0,05$) και λιγότερο ισχυρή συσχέτιση της ποιότητας του οίνου με τον περιγραφικό όρο κέρασι ($r=0,43$, $p=0,05$).

Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι οι ενώσεις εξανοϊκός αιθυλεστέρας και οξικός ισοαμυλεστέρας, που προσδιορίστηκαν ποσοτικά και χαρακτηρίζονται από αρώματα κόκκινων φρούτων και φράουλας αντίστοιχα (Shinohara T., 1985, Lasik-Kurdyś M., et al., 2018), παρουσίασαν τη μέγιστη και δεύτερη μεγαλύτερη συγκέντρωση αντίστοιχα στο αμπελοτεμάχιο Xin_A4, το οποίο χαρακτήρισαν και οι αξιολογητές, ως το δείγμα με τη μεγαλύτερη ένταση αρώματος κόκκινων φρούτων. Παράλληλα,

αποτελέσει και το δείγμα με την υψηλότερη βαθμολογία ως προς την ποιότητά του σύμφωνα με τους κριτές. Επομένως, μπορούμε να οδηγηθούμε στο συμπέρασμα, ότι οι δύο αυτοί εστέρες συμμετείχαν ενεργά στο αρωματικό προφίλ των οίνων, αλλά και ίσως, ότι καθόρισαν την ποιότητα των δειγμάτων από την περιοχή του Αμυνταίου.

Επιπλέον, οι ενώσεις γερανιόλη και β-δαμασκηνόνη, οι οποίες χαρακτηρίζονται από ανθικά αρώματα και αρώματα ώριμων φρούτων αντίστοιχα (Pisarnitskii A., 2001, Li Z., et al., 2019), βρέθηκαν να παρουσιάζουν τις μέγιστες συγκεντρώσεις τους στο αμπελοτεμάχιο Xin_A1. Αυτό το δείγμα ψηφίστηκε από τους αξιολογητές ως αυτό με την υψηλότερη ένταση αρώματος βύσσινου και τη δεύτερη μεγαλύτερη ένταση αρώματος δαμάσκηνου, ενώ παράλληλα χαρακτηρίστηκε και ως το αμπελοτεμάχιο με τη μεγαλύτερη ένταση αρώματος και ως το δεύτερο πιο ποιοτικό, σύμφωνα με τους αξιολογητές.

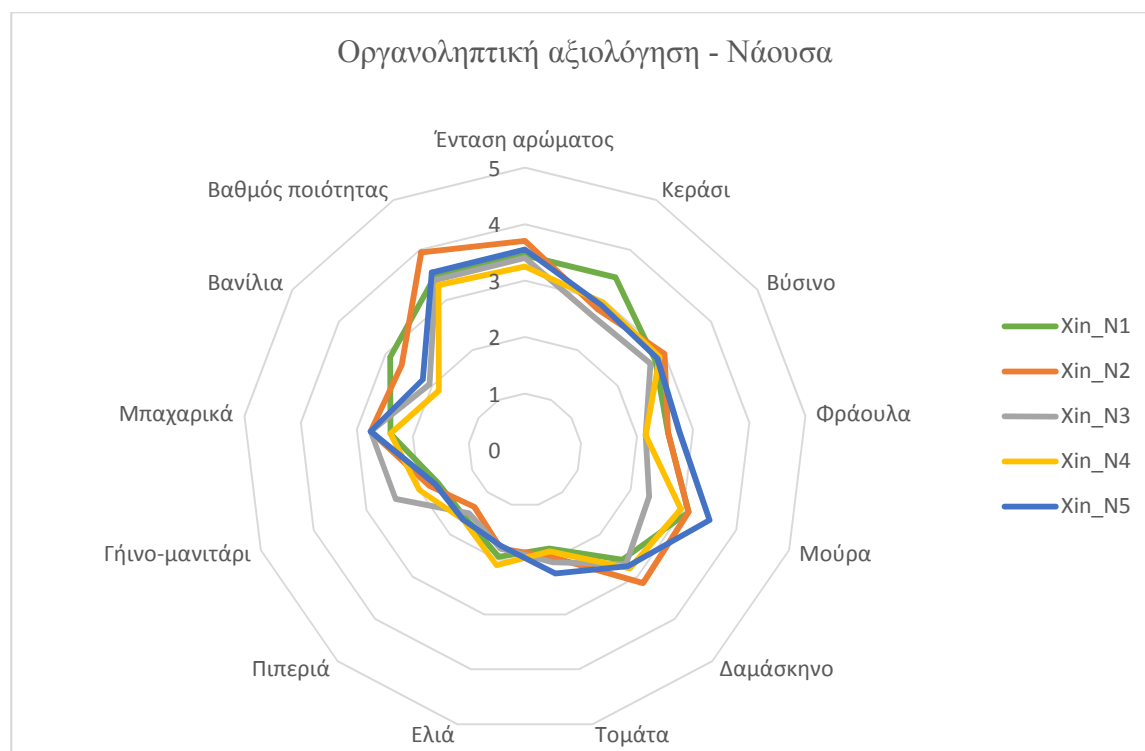
Τέλος, οι εστέρες 2-μεθυλο-βουτυρικός και 3-μεθυλο-βουτυρικός αιθυλεστέρας, οι οποίοι προσδίδουν αρώματα βατόμουρου, μήλου και κόκκινων φρούτων αντίστοιχα (De-la-Fuente-Blanco A., et al., 2019), εμφάνισαν τις μέγιστες συγκεντρώσεις τους στο αμπελοτεμάχιο Xin_A3, το οποίο οι αξιολογητές χαρακτήρισαν ως αυτό με την υψηλότερη αρωματική ένταση δαμάσκηνου και μπαχαρικών, ενώ βαθμολογήθηκε ως το τρίτο πιο ποιοτικό δείγμα, μετά από το Xin_A4 και Xin_A1. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το άρωμα των μπαχαρικών δεν συνδέεται με τις ενώσεις 2-μεθυλο-βουτυρικός και 3-μεθυλο-βουτυρικός αιθυλεστέρας, ενώ τα αρώματα βατόμουρου και μήλου των εστέρων αυτών, ίσως παρέπεμψαν σε αρώματα δαμάσκηνου, γεγονός που ώθησε τους αξιολογητές στο να βαθμολογήσουν το αμπελοτεμάχιο Xin_A3 ως αυτό με την υψηλότερη ένταση δαμάσκηνου.

Το διάγραμμα 36 απεικονίζει τις παραμέτρους που κλήθηκαν να αξιολογήσουν οι δοκιμαστές και την ένταση εμφάνισής τους, στους οίνους που προήλθαν από αμπελοτεμάχια που ανήκουν στη ζώνη Π.Ο.Π. Νάουσας.

Οι αξιολογητές βαθμολόγησαν ως τον οίνο με την μεγαλύτερη αρωματική ένταση, αυτόν που προήλθε από το αμπελοτεμάχιο Xin_N2, ενώ τον οίνο από το Xin_N4 ως αυτόν με την χαμηλότερη ένταση αρώματος. Στατιστικώς σημαντική διαφορά δεν παρατηρήθηκε μεταξύ του συνόλου των οίνων που εξετάστηκαν.

Στη συνέχεια, ο οίνος που προήλθε από το αμπελοτεμάχιο Xin_N1 εμφάνισε την υψηλότερη βαθμολογία από τους κριτές ως προς το άρωμα του κερασιού, ενώ δεν

υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ αυτού και των υπόλοιπων δειγμάτων. Αντίστοιχα και στο Xin_N3, το οποίο σημείωσε τη χαμηλότερη βαθμολογία ως προς την ένταση του συγκεκριμένου περιγραφικού όρου, δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά με τους υπόλοιπους οίνους που αξιολογήθηκαν.



Διάγραμμα 36: Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου των οίνων που προήλθαν από την Π.Ο.Π. ζώνη Νάουσας.

Συνεχίζοντας, οι δοκιμαστές βαθμολόγησαν τον οίνο από το αμπελοτεμάχιο Xin_N2 ως αυτόν με την υψηλότερη ένταση του αρώματος του βύσσινου, και τον οίνο από το Xin_N3 ως αυτόν με την ελάχιστη αρωματική ένταση βύσσινου, ενώ δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ του συνόλου των οίνων.

Ακόμη δύο αρώματα που αξιολογήθηκαν από τον πάνελ γευσιγνωσίας ήταν τα αρώματα φράουλας και μούρων. Τη μεγαλύτερη βαθμολογία μεταξύ των δειγμάτων αναφορικά και με τα δύο αρώματα, τη συγκέντρωσε ο οίνος από το αμπελοτεμάχιο Xin_N5 και τη μικρότερη ο οίνος από το Xin_N3. Ακόμη, παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων Xin_N5 και Xin_N3 στο άρωμα των μούρων, ενώ δεν προέκυψε καμία στατιστική διαφορά μεταξύ των υπόλοιπων οίνων και στα δύο αρώματα που αξιολογήθηκαν.

Επιπλέον, ως προς το άρωμα του δαμάσκηνου, οι αξιολογητές βαθμολόγησαν τον οίνο από το αμπελοτεμάχιο Xin_N2, ως αυτόν που εμφάνισε την υψηλότερη αρωματική ένταση αυτού του φρούτου, ενώ τον οίνο από το Xin_N1, ως αυτόν με τη χαμηλότερη αρωματική ένταση δαμάσκηνου. Επίσης, δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο σύνολο των οίνων.

Ακόμη δύο αρώματα που αξιολογήθηκαν ήταν τα αρώματα τομάτας και ελιάς. Τη μεγαλύτερη βαθμολογία μεταξύ των δειγμάτων, αναφορικά με την ένταση της μυρωδιάς της τομάτας, τη συγκέντρωσε το αμπελοτεμάχιο Xin_N5 και τη μικρότερη το Xin_N1, ενώ δεν υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους, αλλά και ουτε με τα υπόλοιπα δείγματα. Όσον αφορά το άρωμα της ελιάς, ο οίνος από το αμπελοτεμάχιο Xin_N4 συγκέντρωσε την υψηλότερη βαθμολογία μεταξύ των δειγμάτων που αξιολογήθηκαν και ο οίνος από το Xin_N5, τη χαμηλότερη, ενώ δεν παρατηρήθηκε επίσης, στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ του συνόλου των οίνων που αξιολογήθηκαν.

