



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

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Επίδραση βιοδιεγερτών (Chitozan & Benzothiadiazole) και φυτο-ορμονών (Abscisic Acid) στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά σταφυλιών και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων οίνων από αυτά στην ερυθρή ποικιλία Μούχταρο

**Ευφροσύνη Κ. Κλειδωνάρη**

Επιβλέπων καθηγητής:  
Κοτσερίδης Γεώργιος, Καθηγητής ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ 2023**

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

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Επίδραση βιοδιεγερτών (Chitozan & Benzothiadiazole) και φυτο-ορμονών (Abscisic Acid) στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά σταφυλιών και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων οίνων από αυτά στην ερυθρή ποικιλία Μούχταρο

Impact of biostimulants (Chitozan & Benzothiadiazole) and phytohormones (Abscisic Acid) on the grape physiochemical characteristics and on the quality characteristics of the wines produced in the red variety Mouhtaro

**Ευφροσύνη Κ. Κλειδωνάρη**

Εξεταστική επιτροπή:

Κοτσερίδης Γεώργιος, Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Καλλίθρακα Σταματίνα, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Γαρδέλη Χρυσανγή, Επίκουρη Καθηγήτρια ΓΠΑ

## **Επίδραση βιοδιεγερτών (Chitozan & Benzothiadiazole) και φυτο-ορμονών (Abscisic Acid) στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά σταφυλιών και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων οίνων από αυτά στην ερυθρή ποικιλία Μούχταρο**

*ΠΜΣ Σύγχρονη τεχνολογία τροφίμων: Γαλακτοκομία - Οινολογία  
Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου  
Εργαστήριο Οινολογίας και Αλκοολούχων Ποτών*

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκαν τα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στους παραγόμενους οίνους της ερυθρής ποικιλίας Μούχταρο ύστερα από την εφαρμογή φυτοορμονών και βιοδιεγερτών στο στάδιο του περκασμού. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε η επίδραση του αμπισσικού οξέος (ABA), της βενζοθειαδιαζόλης (BTH) και της χιτοζάνης (CHT) σε τρεις διαφορετικές δοσολογίες (χαμηλή, μεσαία και υψηλή), σε τρεις επαναλήψεις, ενώ χρησιμοποιήθηκαν και σταφύλια στα οποία δεν είχε γίνει καμία παρέμβαση, ως μάρτυρες. Εξετάστηκε η επίδραση τους στο pH, στην ολική οξύτητα και στην σακχαροπεριεκτικότητα του γλεύκους. Ακολούθησε διαδικασία τυπικής ερυθρής οινοποίησης και στους οίνους που προέκυψαν πραγματοποιήθηκαν οι βασικές αναλύσεις (pH, ολική οξύτητα, αλκοολικός τίτλος, πτητική οξύτητα) και αναλύσεις φαινολικών συστατικών και χρώματος (ένταση, απόχρωση, ΔΦΟ, ολικές ανθοκυάνες, τανίνες με τις μεθόδους MCP και BSA) ενώ το προφίλ των ανθοκυανών των οίνων εξετάστηκε με τη χρήση HPLC. Με εκχύλιση υγρού/υγρού και GC-MS αναλύθηκαν, ταυτοποιήθηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν οι πτητικές ενώσεις (ανώτερες αλκοόλες, οξικοί εστέρες, αιθυλεστέρες, πτητικά λιπαρά οξέα, ευγενόλη, τερπένια). Τέλος, στους οίνους πραγματοποιήθηκε οργανοληπτική αξιολόγηση με τη βοήθεια πάνελ 11 ατόμων.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των οίνων τόσο ως προς τις χημικές τους αναλύσεις, όσο και ως προς την οργανοληπτική τους αξιολόγηση. Ειδικότερα, στο γλεύκος οι υψηλότερες μετρήσεις στο pH, στην ολική οξύτητα και στην περιεκτικότητα σακχάρων παρουσιάστηκαν στην εφαρμογή της BTH ενώ, οι χαμηλότερες σε αυτή του ABA. Σε ότι αφορά τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στους παραγόμενους οίνους, το ABA εμφάνισε υψηλή ολική οξύτητα, ένταση χρώματος και τις υψηλότερες μετρήσεις στις μονομερείς ανθοκυάνες (δελφινιδίνη, πετουνιδίνη, πεονιδίνη, μαλβιδίνη), στον κουμαρικό εστέρα της μαλβιδίνης όπως, επίσης και στους ολικούς αιθυλεστέρες και τα ολικά λιπαρά οξέα. Είχε τις χαμηλότερες τιμές στο pH, στην πτητική οξύτητα, στην απόχρωση, στο ΔΦΟ, στις τανίνες (MCP), στις ολικές αλκοόλες και στους ολικούς οξικούς εστέρες. Η CHT είχε υψηλή πτητική οξύτητα ενώ αύξηση σημειώθηκε στις ολικές ανθοκυάνες, στον οξικό εστέρα της μαλβιδίνης και στους ολικούς οξικούς εστέρες, ενώ διαπιστώθηκε μείωση στην ολική οξύτητα, στον αλκοολικό τίτλο, στις τανίνες (MCP) και στους ολικούς αιθυλεστέρες. Στις βασικές αναλύσεις των οίνων, η BTH είχε υψηλό pH και αλκοολικό τίτλο, υψηλή απόχρωση και ΔΦΟ, υψηλά επίπεδα τανινών και τερπενίων. Παράλληλα, χαμηλότερες τιμές διαπιστώθηκαν στην ένταση του χρώματος, στις ολικές ανθοκυάνες και στα ολικά λιπαρά οξέα. Υπό την επίδραση της BTH, οι μετρήσεις των μονομερών ανθοκυανών και αυτές του οξικού και κουμαρικού εστέρα της μαλβιδίνης στους παραγόμενους οίνους ήταν οι χαμηλότερες συγκριτικά με τον μάρτυρα και τις υπόλοιπες εφαρμογές. Σε ότι αφορά την οργανοληπτική αξιολόγηση των παραγόμενων οίνων, την υψηλότερη βαθμολογία συγκέντρωσαν συνολικά οι οίνοι ABA, έπειτα οι οίνοι CHT και τέλος οι οίνοι BTH.