Προχωρώντας, το άρωμα της πράσινης πιπεριάς συγκέντρωσε τη χαμηλότερη βαθμολογία από τους αξιολογητές, σε σχέση με τους υπόλοιπους περιγραφικούς όρους του αρώματος. Εντούτοις, από το σύνολο των οίνων που δοκιμάστηκαν από τους κριτές, αυτοί που προήλθαν από τα αμπελοτεμάχια Xin_N4 και Xin_N5, σημείωσαν την υψηλότερη βαθμολογία μεταξύ των δειγμάτων, ενώ η ελάχιστη παρουσιάστηκε στο Xin_N2. Ακόμη, δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο σύνολο των οίνων.

Δύο ακόμη αρώματα, τα οποία κλήθηκαν να αξιολογήσουν οι δοκιμαστές, ήταν το άρωμα του μανιταριού και το άρωμα των μπαχαρικών. Όσον αφορά το πρώτο, ο οίνος που προήλθε από το αμπελοτεμάχιο Xin_N3 συγκέντρωσε τη μεγαλύτερη βαθμολογία μεταξύ των δειγμάτων, ενώ προέκυψε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ αυτού και των δειγμάτων Xin_N1 και Xin_N5, στα οποία σημειώθηκε και η χαμηλότερη βαθμολογία από τους κριτές. Στο άρωμα των μπαχαρικών, μέγιστη βαθμολογία συγκέντρωσαν τα δείγματα Xin_N2, Xin_N3 και Xin_N5, ενώ την ελάχιστη το Xin_N1 και το Xin_N4, δίχως βέβαια να προκύψει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ του συνόλου των οίνων που αξιολογήθηκαν.

Επιπρόσθετα, οι δοκιμαστές βαθμολόγησαν τον οίνο από το αμπελοτεμάχιο Xin_N1 ως αυτόν με την υψηλότερη αρωματική ένταση βανίλιας, και τον οίνο από το Xin_N4

ως αυτόν με την ελάχιστη αρωματική ένταση βανίλιας, ενώ παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μόνο μεταξύ των δύο αυτών δειγμάτων.

Τέλος, οι αξιολογητές βαθμολόγησαν τον οίνο που προήλθε από το αμπελοτεμάχιο Xin_N2 ως τον πιο ποιοτικό, ενώ τον οίνο από το Xin_N4 ως τον λιγότερο ποιοτικό, ενώ δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ αυτών και των υπολοίπων οίνων που αξιολογήθηκαν.

Όπως παρατηρείται και στο διάγραμμα, ο οίνος Xin_N2 που ψηφίστηκε ως ο πιο ποιοτικός ανάμεσα στους αξιολογητές, συγκέντρωσε και τις υψηλότερες βαθμολογίες όσον αφορά την ένταση του αρώματός του και την ένταση του αρώματος βύσσινου, δαμάσκηνου και μπαχαρικών, ενώ χαρακτηρίστηκε από τη χαμηλότερη ένταση πράσινης πιπεριάς και ελιάς μεταξύ των δειγμάτων. Αντιθέτως, ο οίνος Xin_N4 που χαρακτηρίστηκε ως ο λιγότερο ποιοτικός, σύμφωνα με τους αξιολογητές, συγκέντρωσε τη χαμηλότερη βαθμολογία ως προς την αρωματική του ένταση και ως προς τα αρώματα φράουλας, μπαχαρικών και βανίλιας, ενώ από την άλλη έλαβε τη μεγαλύτερη βαθμολογία ως προς την ένταση του αρώματος της ελιάς, της πιπεριάς και τη δεύτερη μεγαλύτερη ως προς την ένταση του αρώματος του μανιταριού.

Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι οι ενώσεις οξικός ισοαμυλεστέρας και εξανοϊκός αιθυλεστέρας, που προσδιορίστηκαν ποσοτικά και χαρακτηρίζονται από αρώματα κόκκινων φρούτων και φράουλας αντίστοιχα (Shinohara T., 1985, Lasik-Kurdyś M., et al., 2018), παρουσίασαν τη μέγιστη και δεύτερη μεγαλύτερη συγκέντρωση αντίστοιχα στο αμπελοτεμάχιο Xin_N5, το οποίο χαρακτήρισαν και οι αξιολογητές, ως το δείγμα με τη μεγαλύτερη ένταση αρώματος φράουλας και μούρων. Παράλληλα, αυτό το αμπελοτεμάχιο χαρακτηρίστηκε από τους αξιολογητές ως το δεύτερο πιο ποιοτικό, μετά από το Xin_N2.

Επίσης, παρατηρήθηκε ότι ο 2-μεθυλο-βουτυρικός αιθυλεστέρας, ο οποίος χαρακτηρίζεται από αρώματα βατόμουρου και κόκκινων φρούτων (de-la-Fuente-Blanco A., et al., 2019), σημείωσε τη μέγιστη συγκέντρωσή του στο αμπελοτεμάχιο Xin_N2, το οποίο χαρακτηρίστηκε από τους αξιολογητές ως το δείγμα με τη μεγαλύτερη ένταση αρώματος βύσσινου και δαμάσκηνου, ενώ συγκέντρωσε τη δεύτερη μεγαλύτερη βαθμολογία όσον αφορά τα αρώματα φράουλας και μούρων. Επιπλέον, η μονοτερπενική ένωση γερανιόλη, που διακρίνεται για τα έντονα ανθικά αρώματα γερανιού και τριαντάφυλλου (Burdock G.A., 2010), σημείωσε τη

μεγαλύτερη της συγκέντρωση στο αμπελοτεμάχιο Xin_N2, το οποίο εκτός του ότι χαρακτηρίστηκε ως το πιο ποιοτικό, εμφάνισε σύμφωνα με τους αξιολογητές και τη μεγαλύτερη αρωματική ένταση.

Όσον αφορά την τελική εκτίμηση ως προς το αρωματικό προφίλ των οίνων που προήλθαν από την Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου, παρατηρήθηκε ότι κυριάρχησαν αρώματα κόκκινων φρούτων, στα οποία συμπεριλαμβάνονται το άρωμα κερασιού, βύσσινου, φράουλας και μούρων. Παράλληλα, στο αρωματικό προφίλ φάνηκε να συμμετείχαν και αρώματα δαμάσκηνου και μπαχαρικών, ενώ τα φυτικά αρώματα πιπεριάς, τομάτας και ελιάς δεν παρουσίασαν ενεργή συμμετοχή στο άρωμα των οίνων. Παρόμοια τάση ως προς τα αρώματα κόκκινων φρούτων, δαμάσκηνου και μπαχαρικών σημείωσαν και τα δείγματα από την Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας, ενώ και εδώ τα φυτικά αρώματα πιπεριάς, ελιάς και τομάτας υστέρησαν σε ένταση. Παράλληλα, βρέθηκε ότι και το άρωμα της βανίλιας συμμετείχε ενεργά στο αρωματικό προφίλ των οίνων από την περιοχή της Νάουσας.

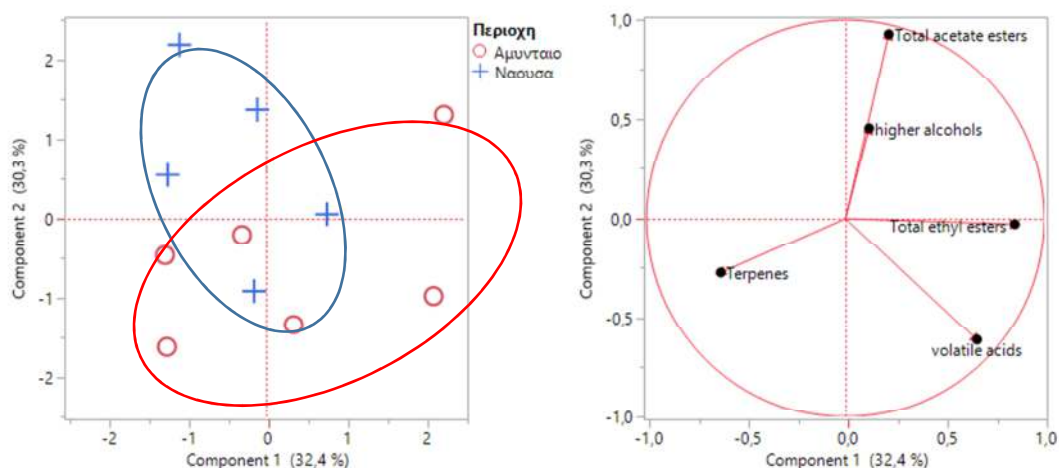
Γενικά, παρατηρήθηκε ότι το αρωματικό προφίλ των οίνων που προήλθαν από τις δύο Π.Ο.Π. ζώνες ήταν παρόμοιο ως προς τον χαρακτηρισμό αρωμάτων κόκκινων φρούτων, δαμάσκηνου και μπαχαρικών. Παρόλα αυτά, η ένταση των αρωμάτων ελιάς και τομάτας, αν και δεν αξιολογήθηκε υψηλά από τους αξιολογητές σε καμία περιοχή, εντούτοις, οι οίνοι από την Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας χαρακτηρίστηκαν με υψηλότερη ένταση του αρώματος της ελιάς και της τομάτας σε σχέση με του Αμυνταίου. Παράλληλα, το άρωμα της βανίλιας εμφανίστηκε και αυτό να παρουσιάζει υψηλότερη ένταση στην περιοχή της Νάουσας, σύμφωνα με τους αξιολογητές.

3.6 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA)

Προκειμένου να μελετηθεί αν υπάρχει η πιθανότητα ομαδοποίησης των παραχθέντων οίνων με βάση την Π.Ο.Π. ζώνη από την οποία προήλθαν, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA). Ανάλογα με την προέλευσή τους, τα δείγματα χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες, Αμύνταιο και Νάουσα, ενώ στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση PCA ώστε να μελετηθεί η πιθανότητα ομαδοποίησης με βάση αυτή την κατηγοριοποίηση.