**Επιστημονική περιοχή:** Μελέτη των χαρακτηριστικών της ερυθρής ποικιλίας Μούχταρο.

**Λέξεις κλειδιά:** Μούχταρο, ερυθρός οίνος, φυτοορμόνη, βιοδιεγέρτης, αμπισσικό οξύ, βενζοθειαδιαζόλη, χιτοζάνη

## **Impact of biostimulants (Chitozan & Benzothiadiazole) and phytohormones (Abscisic Acid) on the grape physiochemical characteristics and on the quality characteristics of the wines produced in the red variety Mouhtaro**

*MSc Current Food Technology: Dairy Research-Oenology  
Department of Food Science and Human Nutrition  
Laboratory of Enology and Alcoholic Drinks*

### **ABSTRACT**

In the present work, the physiochemical and sensory characteristics of the wine produced by the red variety Mouhtaro were investigated after the application of phytohormones and biostimulants at the veraison stage. Specifically, the effect of abscisic acid (ABA), benzothiadiazole (BTH) and chitosan (CHT) was studied by applying three different dosages (low, medium, and high) in three replications while grapes were also used in which no treatment had been made, as controls. Their effect on the pH, total acidity and sugar content of the must was examined. A standard red vinification process followed and the resulting wines were subjected to basic analysis (pH, total acidity, alcoholic strength, volatile acidity) and analysis of phenolic components and color (intensity, hue, DFO, total anthocyanins, tannins using the MCP and BSA methods) while the anthocyanin profile of the wines was examined using HPLC. By liquid/liquid extraction and GC-MS the volatile compounds (higher alcohols, acetates, ethyl esters, volatile fatty acids, eugenol, terpenes) were analyzed, identified and quantified. Finally, the wines were subjected to an organoleptic evaluation with the help of a panel of 11 people.

The results of the research showed statistically significant differences among the wines both in terms of their chemical analyses and in terms of their sensory evaluation. In particular, the must showed the highest measurements in pH, total acidity and sugar content in the application of BTH while the lowest in that of ABA. In terms of the analyses carried out on the wines produced, ABA showed high total acidity, color intensity and the highest measurements of monomeric anthocyanins (delphinidin, petunidin, petunidin, peonidin, malvidin), malvidin coumaric ester as well as total ethyl esters and total fatty acids. It had the lowest values in pH, volatile acidity, hue, TFI, tannins (MCP), total alcohols and total acetates. CHT had high volatile acidity while there was an increase in total anthocyanins, malvidin acetate and total acetates, while a decrease in total acidity, alcohol content, tannins (MCP) and total ethyl esters was observed. In the classical analyses of the wines, BTH had high pH and alcohol content, high hue and TFI, high levels of tannins and terpenes. At the same time, lower values were found in color intensity, total anthocyanins and total fatty acids. Under the effect of BHT, measurements of monomeric anthocyanins and those of malvidin acetate and coumaric ester on the wines produced, were the lowest compared to the control and the other applications. Regarding the organoleptic evaluation of the produced wines, the highest overall score was collected by the ABA wines, then by the CHT wines and finally by the BTH wines.

**Scientific area:** Study of the characteristics of the red Mouhtaro variety

**Key words:** Mouhtaro, red wine, phytohormone, biostimulant, abscisic acid, benzothiadiazole, chitosan

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	
ABSTRACT .....	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Η ερυθρή ποικιλία Μούχταρο.....	1
1.2 Οίνος και σταφύλι.....	2
1.3 Σύσταση του σταφυλιού .....	2
1.4 Στάδια ανάπτυξης .....	3
1.5 Τα οργανικά οξέα του σταφυλιού.....	4
1.5.1 Τρυγικό οξύ.....	5
1.5.2 Μηλικό οξύ .....	5
1.5.3 Κιτρικό οξύ .....	6
1.6 Οργανικά οξέα που σχηματίζονται από ζυμώσεις και μικροβιακές αλλοιώσεις.....	6
1.6.1 Ηλεκτρικό οξύ.....	7
1.6.2 Οξικό οξύ .....	7
1.6.3 Πυροσταφυλικό οξύ .....	7
1.6.4 Γαλακτικό οξύ .....	8
1.7 Φαινολικές ενώσεις του οίνου .....	8
1.7.1 Φαινολικά οξέα (Μη φλαβονοειδείς φαινόλες) .....	9
1.7.2 Φλαβονοειδείς φαινόλες.....	11
1.8 Πτητικές ενώσεις αρώματος του οίνου.....	13
1.8.1 Πρωτογενές ή ποικιλιακό άρωμα.....	14
1.8.2 Δευτερογενές άρωμα.....	14
1.8.3 Τριτογενές άρωμα .....	15
1.9 Κατηγορίες πτητικών ενώσεων στους οίνους.....	15
1.9.1 Αλκοόλες.....	15
1.9.2 Εστέρες.....	16
1.9.3 Καρβονυλικές ενώσεις .....	16
1.9.4 Τερπένια .....	17
1.9.5 Λακτόνες .....	18
1.9.6 Μεθοξυπυραζίνες .....	18
1.9.7 Πτητικά οργανικά οξέα .....	19
1.9.8 Πτητικές φαινόλες .....	20
1.9.9 Θειούχες ενώσεις.....	20
1.10 Φυτοορμόνες και Βιοδιεγέρτες.....	21
1.10.1 Αμπσισικό οξύ (ABA) .....	23
1.10.2 Χιτοζάνη (CHT).....	24

1.10.3 Βενζοθειαδιαζόλη (BTH).....	25
1.11 Σκοπός της μελέτης.....	27
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	28
2.1 Προεργασία στον αμπελώνα.....	28
2.2 Πρωτόκολλο Ερυθρής Οινοποίησης.....	30
2.3 Βασικές αναλύσεις γλεύκους - οίνου.....	30
2.3.1 Προσδιορισμός της σακχαροπεριεκτικότητας με διαθλασιμετρία .....	30
2.3.2 Προσδιορισμός ενεργούς οξύτητας – pH.....	31
2.3.3 Προσδιορισμός Τιτλοδοτούμενης Οξύτητας .....	31
2.3.4 Προσδιορισμός Πτητικής Οξύτητας .....	31
2.3.5 Προσδιορισμός Αλκοολικού Τίτλου .....	32
2.3.6 Προσδιορισμός Χρωματικών Χαρακτηριστικών .....	32
2.3.7 Προσδιορισμός ΔΦΟ.....	33
2.3.8 Ολικές Ανθοκυάνες .....	33
2.3.9 Προσδιορισμός Τανινών με τη μέθοδο MCP (Methyl Cellulose Precipitable) .....	34
2.3.10 Προσδιορισμός Τανινών με τη μέθοδο BSA (Bovine Serum Albumin) .....	34
2.3.11 Προσδιορισμός ανθοκυανών με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC).....	35
2.3.12 Πρωτόκολλο εκχύλισης πτητικών συστατικών των οίνων, ταυτοποίηση και ποσοτική ανάλυση με αέρια χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας (GC-MS).....	36
2.4 Οργανοληπτική Αξιολόγηση .....	38
2.5 Στατιστική ανάλυση.....	39
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	40
3.1 Αναλύσεις γλεύκους .....	40
3.1.1 pH.....	40
3.1.2 Ολική οξύτητα.....	40
3.1.3 Περιεκτικότητα σακχάρων .....	41
3.2 Αναλύσεις οίνων .....	42
3.2.1 pH.....	42
3.2.2 Ολική οξύτητα.....	42
3.2.3 Αλκοολικός τίτλος.....	43
3.2.4 Πτητική οξύτητα .....	44
3.2.5 Χρωματικά χαρακτηριστικά.....	44
3.2.6 Δείκτης φαινολικών ουσιών .....	45
3.2.7 Ολικές ανθοκυάνες.....	46
3.2.8 Τανίνες BSA και MCP .....	47
3.2.9 Ανθοκυάνες με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης HPLC.....	48
3.2.10 Πολυπαραγοντική ανάλυση χημικών αναλύσεων και ανθοκυανών HPLC.....	51
3.2.11 Πτητικά συστατικά του οίνου .....	52