Εξετάστηκε η πιθανότητα ομαδοποίησης των παραχθέντων οίνων με βάση τις πτητικές ενώσεις που ταυτοποιήθηκαν για κάθε έναν. Εντούτοις, προκειμένου να

διευκολυνθεί η εξαγωγή των συμπερασμάτων, οι πτητικές ενώσεις του αρώματος, ομαδοποιήθηκαν σε 5 ομάδες με άθροιση των επιμέρους πτητικών ενώσεων που τις απαρτίζουν. Συγκεκριμένα, την πρώτη ομάδα των οξικών εστέρων αποτελούν ο οξικός ισοαμυλεστέρας, ο οξικός εξυλεστέρας και ο οξικός 2-φαινυλ-αιθυλεστέρας, τη δεύτερη ομάδα των αιθυλεστέρων των λιπαρών οξέων ο 2-μεθυλο-βουτυρικός και 3-μεθυλο-βουτυρικός αιθυλεστέρας, ο εξανοϊκός, οκτανοϊκός και δεκανοϊκός αιθυλεστέρας, την τρίτη ομάδα των ανώτερων αλκοολών αποτελούν η 2-μεθυλ-προπαν-1-όλη, η ισοαμυλική αλκοόλη, η 2-φαινυλ-αιθανόλη, η εξαν-1-όλη, η 3-μεθυλο-θειοπροπαν-1-όλη και η cis-3-εξεν-1-όλη. Ακόμη, την ομάδα των πτητικών λιπαρών οξέων την αποτελούν το βουτυρικό οξύ, το ισοβουτυρικό οξύ, το ισοβαλερικό οξύ και το εξανοϊκό οξύ, ενώ τέλος την ομάδα των τερπενίων την συνιστούν η λιναλοόλη, η νερόλη και η γερανιόλη. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε PCA ώστε να προσδιοριστούν οι σημαντικότερες ιδιότητες που χαρακτηρίζουν την κάθε ομάδα με βάση τα πτητικά συστατικά του αρώματος των οίνων.

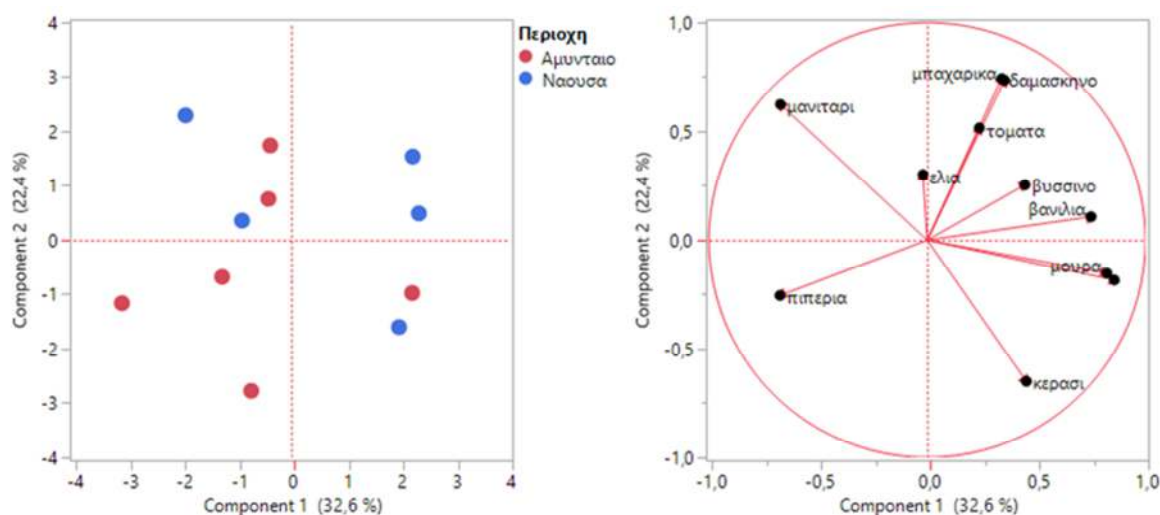


Διάγραμμα 37: Διάγραμμα κύριων συνιστώσων και διάγραμμα παραγοντικών φορτίων των δύο Π.Ο.Π. ζωνών με βάση την προέλευση των δειγμάτων σχετικά με τα πτητικά συστατικά του αρώματος των παραγόμενων οίνων.

Από το διάγραμμα φαίνεται να υπάρχει τάση ομαδοποίησης ορισμένων οίνων ανάλογα με την Π.Ο.Π. ζώνη από την οποία προέρχονται, με βάση τις ομάδες των πτητικών συστατικών του αρώματος. Η κύρια συνιστώσα 1 περιγράφει το 32,4% της συνολικής πληροφορίας και συμμετέχουν στη διαμόρφωσή της κυρίως το σύνολο των αιθυλεστέρων λιπαρών οξέων με 66,9% και το σύνολο των πτητικών λιπαρών οξέων με 52%. Η κύρια συνιστώσα 2 περιγράφει το 30,3% της συνολικής πληροφορίας με το σύνολο των οξικών εστέρων να συμμετέχουν στη διαμόρφωσή της κατά 75,3% και με τις ανώτερες αλκοόλες σε ποσοστό 36,9%. Τα δείγματα ομαδοποιήθηκαν κατά μήκος της κύριας συνιστώσας 1, δηλαδή με βάση τα αποτελέσματα συγκεντρώσεων

των συνολικών αιθυλεστέρων λιπαρών οξέων. Στην πρώτη ομάδα ανήκουν όλα τα αμπελοτεμάχια από την Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας και ένα από τη ζώνη του Αμυνταίου, ενώ στη δεύτερη ανήκουν τα αμπελοτεμάχια από το Αμύνταιο μαζί με δύο από την Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας. Παρατηρείται λοιπόν, όχι απόλυτη, αλλά γενικά σε μεγάλο βαθμό τάση ομαδοποίησης των οίνων από τις δύο Π.Ο.Π. περιοχές, όσον αφορά τη συγκέντρωση των συνολικών αιθυλεστέρων λιπαρών οξέων.

Επίσης, διερευνήθηκε η πιθανότητα ομαδοποίησης των παραχθέντων οίνων με βάση τα αρώματα που αξιολόγησαν οι δοκιμαστές κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση, αναλόγως με την Π.Ο.Π. ζώνη από την οποία προέρχονταν οι οίνοι, ενώ στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε PCA ώστε να προσδιοριστούν οι σημαντικότερες ιδιότητες που χαρακτηρίζουν την κάθε ομάδα.



Διάγραμμα 38: Διάγραμμα κύριων συνιστώσων και διάγραμμα παραγοντικών φορτίων των δύο Π.Ο.Π. ζωνών με βάση την προέλευση των δειγμάτων σχετικά με τα αρώματα που αξιολόγησαν οι δοκιμαστές κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση.

Από το διάγραμμα δεν φαίνεται να υπάρχει σαφής ομαδοποίηση μεταξύ των οίνων που προέρχονται από τις δύο Π.Ο.Π. ζώνες με βάση τα αρώματα που αξιολόγησαν οι κριτές κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση. Η κύρια συνιστώσα 1 περιγράφει το 32,6% της συνολικής πληροφορίας και συμμετέχουν στη διαμόρφωσή της κυρίως το άρωμα φράουλας και μούρων με ποσοστό 45,2% και 43,4% αντίστοιχα. Η κύρια συνιστώσα 2 περιγράφει το 22,4% της συνολικής πληροφορίας με τα αρώματα του δαμάσκηνο και των μπαχαρικών να συμμετέχουν στη διαμόρφωσή της κατά 47,4% και 46,9% αντίστοιχα. Αυτό φαίνεται και από το διάγραμμα των παραγοντικών φορτίων, όπου στην διαμόρφωση του πρώτου άξονα συνεισφέρουν περισσότερο τα αρώματα της φράουλας και των μούρων, ενώ στο δεύτερο άξονα συμμετέχουν στο μεγαλύτερο βαθμό τα αρώματα δαμάσκηνο και μπαχαρικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης, ήταν να καταγραφεί το φαινολικό και αρωματικό προφίλ των οίνων της ποικιλίας αμπέλου ξινόμαυρο, που προέρχονται από τις δυο Π.Ο.Π ζώνες, Αμυνταίου και Νάουσας, έτσι ώστε να αξιολογηθεί το πώς τα προς μελέτη συστατικά εκφράζονται στις δύο αυτές περιοχές. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, διεξάχθηκαν διπλές οινοποιήσεις των δειγμάτων, ενώ στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν κλασικές και χρωματικές αναλύσεις, καθώς και αναλύσεις προσδιορισμού του φαινολικού και αρωματικού πλούτου των οίνων. Έπειτα από την παρατήρηση των αποτελεσμάτων προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Ως προς τις κλασικές και χρωματικές αναλύσεις, αξίζει να αναφερθεί, ότι το pH των δειγμάτων από την Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου σημείωσε χαμηλότερη τιμή από την Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας, ενώ οδήγησε σε υψηλότερη χρωματική ένταση των οίνων που προήλθαν από το Αμύνταιο. Αυτό συνέβη, καθώς, σε χαμηλό pH, η μορφή των ανθοκυανών που επικρατεί στον οίνο είναι το κατιόν φλαβυλίου που έχει έντονο ερυθρό χρώμα, ενώ σε υψηλότερο pH αλλάζει η ισορροπία και η μορφή της άχρωμης ψευδοβάσης γίνεται ολοένα και πιο άφθονη (Forino M., et al., 2020).