3.3 Οργανοληπτική αξιολόγηση .....	56
3.4 Πολυπαραγοντική ανάλυση πτητικών συστατικών και οργανοληπτικής αξιολόγησης	58
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	60
4.1 Γλεύκος .....	60
4.2 Οίνοι .....	61
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	67
5.1 Διεθνής βιβλιογραφία .....	67
5.2 Ελληνική Βιβλιογραφία .....	75
5.3 Ιστοσελίδες .....	75
6. Παράρτημα .....	76

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Η ερυθρή ποικιλία Μούχταρο

Είναι μια σπάνια γηγενής ερυθρή ποικιλία η οποία καλλιεργείται κυρίως στην περιοχή της Βοιωτίας. Πιστεύεται ότι το Μούχταρο είναι κλώνος της Μανδηλαριάς και ότι σχετίζεται στενά με τη «Μαύρη Κούνδουρα». Παρόλο που είναι σε μεγάλο βαθμό ανεκμετάλλευτο, μερικές πειραματικές ζυμώσεις έχουν δείξει υψηλή οξύτητα, ένταση χρώματος και συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων, με αρώματα κόκκινων φρούτων, πικάντικα και βοτανικά αρώματα (Christophi *et al.*, 2021).

Το Μούχταρο είναι μια ποικιλία δύσκολη και δύστροπη τόσο στην καλλιέργεια όσο και στην οινοποίηση. Στα βορειοδυτικά της Αθήνας, στην περιοχή της Βοιωτίας, βρίσκεται η Κοιλιάδα των Μουσών, που σχηματίζεται στις πλαγιές του Ελικώνα από τη σύντομη ροή του ποταμού Πέρμησσου στο δρόμο του προς τη θάλασσα. Στην αρχαιότητα, το ειδυλλιακό τοπίο της κοιλάδας ήταν το σπίτι των 9 Μουσών, κόρες του Δία, και του Ησίοδου, ενός από τους μεγαλύτερους ποιητές της αρχαίας Ελλάδας, ο οποίος γεννήθηκε και έγραψε τα έργα του στην αρχαία Άσκρα, μια πόλη «πλούσια σε σταφύλια» όπως λεγόταν τότε, η σύγχρονη Άσκρα. Αυτό είναι το μέρος όπου βρίσκονται οι αμπελώνες του Κτήματος Μούσες ([www.musesestate.com](http://www.musesestate.com)).

Οι ιδιόκτητοι αμπελώνες μοιράζονται στρατηγικά σε τρεις προικισμένες περιοχές, στις θέσεις Τουρίκι, Λαχός και Βρουσαλιά, γύρω από την Κοιλιάδα των Μουσών. Οι συνθήκες είναι ιδανικές για την ανάπτυξη των σταφυλιών. Το υψόμετρο των 450-550μ., οι κλίσεις (5 - 10 %) οι οποίες βοηθούν στην αποστράγγιση και οι ψυχροί άνεμοι από τον Ελικώνα που δημιουργούν μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας ανάμεσα σε μέρα και νύχτα, συντελούν σημαντικά στην τέλεια και χωρίς ασθένειες, ωρίμανση του Μούχταρου (<http://www.botilia.gr>, [www.oinotypo.gr](http://www.oinotypo.gr)).

Συνώνυμα ονόματα της ποικιλίας είναι το μουχτούρι, μαύρο αραχωβίτικο, μουχτάρμα, μούχτουρο. Έχει πολύ χαμηλή στρεμματική απόδοση (450 kg/στρέμμα) και καταλαμβάνει έκταση μόλις 130 στρέμματα όπου διαμορφώνεται σε κυπελλοειδές και γραμμικό κορδόνι. Η τεχνολογική ωρίμανση της έρχεται τέλη Σεπτεμβρίου. Ακόμα, η σταφυλή είναι μεγάλη, απλή και πυκνόραχη, καθώς και η ράγα μεσαίου μεγέθους και σφαιρική. Το πρέμνο είναι ζωηρό, μέσης προς μεγάλης παραγωγικότητας. Επιπρόσθετα, δίνει ερυθρούς και ροζέ οίνους με δυνατότητα παλαίωσης αν και διερευνάται ακόμα η εξέλιξη της στο χρόνο. Οι παραγόμενοι οίνοι έχουν βαθύ βυσσινί χρώμα, αρώματα κόκκινων φρούτων, μπαχαρικών και βοτάνων. Επίσης, έχουν υψηλή οξύτητα και μαλακές τανίνες. Συμμετέχει στους οίνους ΠΓΕ «Θήβας» και «Στερεάς Ελλάδας».

Γύρω στο 700 π.Χ., οι εννέα Μούσες εμφανίστηκαν ενώπιον ενός νεαρού βοσκού για να του προσφέρουν την έμπνευση που θα τον έκανε έναν από τους μεγαλύτερους ποιητές της αρχαιότητας. Αυτός ήταν ο Ησίοδος, ιδρυτής της ελληνικής μυθολογίας και πλούσια πηγή γνώσης σε θέματα όπως η γεωργία, η αστρονομία και η οικονομία, θεωρείται από πολλούς ως ο πρώτος οικονομολόγος της Ευρώπης. Στα ποιήματά του μαρτυρείται για πρώτη φορά η οινοποίηση. Πιθανότατα επρόκειτο για κρασί από μια ποικιλία που λέγεται Μούχταρο, που καλλιεργείται στην περιοχή Άσκρα. Έκτοτε, το αμπέλι είναι η κύρια καλλιέργεια της περιοχής και το κρασί βασικό συστατικό του τοπικού πολιτισμού ([www.musesestate.com](http://www.musesestate.com)).



## 1.2 Οίνος και σταφύλι

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία:

«Οίνος καλείται το ποτό που προέρχεται αποκλειστικά από ολική ή μερική αλκοολική ζύμωση νωπών σταφυλιών ή γλεύκους εκ νωπών σταφυλιών (Νόμος 396/76 ΦΕΚ 198/Α/31-7-1976)».

Ο ίδιος ορισμός με κάποιες διευκρινήσεις δίνεται στην νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης: «Οίνος ή κρασί καλείται το προϊόν που παράγεται αποκλειστικά με αλκοολική ζύμωση, ολική ή μερική, νωπών σταφυλιών, σπασμένων ή όχι, ή γλεύκους σταφυλιών». Κανονισμός (Ε.Ο.Κ.) 822/87, Παράρτημα Ι. Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων L 84/27-3-1987).

Το σταφύλι αποτελεί τον καρπό του φυτού της αμπέλου, ενός αναρριχητικού φυτού, η μεγάλη προσαρμοστικότητα του οποίου, σε ένα ευρύ φάσμα κλιματικών συνθηκών, είχε ως αποτέλεσμα την καθιέρωσή του, από την αρχαιότητα κιόλας, ως ένα από τα βασικά καλλιεργήσιμα γεωργικά αγαθά. Το σταφύλι μπορεί να καταναλωθεί ωμό, ενώ ο χυμός του σταφυλιού (γλεύκος) χρησιμοποιείται, ακόμα, ως πρώτη ύλη για την παραγωγή κρασιού, η οποία πραγματοποιείται με τη μετατροπή των σακχάρων του σταφυλιού σε αιθυλική αλκοόλη (αιθανόλη) μέσω του μεταβολισμού των ζυμομυκήτων, μια διαδικασία που ονομάζεται αλκοολική ζύμωση. Εκτός από το ότι αποτέλεσε ένα από τα πρώτα καταγεγραμμένα μεταποιητικά και εμπορικά προϊόντα της ιστορίας, η παραγωγή του οποίου χρονολογείται από το 5000 π.Χ. στη Μέση Ανατολή, το κρασί θεωρείται διαχρονικά ως ένα κατεξοχήν πολιτισμικό αγαθό, αναπόσπαστο κομμάτι των κοινωνικών συναθροίσεων και μάρτυρας ευημερίας και ανάπτυξης του εκάστοτε, και δη του ελληνικού πολιτισμού.

Τα σταφύλια παράγονται από φυτά του γένους *Vitis* και το πιο ευρέως καλλιεργούμενο είδος αμπέλου, είναι το *Vitis vinifera* που περιλαμβάνει περίπου 60 είδη αμπέλων αντιπροσωπεύοντας πάνω από το 90% των σταφυλιών στην αγορά. Είναι το κυρίαρχο είδος σταφυλιού για την παραγωγή οίνου, σταφίδων όπως και για τα επιτραπέζια σταφύλια (Venkitasamy *et al.*, 2019, Owens, 2018).

## 1.3 Σύσταση του σταφυλιού

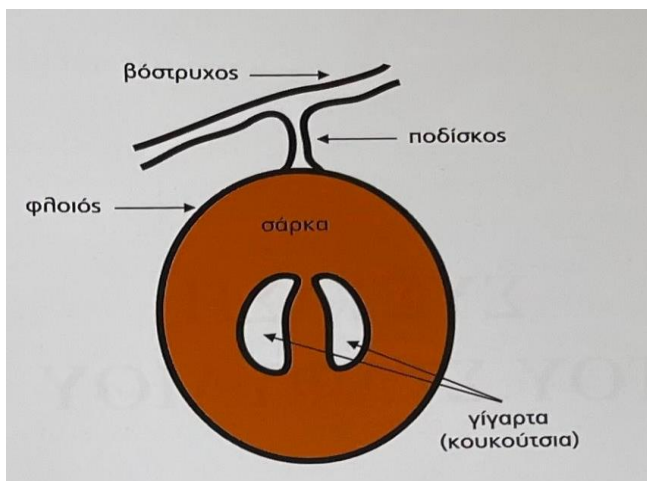
Η σταφυλή (βότρυς) είναι ο καρπός του αμπελιού και αποτελείται από τις ράγες και το ξυλώδες μέρος που ονομάζεται βόστρυχος. Ο βόστρυχος αποτελεί το 3-7% του συνολικού βάρους του σταφυλιού και είναι ιδιαίτερα πλούσιος σε πολυφαινόλες. Στο 90% των περιπτώσεων αφαιρείται κατά τη διαδικασία της οινοποίησης. Αποτελείται από νερό, τανίνες και ανόργανα άλατα (Εικόνα 1).