Επιπρόσθετα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρατηρήθηκε στον δείκτη φαινολικών ουσιών (ΔΦΟ), όπου στην Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου η μέση τιμή του, εμφανίστηκε αρκετά χαμηλή της τάξεως των 29,3 ενώ και συγκριτικά με προηγούμενες μελέτες του φαινολικού δυναμικού της ποικιλίας (Τσιολάκη Ε., 2018), (Kyraleou M., et al., 2015), ο μέσος όρος των τιμών του ΔΦΟ στην Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου παρουσιάστηκε χαμηλότερος. Στον αντίποδα, στην Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας, ο μέσος όρος του ΔΦΟ εμφανίστηκε σημαντικά μεγαλύτερος με μέσο όρο 47,3. Έτσι, προκύπτει ότι ο ΔΦΟ στην περιοχή της Νάουσας εμφανίστηκε ιδιαίτερα υψηλός, ενώ και σε σχέση με άλλες ερευνητικές εργασίες (Τσιολάκη Ε., 2018), (Kyraleou M., et al., 2015), που αφορούν το φαινολικό δυναμικό της ίδιας ποικιλίας, παρουσιάζει παραπλήσια αποτελέσματα.

Προχωρώντας, η συγκέντρωση των ολικών τανινών στην περιοχή του Αμυνταίου, ακολούθησε παρόμοια πορεία με αυτήν του ΔΦΟ, καθώς οι τανίνες που ανιχνεύθηκαν, κατά μέσο όρο κυμαίνονταν σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα (881.4 mg κατεχίνης/L) συγκριτικά με παρόμοιες μελέτες που αφορούσαν το τανικό δυναμικό

της ποικιλίας ξινόμαυρο (Τσαγγαράτος Π., 2020). Στην περιοχή της Νάουσας, παρόλο που η συγκέντρωση κατά μέσο όρο των ολικών τανινών που ανιχνεύθηκε, ήταν μεγαλύτερη από αυτήν του Αμυνταίου με 1729 mg κατεχίνης/L, εντούτοις, δεν ξεπέρασε τις συγκεντρώσεις που ανιχνεύθηκαν σε προηγούμενες σχετικές έρευνες (Τσαγγαράτος Π., 2020).

Ακόμη, στην Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου, διαπιστώθηκε χαμηλή συγκέντρωση των τανινών που είναι υπεύθυνες για την στυπτικότητα των οίνων, καθώς ο μέσος όρος τους βρέθηκε να είναι 126.6 mg κατεχίνης/L, όπου συγκριτικά με προηγούμενη μελέτη (Kyraleou M., et al., 2015), εμφανίστηκε σε χαμηλότερα επίπεδα. Αντιθέτως, τα δείγματα που προήλθαν από την Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας, εμφάνισαν αρκετά υψηλό μέσο όρο (400 mg κατεχίνης/L), ξεπερνώντας κατά πολύ τον αντίστοιχο του Αμυνταίου, αλλά και προηγούμενων μελετών στις οποίες εξετάστηκε το φαινολικό προφίλ της ποικιλίας ξινόμαυρο (Τσαγγαράτος Π., 2020), (Kyraleou M., et al., 2015).

Περνώντας στα πτητικά συστατικά, στα δείγματα από το Αμύνταιο, κυριάρχησαν αρώματα κόκκινων φρούτων, στα οποία συμπεριλαμβάνονται το άρωμα κερασιού, βύσσινου, φράουλας και μούρων. Παράλληλα, στο αρωματικό προφίλ φάνηκε να συμμετείχαν και αρώματα δαμάσκηνου και μπαχαρικών, ενώ τα φυτικά αρώματα πιπεριάς, τομάτας και ελιάς δεν παρουσίασαν ενεργή συμμετοχή στο άρωμα των οίνων. Παρόμοια τάση ως προς τα αρώματα κόκκινων φρούτων, δαμάσκηνου και μπαχαρικών σημείωσαν και τα δείγματα από την Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας, ενώ και εδώ τα φυτικά αρώματα πιπεριάς, ελιάς και τομάτας υστέρησαν σε ένταση. Παράλληλα, βρέθηκε ότι και το άρωμα της βανίλιας συμμετείχε ενεργά στο αρωματικό προφίλ των οίνων από την περιοχή της Νάουσας. Παρατηρήθηκε, βέβαια, ότι η ένταση των αρωμάτων ελιάς και τομάτας, αν και δεν αξιολογήθηκε υψηλά από τους αξιολογητές σε καμία περιοχή, εντούτοις, οι οίνοι από την Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας χαρακτηρίστηκαν με υψηλότερη ένταση του αρώματος της ελιάς και της τομάτας σε σχέση με του Αμυνταίου.

Γενικά, παρατηρήθηκε, ότι και στις δύο Π.Ο.Π. ζώνες που εξετάστηκαν, η ύπαρξη αιθυλεστέρων και οξικών εστέρων, συνδέθηκε με την ένταση του αρώματος κόκκινων φρούτων, γεγονός που συνάδει και με την διαθέσιμη βιβλιογραφία (de-la-Fuente-Blanco A., et al., 2019). Συγκεκριμένα, ο εξανοϊκός αιθυλεστέρας και ο οξικός ισοαμυλεστέρας, εμφάνισαν τη μέγιστη συγκέντρωσή τους σε αμπελοτεμάχια

που οι αξιολογητές είχαν βαθμολογήσει ως αυτά με την μεγαλύτερη ένταση κόκκινων φρούτων. Ο 2-μεθυλο-βουτυρικός αιθυλεστέρας, αν και σημείωσε μέγιστες συγκεντρώσεις σε αμπελοτεμάχια, τα οποία κρίθηκαν από τους αξιολογητές ως αυτά με την υψηλότερη ένταση του αρώματος δαμάσκηνου, εντούτοις, στη βιβλιογραφία δεν αναφέρεται ότι προσδίδει αυτού του είδους το άρωμα, αλλά κυρίως βατόμουρο και βύσσινο (de-la-Fuente-Blanco A., et al., 2019). Έτσι, θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι το άρωμα αυτής της ένωσης, ίσως παραπέμπει και σε αρώματα δαμάσκηνου. Τέλος, η μονοτερπενική ένωση γερανιόλη, συνδέθηκε με αυξημένη αρωματική ένταση, καθώς στα δείγματα που εμφάνισε την υψηλότερη συγκέντρωσή της, οι αξιολογητές τα είχαν χαρακτηρίσει ως αυτά με την μεγαλύτερη ένταση αρώματος, ενώ ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός ότι δεν υπήρξε κάποια συσχέτιση του αρώματος με κάποια από τις ανώτερες αλκοόλες, παρόλο που έχουν ξεπεράσει το κατώφλι αντίληψής τους και στις δύο περιοχές.

Συμπερασματικά, όσον αφορά την Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου, τα φαινολικά συστατικά των οίνων που προήλθαν από αυτήν δεν εμφάνισαν υψηλές συγκεντρώσεις, τόσο σε επίπεδο ολικών φαινολικών, όσο και σε τανικό επίπεδο. Εντούτοις, ως προς το αρωματικό τους προφίλ, αξιολογήθηκαν με ευχάριστα φρουτώδη αρώματα κόκκινων φρούτων, καθώς και νότες δαμάσκηνου, γεγονός που συμφωνεί με την ποσοτική ανάλυση, καθώς ανιχνεύθηκαν αρκετοί εστέρες στους οποίους οφείλονται αυτά τα αρώματα. Από την άλλη, όσον αφορά τα αρώματα βανίλιας, μπαχαρικών, μανιταριού, ελιάς, τομάτας και πιπεριάς, δεν υπήρξε κάποια συσχέτιση με τα αναλυθέντα πτητικά συστατικά που αξιολογήθηκαν.

Στην Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας, τα φαινολικά συστατικά των οίνων σημείωσαν υψηλές συγκεντρώσεις κατά μέσο όρο, τόσο ως προς τον δείκτη φαινολικών ουσιών (ΔΦΟ) και τις ολικές τανίνες, όσο και προς τις στυπτικές τανίνες, ενώ κινήθηκαν σε επίπεδα υψηλότερα από του Αμυνταίου. Όσον αφορά το αρωματικό προφίλ τους, έπειτα από την οργανοληπτική αξιολόγηση, χαρακτηρίστηκαν με έντονα αρώματα κόκκινων φρούτων, δαμάσκηνου, μπαχαρικών και βανίλιας. Όπως και στην περιοχή του Αμυνταίου, έτσι και εδώ, τα φρουτώδη αρώματα συσχετίστηκαν με την παρουσία των αιθυλεστέρων και των οξικών εστέρων, ενώ παρόλο που τα αρώματα μπαχαρικών και βανίλιας δεν συσχετίστηκαν με κάποια πτητική ένωση, εντούτοις, σύμφωνα με τους αξιολογητές, συμμετείχαν στο αρωματικό προφίλ των οίνων. Τέλος, τα φυτικά αρώματα ελιάς και τομάτας, δεν συσχετίστηκαν με κάποιο πτητικό

συστατικό του αρώματος, ενώ αν και δεν συμμετείχαν ενεργά στο άρωμα των οίνων, εντούτοις συγκέντρωσαν υψηλότερη βαθμολογία σε σχέση με τα δείγματα του Αμυνταίου.

Ακόμη, παρατηρήθηκε τάση ομαδοποίησης των οίνων από τις δύο Π.Ο.Π. ζώνες με βάση τα πτητικά συστατικά του αρώματος. Συγκεκριμένα, τα δείγματα ομαδοποιήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα συγκεντρώσεων των συνολικών αιθυλεστέρων λιπαρών οξέων σε δύο ομάδες, όπου η πρώτη αφορούσε την Π.Ο.Π. ζώνη της Νάουσας και η δεύτερη την Π.Ο.Π. ζώνη του Αμυνταίου. Από την άλλη δεν φαίνεται να υπάρχει σαφής ομαδοποίηση μεταξύ των οίνων που προέρχονται από τις δύο Π.Ο.Π. ζώνες με βάση τα αρώματα που αξιολόγησαν οι κριτές κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση καθώς δεν προέκυψε σαφής διαχωρισμός μεταξύ των δειγμάτων που προήλθαν από τις δύο περιοχές. Χρειάζεται να πραγματοποιηθούν περισσότερες μελέτες ικανές να εξετάσουν σε βάθος τον συσχετισμό μεταξύ των ζωνών και τον βαθμό στον οποίο αυτός είναι ισχυρός παράγοντας διαφοροποίησης των παραγόμενων οίνων ως προς την έκφραση των πτητικών συστατικών του αρώματός τους.