Οι ράγες αποτελούν το 93-97% κατά βάρος της σταφυλής και το 70% κατ' όγκο. Αποτελούνται από:

- το φλοιό, που αποτελεί το 10-20% του συνολικού βάρους της ράγας και ο ρόλος του στην οινοποίηση είναι σημαντικός. Μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα δερματώδες σύστημα το οποίο περιλαμβάνει την εφυμενίδα η οποία καλύπτεται από ένα κηρώδες επικάλυμμα, και την ανθηρότητα, η οποία ελέγχει την επιδερμική αναπνοή και εμποδίζει τα εγκαύματα και την ανάπτυξη ευρωτιάσεων στο φυτό. Στον φλοιό εμπεριέχονται ανθοκυάνες, τανίνες και οι πτητικές και πρόδρομες ενώσεις του αρώματος. Η παρουσία αρωματικών ενώσεων είναι χαρακτηριστικό του φλοιού και για το λόγο αυτό έχει μεγάλη οινολογική σημασία για την παραγωγή του οίνου.
- τη σάρκα, η οποία αποτελεί το 74-87% του βάρους των ραγών. Περιέχει νερό (65-85%), σάκχαρα (10-30%), πηκτινικές ύλες, αζωτούχες ουσίες, τανίνες, οργανικά οξέα τα οποία καθορίζουν το pH του οίνου (2,8-4,2), όπως και λίγες πτητικές και πρόδρομες ενώσεις.

- τα γίγαντα, που αποτελούν το 3-6% του βάρους των ραγών. Είναι τα όργανα αναπαραγωγής της αμπέλου και είναι πλούσια σε φαινολικά συστατικά (τανίνες και μονομερείς κατεχίνες), τα οποία συνεισφέρουν στις τανίνες του κρασιού. Το μέγεθος και η σύσταση των ραγών επηρεάζεται από την παρουσία των γιγάρτων: όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των γιγάρτων τόσο μεγαλύτερου όγκου είναι η ράγα με συγκριτικά μικρότερες συγκεντρώσεις σε σάκχαρα και νιτρώδη συστατικά αλλά με μεγαλύτερα επίπεδα οξύτητας.

Κατά την οινοποίηση, τα στερεά μέρη του σταφυλιού, οι βόστρυχοι και τα κουκούτσια αποκαλούνται στέμφυλα έπειτα από την εξαγωγή των υγρών. (Τσακίρης, 2020; Κοτσερίδης, 2019, Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).



Εικόνα 1. Απεικόνιση της τομής ράγας σταφυλιού (Τσακίρης, 2020).

#### 1.4 Στάδια ανάπτυξης

Η πορεία ανάπτυξης του σταφυλιού χωρίζεται σε τρεις φάσεις, λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους όπως η διάμετρος της ράγας, το βάρος και ο όγκος:

- Περίοδος ανάπτυξης ραγών

Κατά την πρώτη αυτή περίοδο η ράγα έχει πράσινο χρώμα, λόγω της χλωροφύλλης που περιέχει και η σάρκα της είναι σκληρή και συνεκτική. Είναι η περίοδος κατά την οποία ο καρπός έχει μικρό μέγεθος και παράγει σάκχαρα, άμυλο, οξέα και φαινολικά συστατικά. Σε αυτή την πρώτη φάση γίνεται αύξηση του βάρους και του όγκου. Τα οξέα που περιέχονται αυξάνονται στα 20g/1.000g σταφυλιού. Τα σάκχαρα είναι στο ίδιο περίπου ποσοστό με τα οξέα (Τσακίρης, 2020). Είναι μια αρχική φάση ταχείας ανάπτυξης που διαρκεί 45 έως 65 ημέρες, ανάλογα με την ποικιλία αμπέλου και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η κυτταρική ανάπτυξη ξεκινά περίπου 2 εβδομάδες μετά τη γονιμοποίηση και συνεχίζεται μέχρι το τέλος της πρώτης φάσης. Κατά τη διάρκεια αυτής της πρώτης περιόδου, η χλωροφύλλη είναι η κυρίαρχη χρωστική ουσία. Υπάρχει έντονη μεταβολική δραστηριότητα, που χαρακτηρίζεται από αυξημένη αναπνευστική ένταση και ταχεία συσσώρευση οξέων.