Κλείνοντας, η παρούσα μελέτη, ανέδειξε ως ένα βαθμό τις εκφάνσεις της ποικιλίας ξινόμαυρο ανάμεσα στις δύο σημαντικότερες Π.Ο.Π. ζώνες που καλλιεργείται. Τα αποτελέσματα και συμπεράσματα που προέκυψαν, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε αξιολόγηση του οινικού δυναμικού της κάθε περιοχής και να αποτελέσουν δεδομένα για περαιτέρω έρευνα και μελέτη, καθώς και να συνεισφέρουν στην καλύτερη και πληρέστερη εκτίμηση του φαινολικού και αρωματικού πλούτου της ποικιλίας αυτής. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με συνδυασμό, τόσο των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης, όσο και επανάληψης και βελτίωσης των μετρήσεων τα επόμενα χρόνια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5.1 Ξένη βιβλιογραφία

- Adamczyk B., Simon J., Kitunen V., Adamczyk S. & Smolander A., (2017). Tannins and Their Complex Interaction with Different Organic Nitrogen Compounds and Enzymes: Old Paradigms versus Recent Advances. *ChemistryOpen*. Aug 16;6(5):610-614. doi: 10.1002/open.201700113. PMID: 29046854; PMCID: PMC5641916.
- Adams D. O. (2006). Phenolics and Ripening in Grape Berries. *American Journal of Enology and Viticulture*. 57. 249-256.
- Allen M. S. & Lacey M. J. (1998). Methoxypyrazines of grapes and wines. *Chemistry of Wine Flavor.*, 31-38 doi: 10.1021/bk-1998-0714.ch003
- Amerine M. A. & Roessler E. B. (1983). *Wines, their Sensory Evaluation*. W. H. Freeman and Company, New York/San Francisco.
- André M, Lacampagne S., Barsacq A., Gontier E., Petrel, M., Mercier L. Courot D. & Gény-Denis L. (2021). Physical, Anatomical, and Biochemical Composition of Skins Cell Walls from Two Grapevine Cultivars (*Vitis vinifera*) of Champagne Region Related to Their Susceptibility to *Botrytis cinerea* during Ripening. *Horticulturae*, 7, 413. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100413>
- Antalick G., Šuklje K., Blackman J.W., Meeks C., Deloire A. & Schmidtke L.M. (2015). Influence of Grape Composition on Red Wine Ester Profile: Comparison between Cabernet Sauvignon and Shiraz Cultivars from Australian Warm Climate. *J Agric Food Chem*. May 13;63(18):4664-72. doi: 10.1021/acs.jafc.5b00966. Epub 2015 May 4. PMID: 25905977.
- Babincev L., Gurešić D. & Simonovic R. (2016). Spectrophotometric characterization of red wine color from the vineyard region of Metohia. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade*. 61. 281-290. 10.2298/JAS1603281B.
- Bartowsky E.J. & Henschke P.A. (2004). The 'buttery' attribute of wine--diacetyl--desirability, spoilage and beyond. *Int J Food Microbiol*. 15;96(3):235-52. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.05.013. PMID: 15454314.
- Basalekou M., Strataridaki A., Pappas C., Tarantilis P., Kotseridis Y. & Kallithraka S. (2016). Authenticity Determination of Greek-Cretan Mono-Varietal White and Red Wines Based on their Phenolic Content Using Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. 4. 54-62. 10.12944/CRNFSJ.4.Special-Issue-October.08.
- Blouin J. & Cruège J. (2003). *Analyse et Composition des Vins: Comprendre le Vin*, Editions La Vigne, Dunod, Paris, France, 304 pp
- Braidot E., Zancani M., Petrusa E., Peresson C., Bertolini A., Patui S. & Macrì F. (2008). Transport and accumulation of flavonoids in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Plant Signal. Behav*. 3, 626–632
- Burdock G.A., 2010. Geranio. *Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients* (6th ed), CRC Press, pp. 733-734

- Campo E., Ferreira V., Escudero A. & Cacho J. (2005). Prediction of the wine sensory properties related to grape variety from dynamic-headspace gas chromatography-olfactometry data. *J Agric Food Chem.* 13;53(14):5682-90. doi: 10.1021/jf047870a. PMID: 15998133.
- Canals R., Llaudy M.C., Valls J., Canals J.M. & Zamora F. (2005). Influence of ethanol concentration on the extraction of color and phenolic compounds from the skin and seeds of Tempranillo grapes at different stages of ripening. *J Agric Food Chem.* 18;53(10):4019-25. doi: 10.1021/jf047872v. PMID: 15884833.
- Carrau F., Medina R., Fariña L., Boido E., Henschke P. & Dellacassa E. (2008). Production of fermentation aroma compounds by *Saccharomyces cerevisiae* wine yeasts: Effects of yeast assimilable nitrogen on two model strains. *FEMS yeast research.* 8. 1196-207. 10.1111/j.1567-1364.2008.00412.x.
- Choné X., Lavigne-Cruège V., Tominaga T., van Leeuwen C., Castagnède C., Saucier C. & Dubourdieu D. (2006). Effect of vine nitrogen status on grape aromatic potential: flavor precursors (S-cysteine conjugates), glutathione and phenolic content in *Vitis vinifera* L.cv.Sauvignon blanc grape juice. *J Int Sci Vigne Vin;* 40:1–6.
- Conde C., Silva P. F., Fontes N., Dias A., Tavares R., Sousa M., Agasse A., Delrot S. & Gerós H. (2006). Biochemical changes throughout Grape Berry development and fruit and wine quality. *Food.* 1.
- Coombe B. G. & McCarthy M. G. (2000). Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research,* 6: 131-135. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00171.x>
- Cordente A.G., Curtin C.D., Solomon M., Kulcsar A.C., Watson F., Pisaniello L., Schmidt S.A. & Espinase Nandorfy D. (2022). Modulation of Volatile Thiol Release during Fermentation of Red Musts by Wine Yeast, 10, 502. <https://doi.org/10.3390/pr10030502>
- Corison C. A., Ough C. S., Berg H. W. & Nelson K. E. (1979). Must acetic acid and ethyl acetate as mold and rot indicators in grapes. *Am J Enol Vitic.* January 1979 30:130-134;
- D’Onofrio C., Matarese F. & Cuzzola A. (2017). Study of the terpene profile at harvest and during berry development of *Vitis vinifera* L. aromatic varieties Aleatico, Brachetto, Malvasia di Candia aromatica and Moscato bianco. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 97(9), 2898–2907. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8126>
- Dalton D. R. (2017). *More Than Skin Deep, The chemistry of wine : from blossom to beverage . . . and beyond:* New York, NY: Oxford University Press, chapter 2, p. 22-25
- Darriet P., Tominaga T., Lavigne V., Boidron J.N. & Dubourdieu D. (1995). Identification of a powerful aromatic component of *Vitis vinifera* L. var. sauvignon wines: 4-mercapto-4-methylpentan-2-one. *Flavour Frog. J.,* 10: 385-392. <https://doi.org/10.1002/ffj.2730100610>
- Darriet P., Thibon C. & Dubourdieu D. (2012). Aroma and Aroma Precursors in Grape Berry. *The Biochemistry of the Grape Berry.* 111-136. 10.2174/978160805360511201010111.

- De-la-Fuente-Blanco A., Sáenz-Navajas M.P. & Ferreira V. (2016). On the effects of higher alcohols on red wine aroma, *Food Chemistry*, volume 210, Pages 107-114, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.021>.
- De-la-Fuente-Blanco A., Sáenz-Navajas M.P., Valentin D. & Ferreira V. (2020). Fourteen ethyl esters of wine can be replaced by simpler ester vectors without compromising quality but at the expense of increasing aroma concentration, *Food Chemistry*, Volume 307, 125553, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125553>.
- Des Gachons C.P., Leeuwen C.V., Tominaga T., Soyer J.P., Gaudillère J.P. & Dubourdiou D. (2005). Influence of water and nitrogen deficit on fruit ripening and aroma potential of *Vitis vinifera* L cv Sauvignon blanc in field conditions. *J. Sci. Food Agric.*, 85: 73-85. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1919>
- Dorokhov Y. L., Shindyapina A. V., Sheshukova E. V. & Komarova T.V. (2015). Metabolic Methanol: Molecular Pathways and Physiological Roles, *American Physiological Society Reviews*, 95:2, 603-644 doi: 10.1152/physrev.00034.2014.
- Doshi P., Adsule P. & Banerjee K. (2006). Phenolic composition and antioxidant activity in grapevine parts and berries (*Vitis vinifera* L.) cv. Kishmish Chornyi (Sharad Seedless) during maturation. *International Journal of Food Science & Technology*. 41. 1 - 9. [10.1111/j.1365-2621.2006.01214.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01214.x).
- Downey M.O., Harvey J.S. & Robinson S.P. (2004). The effect of bunch shading on berry development and flavonoid accumulation in Shiraz grapes. *Aust. J. Grape Wine Res.* 10:55-73 <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2004.tb00008.x>
- du Preez B., du Toit W., de Villiers A. & Aleixandr -Tudo J. L. (2022). The effect of wine age and tannin composition on tannin activity across consecutive Pinotage red wine vintages: This article is published in cooperation with Macrowine 2021, 23-30 June 2021. *OENO One*, 56(3), 297–311. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.3.5392>
- Etievant X. P. (1991). *Wine. Volatile compounds in foods and beverages*. M. H. New York, US, Marcel 498 Dekker. 1: 483–546.
- Fedrizzi B., Pardon K.H., Sefton M.A., Elsey G.M. & Jeffery D.W. (2009). First identification of 4-S-glutathionyl-4-methylpentan-2-one, a potential precursor of 4-mercapto-4-methylpentan-2-one, in Sauvignon blanc juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57 (3), 991-995, doi: 10.1021/jf802799w
- Ferreira D. C., Hernandez K. C., Nicolli K. P., Souza-Silva  . A., Manfroi V., Zini C. A. & Welke J. E. (2019). Development of a method for determination of target toxic carbonyl compounds in must and wine using HSSPME-GC/MS-SIM after preliminary GC GC/TOFMS analyses. *Food Analytical Methods*, v.12, p.108–120. doi: 10.1007/s12161-018-1343-6
- Ferreira V., L pez R. & Cacho J.F. (2000). Quantitative determination of the odorants of young red wines from different grape varieties. *J. Sci. Food Agric.*, 80: 1659-1667. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(20000901\)80:11<1659::AID-JSFA693>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/1097-0010(20000901)80:11<1659::AID-JSFA693>3.0.CO;2-6)
- Forino M., Picariello L., Rinaldi A., Moio L. & Gambuti A. (2020). How must pH affects the level of red wine phenols. *LWT*. 129. 109546. [10.1016/j.lwt.2020.109546](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109546).