- Περίοδος περκασμού

Είναι η περίοδος κατά την οποία η ράγα αλλάζει χρώμα διογκώνεται και γίνεται πιο ελαστική. Τα γίγαντα αλλάζουν όψη και δομή. Οι ερυθρές χρωστικές εμφανίζονται στις ράγες των ερυθρών ποικιλιών και οι αντίστοιχες χρωστικές στις λευκές ποικιλίες. Σε ένα αγροτεμάχιο αμπελώνα, αυτή η φάση διαρκεί 8 έως 15 ημέρες ή περισσότερο εάν η ανθοφορία είναι πολύ αργή. Έχουμε απότομη μείωση της οξύτητας και αύξηση των σακχάρων.

- Περίοδος ωρίμανσης

Ωρίμανση είναι η περίοδος που ακολουθεί μετά την αλλαγή του χρώματος της ράγας μέχρι την πλήρη ωρίμανση. Η οξύτητα μειώνεται και ξεκινά απότομα η αύξηση της συσσώρευσης των σακχάρων. Σε αυτή την περίοδο, η ράγα συνεχίζει να αυξάνει σε μέγεθος και να μαλακώνει. Αυτή η τελική περίοδος διαρκεί 35 έως 55 ημέρες, κατά την οποία το σταφύλι συσσωρεύει ελεύθερα σάκχαρα, κατιόντα όπως κάλιο, αμινοξέα και φαινολικές ενώσεις, ενώ οι συγκεντρώσεις μηλικού οξέος και αμμωνίου μειώνονται. Αυξάνεται η φρουκτόζη, μειώνεται η γλυκόζη και η σχέση γλυκόζης προς φρουκτόζη φτάνει κοντά στο 0,95. Το σταφύλι φτάνει στη βιολογική ωρίμανση όταν τα γίγαρτα αποκτούν την ικανότητα να βλαστήσουν (Τσακίρης, 2020, Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

### 1.5 Τα οργανικά οξέα του σταφυλιού

Τα οργανικά οξέα συμβάλλουν σημαντικά στη σύνθεση, στη σταθερότητα και στις οργανοληπτικές ιδιότητες των κρασιών, ιδιαίτερα των λευκών (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006). Στον Πίνακα 1. παρατίθενται τα επίπεδα ορισμένων οργανικών οξέων και τα χαρακτηριστικά που προσδίδουν στο κρασί. Τα κύρια οργανικά οξέα που βρίσκονται στα σταφύλια είναι το τρυγικό, το μηλικό και το κιτρικό.

Προέρχονται από δύο πηγές:

- απευθείας από σταφύλια (το τρυγικό και το μηλικό οξύ αντιπροσωπεύουν πάνω από το 90% των συνολικών οξέων που υπάρχουν και σε μικρότερο βαθμό το κιτρικό οξύ)
- ως αποτέλεσμα της μικροβιολογικών δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα πριν, κατά τη διάρκεια ή μετά την αλκοολική ζύμωση και μηλογαλακτική ζύμωση (γαλακτικό, οξικό και ηλεκτρικό οξύ) (Robles *et al.*, 2019, Chidi *et al.*, 2018).

Ενώ το πιο συχνά μετρούμενο χαρακτηριστικό της οξύτητας του κρασιού είναι η ολική οξύτητα και το pH, ορισμένα οργανικά οξέα είναι σημαντικοί δείκτες για τη διαχείριση της ζύμωσης, τη γεύση και το άρωμα του κρασιού. Το μηλικό οξύ παρακολουθείται για να μετρηθεί η πρόοδος της μηλογαλακτικής ζύμωσης, το οξικό οξύ παρακολουθείται ως δείκτης προβλημάτων ζύμωσης ή αλλοίωσης και το κιτρικό οξύ μπορεί να προστεθεί για τη ρύθμιση της οξύτητας (Chidi *et al.*, 2018).

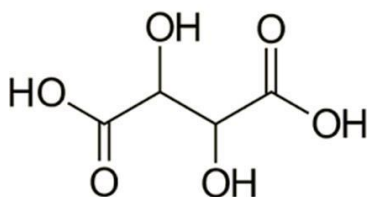
Η παρακολούθηση των οργανικών οξέων στο κρασί είναι υψίστης σημασίας για τον έλεγχο της ποιότητας και την διαδικασία της οινοποίησης. Τα οργανικά οξέα έχουν σημαντικό ρόλο στη μικροβιολογική και φυσικοχημική σταθερότητα και τις αισθητηριακές ιδιότητες των κρασιών (Peres *et al.*, 2009).

Πίνακας 1. Οργανικά οξέα και τα χαρακτηριστικά που προσδίδουν στο κρασί (Chidi, 2016).