- Francis I. L., Kassara S., Noble A. C. & Williams P. J. (1999). The contribution of glycoside precursors to Cabernet Sauvignon and Merlot aroma. In *Chemistry of Wine Flavor*; Waterhouse, A. L., Ebeler, S. E., Eds.; ACS Symposium Series 714; American Chemical Society: Washington, DC, pp 13-30.
- Furdíková K., Makyšová K., Špánik I. (2017). Effect of indigenous *S. cerevisiae* strains on higher alcohols, volatile acids and esters in wine. *Czech J. Food Sci.*, 35: 131-142. <https://doi.org/10.17221/79/2016-CJFS>
- Ghosh D. & Scheepens A. (2009). Vascular action of polyphenols. *Mol Nutr Food Res.*;53(3):322-31. doi: 10.1002/mnfr.200800182. PMID: 19051188.
- González-Centeno M.R., Chira K. & Teissedre P.L. (2019). Use of oak wood during malolactic fermentation and ageing: Impact on chardonnay wine character. *Food Chemistry*, v.278, p.460-468, 2019. Available from: . Accessed: Apr. 25, 2019. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.11.049.
- Gunata Y.Z., Bayonove C.L., Baumes R.L. & Cordonnier R.E. (1985). The aroma of grapes I. Extraction and determination of free and glycosidically bound fractions of some grape aroma components, *Journal of Chromatography A*, Volume 331, Pages 83-90, ISSN 0021-9673, [https://doi.org/10.1016/0021-9673\(85\)80009-1](https://doi.org/10.1016/0021-9673(85)80009-1).
- Hagerman A. E. & Butler L.G. (1978). Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26 (4), 809-812 DOI: 10.1021/jf60218a027
- Harbertson J.F., Kennedy J.A. & Adams D.O. (2002). Tannin in Skins and Seeds of Cabernet Sauvignon, Syrah, and Pinot noir Berries during Ripening. *American Journal of Enology and Viticulture*. 53. 54-59.
- Harbertson J.F., Picciotto E.A. & Adams D.O. (2003). Measurement of Polymeric Pigments in Grape Berry Extracts and Wines Using a Protein Precipitation Assay Combined with Bisulfite Bleaching *Am. J. Enol. Vitic.* 54, 4, 301– 306
- Harbertson J.F. & Spayd S.E. (2006). Measuring Phenolics in the Winery. *American Journal of Enology and Viticulture*. 57. 280-288.
- Harvalia A., & Bena-Tzourou I. (1982). Étude de quelques facteurs influençant la couleur des vins rouges Helleniques. *Connaissance Vigne Vin*, 16(1), 1-14.
- Hazelwood L. A., Daran J. M., van Maris A. J., Pronk J. T. & Dickinson J. R. (2008). The Ehrlich pathway for fusel alcohol production: a century of research on *Saccharomyces cerevisiae* metabolism. *Applied and environmental microbiology*, 74(8), 2259–2266. <https://doi.org/10.1128/AEM.02625-07>
- He F., Mu L., Yan G.L., Liang N.N., Pan Q.H., Wang J., Reeves M.J. & Duan C.Q. (2010). Biosynthesis of Anthocyanins and Their Regulation in Colored Grapes. *Molecules*, 15, 9057-9091. <https://doi.org/10.3390/molecules15129057>
- Helwi P., Guillaumie S., Thibon C., Keime C., Habran A., Hilbert G., Gomes E., Darriet P., Delrot S. & van Leeuwen C. (2016). Vine nitrogen status and volatile thiols and their precursors from plot to transcriptome level. *BMC Plant Biol.* 16(1):173. doi: 10.1186/s12870-016-0836-y. PMID: 27498539; PMCID: PMC4976470.

- Herderich M.J. & Smith P.A. (2005). Analysis of grape and wine tannins: Methods, applications and challenges *Aust. J. Grape Wine Res.* 11, 2, 205– 214 <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00288.x>
- Herderich M.J., Birse M., Damberg R.G., Holt H.E., Iland P., Lattey K.A. & Smith P.A. (2006). Grape and wine tannins – an overview on current research, emerging applications, and future challenges. *ASVO Seminar Proceedings. Advances in tannin and tannin management: proceedings of a seminar*; Adelaide Convention Centre, Adelaide, S.A., pp 4-10
- Heredia F. & Guzman-chozas M. (1993). The COLOR OF WINE: A HISTORICAL PERSPECTIVE. I. SPECTRAL EVALUATIONS.. *Journal of Food Quality*, 16: 429-437. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1993.tb00269.x>
- Hollman P.C. & Arts I.C. (2000). Flavonols, flavones and flavanols – Nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1081–1093 [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000515\)80:7<1081::AID-JSFA566>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<1081::AID-JSFA566>3.0.CO;2-G)
- Hornedo Ortega R., Gonzalez-Centeno M.R., Chira K., Jourdes M. & Teissedre P.L. (2020). Phenolic Compounds of Grapes and Wines: Key Compounds and Implications in Sensory Perception. [10.5772/intechopen.93127](https://doi.org/10.5772/intechopen.93127).
- Ivanova V., Stefova M., Stafilov T., Vojnoski B., Bíró I., Bufa A. & Kilár F. (2012), Validation of a Method for Analysis of Aroma Compounds in Red Wine using Liquid–Liquid Extraction and GC–MS, *Food Anal. Methods*, 5:1427-1434 [10.1007/s12161-012-9401-y](https://doi.org/10.1007/s12161-012-9401-y).
- Jackson R.S. (2008). Chemical Constituents of Grapes and Wine, In *Food Science and Technology, Wine Science (Third Edition)*, Academic Press, Pages 270-331, ISBN 9780123736468, <https://doi.org/10.1016/B978-012373646-8.50009-3>.
- Janusz A., Capone D. L., Puglisi C. J., Perkins M. V., Elsey G. M. & Sefton M. A. (2003). (E)-1-(2,3,6-trimethylphenyl)buta-1,3-diene: a potent grape-derived odorant in wine. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(26), 7759–7763. <https://doi.org/10.1021/jf0347113>
- Kallithraka S., Abdel-Azeem A., Mohdaly A., Makris D. & Kefalas P. (2005). Determination of major anthocyanin pigments in Hellenic native grape varieties (*Vitis vinifera* sp.): Association with antiradical activity. *Journal of Food Composition and Analysis*. 18. 375-386. [10.1016/j.jfca.2004.02.010](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.02.010).
- Kallithraka S., Kotseridis Y., Kyraleou M., Proxenia N., Tsakiris A. & Karapetrou G. (2015). Erratum to Analytical phenolic composition and sensory assessment of selected rare Greek cultivars after extended bottle ageing [*Journal of the Science of Food and Agriculture* 95, (2015), 1638-1647, doi: 10.1002/jsfa.6865]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 95. 2353-2353. [10.1002/jsfa.7299](https://doi.org/10.1002/jsfa.7299).
- Kemp B., Botezatu A., Charnock H., Inglis D., Marchal R., Pickering G., Yang F. & Willwerth J. (2022) Chapter 26 - White winemaking in cold climates, Editor(s): Antonio Morata, *White Wine Technology*, Academic Press, Pages 339-354, ISBN 9780128234976, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823497-6.00007-7>.
- Kennedy J. A., Hayasaka Y., Vidal S., Waters E. J. & Jones G. P. (2001). Composition of grape skin proanthocyanidins at different stages of berry

- development. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(11), 5348–5355. <https://doi.org/10.1021/jf010758h>
- Kennedy J.A., Robinson S. & Walker M. (2007). Grape and Wine Tannins: Production, Perfection, Perception. *Practical Winery and Vineyard*.
 - Killian E. & Ough C.S. (1979). Fermentation Esters — Formation and Retention as Affected by Fermentation Temperature. *Am J Enol Vitic.* 30:301-305
 - Kotseridis Y., Baumes R. & Skroumounis G.K. (1998). Synthesis of labelled [2H4]β-damascenone, [2H2]2-methoxy-3- isobutylpyrazine, [2H3]α-ionone, and [2H3]β-ionone, for quantification in grapes, juices and wines. Dedicated to Dr. Claude Bayonove on the occasion of his retirement.1, *Journal of Chromatography A*, Volume 824, Issue 1, ,Pages 71-78,ISSN 0021-9673,[https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(98\)00650-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(98)00650-5).
 - Ku-Vera J. C., Jiménez-Ocampo R., Valencia-Salazar S. S., Montoya-Flores M. D., Molina-Botero I. C., Arango J., Gómez-Bravo C. A., Aguilar-Pérez C. F. & Solorio-Sánchez F. J. (2020). Role of Secondary Plant Metabolites on Enteric Methane Mitigation in Ruminants. *Frontiers in veterinary science*, 7, 584. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00584>
 - Kyraleou M., Gkanidi E., Koundouras S. & Kallithraka S. (2019). Tannin content and antioxidant capacity of five Greek red grape varieties. *Vitis -Geilweilerhof-*. 58. 69-75. [10.5073/vitis.2019.58.special-issue.69-75](https://doi.org/10.5073/vitis.2019.58.special-issue.69-75).
 - Kyraleou M., Kallithraka S., Koundouras S., Chira K., Haroutounian S., Spinthiopoulou H., & Kotseridis Y. (2015). Effect of vine training system on the phenolic composition of red grapes (*Vitis vinifera* L. cv. Xinomavro). *OENO One*, 49(1), 71–84. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2015.49.2.92>
 - Lacey M.J., Allen M.S., Harris R.L.N. & Brown W.V. (1991). Methoxypyrazines in Sauvignon blanc grapes and wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 42, 103–108.
 - Lachenmeier D. W., Monakhova Y. B., Rehm J., Kuballa T, & Straub I. (2013). Occurrence of carcinogenic aldehydes in alcoholic beverages from Asia. *International Journal of Alcohol and Drug Research*, 2 (2), 31-36. doi: 10.7895/ijadr.v2i2.88
 - Lasik-Kurdyś M., Majcher M. & Nowak J. (2018). Effects of Different Techniques of Malolactic Fermentation Induction on Diacetyl Metabolism and Biosynthesis of Selected Aromatic Esters in Cool-Climate Grape Wines. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(10), 2549. <https://doi.org/10.3390/molecules23102549>
 - Lajovic A., Nagy L. D., Guengerich F. P. & Bren U. (2015). Carcinogenesis of urethane: simulation versus experiment. *Chemical research in toxicology*, 28(4), 691–701. <https://doi.org/10.1021/tx500459t>
 - Larnbrechts M.G. & Pretorius I.S. (2000). Yeast and its importance to wine aroma - a review. *Special Issue South African Journal for Enology and Viticulture*, 21 pp. 97-129, <https://doi.org/10.21548/21-1-3560>
 - Li Z., Howell K., Fang Z. & Zhang P. (2020). Sesquiterpenes in grapes and wines: Occurrence, biosynthesis, functionality, and influence of winemaking processes. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 19(1), 247–281. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12516>

- Luan F., & Wüst M. (2002). Differential incorporation of 1-deoxy-D-xylulose into (3S)-linalool and geraniol in grape berry exocarp and mesocarp. *Phytochemistry*, 60(5), 451–459. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(02\)00147-4](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(02)00147-4)
- Luo J., Brotchie J., Pang M., Marriott P. J., Howell K., & Zhang P. (2019). Free terpene evolution during the berry maturation of five *Vitis vinifera* L. cultivars. *Food chemistry*, 299, 125101. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125101>
- Lytra G., Franc C., Cameleyre M., & Barbe J. C. (2017). Study of Substituted Ester Formation in Red Wine by the Development of a New Method for Quantitative Determination and Enantiomeric Separation of Their Corresponding Acids. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(24), 5018–5025. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00979>
- Makris D., Kallithraka S. & Kefalas P. (2006) Flavonols in grapes, grape products and wines: Burden, profile and influential parameters, *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 19, Issue 5, , Pages 396-404, ISSN 0889-1575, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.10.003>.
- Martínez Gil A., del Álamo-Sanza M., Gutiérrez-Gamboa G., Moreno-Simunovic Y. & Nevares I. (2018). Volatile composition and sensory characteristics of Carménère wines macerating with Colombian (*Quercus humboldtii*) oak chips compared to wines macerated with American (*Q. alba*) and European (*Q. petraea*) oak chips. *Food Chemistry*. 266. [10.1016/j.foodchem.2018.05.123](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.123).
- Mateo J.J. & Jiménez M. (2000). Monoterpenes in grape juice and wines. *Journal of Chromatography A*, Volume 881, Issues 1–2, Pages 557-567, ISSN 0021-9673, [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(99\)01342-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(99)01342-4).
- Mattivi F., Guzzon R., Vrhovsek U., Stefanini M. & Velasco R. (2006). Metabolite profiling of grape: Flavonols and anthocyanins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(20), 7692–7702. <https://doi.org/10.1021/jf061538c>
- May B. & Wüst M. (2012). Temporal development of sesquiterpene hydrocarbon profiles of different grape varieties during ripening. *Flavour and Fragrance Journal*, 27(4), 280–285. <https://doi.org/10.1002/ffj.3096>
- Morata A., Gómez-Cordovés M., Colomo B. & Suárez J. (2005). Cell wall anthocyanin adsorption by different *Saccharomyces* strains during the fermentation of *Vitis vinifera* L. cv Graciano grapes. *European Food Research and Technology*. 220. 341-346. [10.1007/s00217-004-1053-8](https://doi.org/10.1007/s00217-004-1053-8).
- Nanou E., Mavridou E., Milienos F. S., Papadopoulos G., Tempère S., & Kotseridis Y. (2020). Odor Characterization of White Wines Produced from Indigenous Greek Grape Varieties Using the Frequency of Attribute Citation Method with Trained Assessors. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(10), 1396. <https://doi.org/10.3390/foods9101396>
- Niu Y., Liu Y., & Xiao Z. (2020). Evaluation of Perceptual Interactions between Ester Aroma Components in Langjiu by GC-MS, GC-O, Sensory Analysis, and Vector Model. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(2), 183. <https://doi.org/10.3390/foods9020183>
- Noble A.C., Arnold R.A., Buechsenstein J., Leach E.J., Schmidt J.O. & Stern, P.M. (1987). Modification of a standardized system of wine aroma terminology. *Am. J. Enol. Vitic.*, 38, 143–146

- Noble A.C., Elliott-Fisk D. & Allen M. (1995). Vegetative flavor and methoxypyrazines in Cabernet-Sauvignon. In *Proceedings of Fruit Flavors: Biogenesis, Characterization, and Authentication*. Rouseff R.L., Leahy M.M. (Eds.), pp. 226-234. ACS Publications. doi:10.1021/bk-1995-0596.ch02
- OIV-MA-AS313-01, Total acidity (Oeno 551/2015)
- OIV-MA-AS313-15, pH (A31, Resolution Oeno 438/2011)
- OIV-MA-AS2-07B, Chromatic Characteristics (revised by 2009)
- OIV-MA-AS313-02, Volatile acidity (Reviewed by OIV-OENO 549-2015)
- OIV-MA-AS312-01A, Alcoholic strength by volume (Revised by resolution OIV-OENO 566-2016)
- Olejar K.J., Breitmeyer J., Wimalasiri P.M., Tian B., Field S.K. (2021). Detection of Sub-Aroma Threshold Concentrations of Wine Methoxypyrazines by Multidimensional GCMS. *Analytica* 2(1):1-13. <https://doi.org/10.3390/analytica2010001>
- Pedersen D. S., Capone D. L., Skouroumounis G. K., Pollnitz A. P., & Sefton, M. A. (2003). Quantitative analysis of geraniol, nerol, linalool, and alpha-terpineol in wine. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 375(4), 517–522. <https://doi.org/10.1007/s00216-002-1716-x>
- Perestrelo R., Rodriguez E. & Câmara J.S. (2017). Impact of storage time and temperature on furanic derivatives formation in wines using microextraction by packed sorbent tandem with ultrahigh pressure liquid chromatography. *LWT - Food Science and Technology*, v.76, p.40-47,. Available from: . Accessed: Nov. 29, 2018. doi: 10.1016/j.lwt.2016.10.041
- Pietta P. G. (2000). Flavonoids as antioxidants. *Journal of natural products*, 63(7), 1035–1042. <https://doi.org/10.1021/np9904509>
- Pineau B., Barbe J.C., Van Leeuwen C., & Dubourdieu D. (2007). Which impact for beta-damascenone on red wines aroma?. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(10), 4103–4108. <https://doi.org/10.1021/jf070120r>
- Piñeiro Z., Palma M., & Barroso C.G. (2004). Determination of catechins by means of extraction with pressurized liquids. *Journal of chromatography. A*, 1026(1-2), 19–23. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2003.10.096>
- Pinelo M., Arnous A. & Meyer, A.S. (2006). Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. *Trends in Food Science & Technology*. 17. 579-590. 10.1016/j.tifs.2006.05.003.
- Pisarnitskii A.F. (2001). Formation of Wine Aroma: Tones and Imperfections Caused by Minor Components (Review). *Applied Biochemistry and Microbiology* 37, 552–560 <https://doi.org/10.1023/A:1012390731145>
- Rakic V., Miljkovic V., Šnajder M., Miljkovic M.N. & Ulrih N. (2015). Influence of pH value on hue angle and visible absorption maxima of cyanidin 3-O-β-Glucopyranoside in aqueous solution. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*. 1. 457-463.

- Rapp A. & Mandery H. (1986). "Wine Aroma," *Experientia*, Vol. 42, No. 8, 1986, pp. 873-884. doi:10.1007/BF01941764
- Rapp A. & Versini G. (1995). Influence of nitrogen compounds in grapes on aroma compounds of wines, Editor(s): George Charalambous, *Developments in Food Science*, Elsevier, Volume 37, ,Pages 1659-1694,ISSN 0167-4501,ISBN 9780444820136, [https://doi.org/10.1016/S0167-4501\(06\)80257-8](https://doi.org/10.1016/S0167-4501(06)80257-8).
- Ramalho S.A., Gualberto N.C., Santos Leite Neta M., Batista R., Araújo S., Moreira, J. & Narain N. (2014). Catechin and Epicatechin Contents in Wines Obtained from Brazilian Exotic Tropical Fruits. *Food and Nutrition Sciences*. 05. 449-457. 10.4236/fns.2014.55053.
- Restrepo S., Espinoza L., Ceballos A., & Urtubia A. (2019). Production of Fatty Acids during Alcoholic Wine Fermentation under Selected Temperature and Aeration Conditions. *American Journal of Enology and Viticulture*, 70, 169 - 176.
- Ribéreau - Gayon P., Glories Y., Dubourdieu D., Rychlewski C. (2006). *Handbook of Enology Volume 2 The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments 2nd Edition*, vol. 6.2, 6.3, 6.4 pp 142 -183.
- Rinaldi A., & Moio L. (2020). Salivary Protein-Tannin Interaction: The Binding behind Astringency. In F. Cosme, F. M. Nunes, & L. Filipe-Ribeiro (Eds.), *Chemistry and Biochemistry of Winemaking, Wine Stabilization and Aging*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.93611>
- Sala C., Busto O., Guasch J. & Zamora F. (2004). Contents of 3-alkyl-2-methoxypyrazines in musts and wines from *Vitis vinifera* variety Cabernet Sauvignon: Influence of irrigation and plantation density. *J. Sci. Food Agric.* ;85:1131–1136. doi: 10.1002/jsfa.2068.
- Sarneckis C.J., Damberg R.G., Jones P.R., Mercurio M.D., Herderich M.J., & Smith, P.A. (2006). Quantification of condensed tannins by precipitation with methyl cellulose: development and validation of an optimised tool for grape and wine analysis. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 12, 39-49.
- Šehović D., Vlatka Petravić-Tominac & Marić Veljko. (2007). On higher alcohols in wine. *Periodicum Biologorum*. 109. 205-217.
- Serrano A., Espinoza C., Armijo G., Inostroza-Blancheteau C., Poblete E., Meyer-Regueiro C., Arce A., Parada F., Santibáñez C., & Arce-Johnson P. (2017). Omics Approaches for Understanding Grapevine Berry Development: Regulatory Networks Associated with Endogenous Processes and Environmental Responses. *Frontiers in plant science*, 8, 1486. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01486>
- Sheridan M.K. & Elias R.J. (2015). Exogenous acetaldehyde as a tool for modulating wine color and astringency during fermentation, *Food Chemistry*, Volume 177, Pages 17-22, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.077>.
- Shinohara T. (1985). Gas Chromatographic Analysis of Volatile Fatty Acids in Wines, *Agricultural and Biological Chemistry*, Volume 49, Issue 7, Pages 2211–2212, <https://doi.org/10.1080/00021369.1985.10867054>
- Slaghenaufi D., Vanzo L., Luzzini G., Arapitsas P., Marangon M., Curioni A., Mattivi F., Piombino P., Moio L., Versari A., Ricci A., Rio Segade S., Rolle L., & Ugliano M. (2021). Monoterpenoids and norisoprenoids in Italian red wines: This

- article is published in cooperation with Macrowine 2021, 23-30 June 2021. *OENO One*, 56(3), 185–193. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.3.5387>
- Somers T.C. & Vérette E. (1988). Phenolic Composition of Natural Wine Types. In: Linskens, H.F., Jackson, J.F. (eds) *Wine Analysis. Modern Methods of Plant Analysis*, vol 6. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-83340-3_8
 - Swiegers J.H. & Pretorius I.S. (2007). Modulation of volatile sulfur compounds by wine yeast. *Applied microbiology and biotechnology*, 74(5), 954–960. <https://doi.org/10.1007/s00253-006-0828-1>
 - Tarasov A., Garzelli F., Schuessler C., Fritsch S., Loisel C., Pons A., Patz C. D., Rauhut D., & Jung R. (2021). Wine Storage at Cellar vs. Room Conditions: Changes in the Aroma Composition of Riesling Wine. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(20), 6256. <https://doi.org/10.3390/molecules26206256>
 - Teixeira A., Eiras-Dias J., Castellarin S. D. & Gerós H. (2013). Berry phenolics of grapevine under challenging environments. *International journal of molecular sciences*, 14(9), 18711–18739. <https://doi.org/10.3390/ijms140918711>
 - Tena N., Martín J. & Asuero A. G. (2020). State of the Art of Anthocyanins: Antioxidant Activity, Sources, Bioavailability, and Therapeutic Effect in Human Health. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 9(5), 451. <https://doi.org/10.3390/antiox9050451>
 - Thibon C., Shinkaruk S., Jourdes M., Bennetau B., Dubourdieu D. & Tominaga T. (2010). Aromatic potential of botrytized white wine grapes: identification and quantification of new cysteine-S-conjugate flavor precursors. *Analytica chimica acta*, 660(1-2), 190–196. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2009.10.018>
 - Tominaga T., Darriet P. & Dubordieu D. (2015). Identification de l'acétate de 3-mercaptohexanol, composé à forte odeur de buis, intervenant dans l'arôme des vins de Sauvignon. *Vitis: Journal of Grapevine Research*, 35, 207-207.
 - Vashakidze P. & Bezhuashvili M., (2020). Higher Alcohols of Wine Transformation Regulation of Intermediate Products in Alcoholic Fermentation. *International Journal of Agriculture Innovations and Research Volume 8, Issue 5, ISSN (Online) 2319-1473*
 - Wahyuningsih S., Wulandari L.A., Wartono M.W., Munawaroh H. & Ramelan Ari. (2016). The Effect of pH and Color Stability of Anthocyanin on Food Colorant The Effect of pH and Color Stability of Anthocyanin on Food Colorant. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 193. 10.1088/1757-899X/193/1/012047.
 - Walker R. P., Chen Z. H., Tecsí L. I., Famiani F., Lea P. J. & Leegood R. C. (1999). Phosphoenolpyruvate carboxykinase plays a role in interactions of carbon and nitrogen metabolism during grape seed development. *Planta*, 210(1), 9–18. <https://doi.org/10.1007/s004250050648>
 - Williams P.J., Strauss C.R. & Wilson B. (1980). Hydroxylated linalool derivatives as precursors of volatile monoterpenes of muscat grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 28 (4), 766-771 doi: 10.1021/jf60230a037
 - Wood C., Siebert T. E., Parker M., Capone D. L., Elsey G. M., Pollnitz A. P., Eggers M., Meier M., Vössing T., Widder S., Krammer G., Sefton M. A. &

- Herderich M. J. (2008). From wine to pepper: rotundone, an obscure sesquiterpene, is a potent spicy aroma compound. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(10), 3738–3744. <https://doi.org/10.1021/jf800183k>
- Zhang C., Xiucan F., Chonghuai L. & Jinggui F. (2021). Anatomical Berry Characteristics During the Development of Grape Berries with Different Shapes. *Horticultural Plant Journal*. Volume 7, Issue 4, Pages 295-306, ISSN 2468-0141, <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2021.04.002>.
 - Zhang P. Z., Fuentes S., Siebert T., Krstic M., Herderich M., Barlow E. W. R. & Howell K. (2016). Terpene evolution during the development of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grapes. *Food Chemistry*, 204, 463–474. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.125>

5.2 Ελληνική βιβλιογραφία

- Βογιατζής Ι., Αργυράκης Γ., Τσακτσαρλής Β., Ζιάννης Δ. & Μαρίνος Β. (2005). Επίδραση ορισμένων τεχνικών οινοποίησης στο φαινολικό δυναμικό των οίνων Ο.Π.Α.Π. Νάουσα
- Δήμου Φ. Ε. (2012). Μελέτη των πτητικών συστατικών που συμμετέχουν στο άρωμα των οίνων από τις ερυθρές ποικιλίες Ξινόμαυρο και Μαυροτράγανο. Μεταπτυχιακή μελέτη.
- Εν.Ο.Α.Β.Ε. Α.Ε. (2005). Μελέτη «Επαναπροσδιορισμός των ζωνών Ο.Π.Α.Π. Νάουσας και Γουμένισσας», διαδημοτικό ΕΠΤΑ. Ανακτήθηκε από http://www.wineroads.gr/fileviewer.php?file_id=2291.
- Κανονισμός (ΕΚ) 1234/2007 άρθρο 118 γ, παράγραφος 2
- Κοτσερίδης Γ. (2020). Σημειώσεις τεχνολογίας οίνου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Αθήνα
- Κουνδουράς Σ. (2020). Σημειώσεις Αμπελουργίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Αθήνα
- Μπαλλά Κ. Ε. (2021). Επίδραση του ύψους και της κατανομής του φορτίου, κατά το χειμερινό κλάδεμα, στην πολυφαινολική σύσταση της ποικιλίας Ξινόμαυρο
- Νεοφύτου Σ. (2006). Αμπελογραφική Περιγραφή Ορισμένων Ελληνικών Ποικιλιών της Αμπέλου (*Vitis vinifera* L.) με τον Κώδικα Αμπελογραφικής Περιγραφής του Ο.Ι.Υ.
- Νικολάου Ν.Α., (2012), Αμπελογραφία, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
- Παληογιάννη Α. Π. (2007). Μελέτη Πτητικών Συστατικών Ελληνικών Οίνων & Αποσταγμάτων – Παραγωγή Βιολειτουργικών Οίνων με Βάση Φυτά του Γένους *Sideritis*.
- Σπινθηροπούλου Χ. (2000) Οινοποιήσιμες ποικιλίες του ελληνικού αμπελώνα olive press. Α θηνα
- Σταυρακάκης Μ. 2004 ειδική αμπελουργία ΙΙΙ, θεματα αμπελογραφίας.Πανεπιστημιακές παραδόσεις , Αθήνα

- Ταβερναράκη Ν., Μαρίνος Β. & Glories Υ. (1998). Το φαινολικό δυναμικό των σταφυλιών της ποικιλίας Ξινόμαυρο. Β Πανελλήνιο Συνέδριο οιολογίας
- Ταραντίλης Π. (2020), Σημειώσεις μαθήματος χημεία γλεύκους-οίνου, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Αθήνα
- Τσαγγαράτος Γ. Παναγιώτης. (2020). Μελέτη Οινολογικού Δυναμικού Κλώνων Ελληνικών Ποικιλιών Αμπέλου
- Τσακίρης Α. (2003). Ελληνική οινογνωσία. Εκδόσεις Ψύχαλου. Αθήνα
- Τσιολάκη Ε. 2018. Αξιολόγηση οίνων που προέρχονται από διαφορετικούς κλώνους και αμπελώνες της ελληνικής οινοποιήσιμης ποικιλίας «Ξινόμαυρο».

5.3 Websites (ιστοσελίδες)

- Measuring tannins in grapes and red wine using the MCP (methyl cellulose precipitable) tannin assay, (2009), AWRI, www.awri.com.au
- <https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/2018/03/s1982.pdf>
- <https://winesofgreece.org/el/varieties>
- <https://anavasi.gr/blog>
- <https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/2013/08/francis-W07-AWITC15.pdf>
- Karakasis Yiannis & Kotseridis George. (2022, October 26) greek-varieties/xinomavro. <https://www.karakasis.mw/greek-varieties/xinomavro>
- Francis Leigh (28/10/2022). Fermentation-derived aroma compounds and grape-derived monoterpenes. <https://www.awri.com.au/wp-content/uploads/2013/08/francis-W07-AWITC15.pdf>