Οργανικά οξέα	Επίπεδα (gr/L)	Χαρακτηριστικά
Τρυγικό οξύ	4.5 - 15	Όξινη γεύση
Μηλικό οξύ	2 - 6.5	Πικρή γεύση
Κιτρικό οξύ	0.5 - 1.0	Γεύση φρεσκάδας
Οξικό οξύ	0.2 - 0.6	Όξινο άρωμα
Πυρουβικό οξύ	0.01 - 0.5	Ελαφρώς πικρό
Ηλεκτρικό οξύ	0.5 - 1.5	Αλμυρή - Πικρή γεύση

Η εξέλιξη του τρυγικού και μηλικού οξέος στα σταφύλια είναι χρήσιμη για τον έλεγχο των διαδικασιών ωρίμανσής τους. Στην περίπτωση των κρασιών, η ανάλυση των οργανικών οξέων επιτρέπει τον έλεγχο της εξέλιξης της οξύτητας κατά τα διάφορα στάδια της διαδικασίας παραγωγής κρασιού (αλκοολική ζύμωση, μηλογαλακτική ζύμωση, διαδικασία παλαίωσης κ.λπ.). Το επίπεδο του τρυγικού οξέος είναι μια παράμετρος κρίσιμου ελέγχου στη σταθεροποίηση του κρασιού. Αυτά τα οργανικά οξέα έχουν επίσης μεγάλη σημασία στην αντίσταση αλλοιώσεων ή/και ασθενειών του κρασιού, επειδή υποθέτουν τροποποίηση της περιεκτικότητας σε οξέα. Για παράδειγμα, ορισμένες αλλοιώσεις κρασιού σχετίζονται με αύξηση των επιπέδων οξικού και γαλακτικού οξέος (οξική ή γαλακτική οξύτητα, αντίστοιχα) (Mato *et al.*, 2005).

### 1.5.1 Τρυγικό οξύ



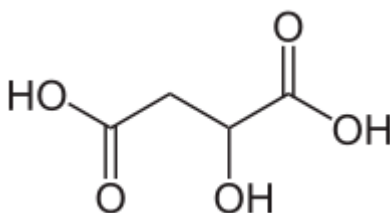
Το φυσικό τρυγικό οξύ του οίνου είναι το D-τρυγικό οξύ. Είναι το σπουδαιότερο από τα οργανικά οξέα του οίνου. Είναι το πιο ισχυρό και επηρεάζει την ενεργό οξύτητα του οίνου. Από τα τρία κυριότερα οξέα του σταφυλιού (τρυγικό, μηλικό, κιτρικό) το τρυγικό οξύ είναι το πιο ανθεκτικό στις βακτηριακές προσβολές (Σεχάντε, 2021).

Λόγω της σταθερότητάς του και του γεγονότος ότι η ζύμη και άλλοι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να μεταβολίσουν το τρυγικό οξύ, είναι το οξύ που χρησιμοποιείται πιο συχνά για τη ρύθμιση του pH στην οινοποιία. Το τρυγικό οξύ δεν μεταβολίζεται από τα κύτταρα του σταφυλιού μέσω της αναπνοής με τον ίδιο τρόπο όπως το μηλικό οξύ και το επίπεδο του τρυγικού οξέος στα σταφύλια παραμένει σχετικά σταθερό σε όλη τη διαδικασία ωρίμανσης (Chidi *et al.*, 2018).

Η σταδιακή μείωση της περιεκτικότητας του σταφυλιού σε τρυγικό οξύ κατά την ωρίμανση, οφείλεται σε αραίωση λόγω αύξησης του μεγέθους της ράγας. Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης μειώνεται επίσης εξαιτίας της μερικής διαλυτοποίησης των τρυγικών αλάτων λόγω σχηματισμού αιθανόλης (Τσακίρης, 2020).

Η συγκέντρωση του τρυγικού οξέος στο πράσινο σταφύλι είναι περίπου 15 g/L, και στο ώριμο περίπου 7,5 g/L. Κατά την αλκοολική ζύμωση καθιζάνει ποσότητα όξινου τρυγικού καλίου, λόγω μικρότερης διαλυτότητας στη αλκοόλη, και η οξύτητα είναι 2,5-4 g/L. Λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν το χειμώνα, το όξινο τρυγικό κάλιο και το τρυγικό ασβέστιο καταβυθίζονται (αρχικά το άλας καλίου και αργότερα το άλας του ασβεστίου) (τρυγία). Έτσι, η συγκέντρωση του τρυγικού οξέος είναι 1,5-2,5 g/L (Σεχάντε, 2021).

### 1.5.2 Μηλικό οξύ

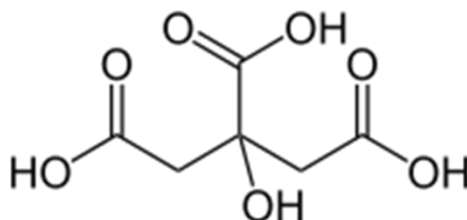


Το φυσικό μηλικό οξύ είναι το L (-) ισομερές. Το L-μηλικό οξύ βρίσκεται συνήθως σε πολλά φρούτα, όπως τα πράσινα μήλα και τα σταφύλια. Πριν από την αλλαγή στο χρώμα των

σταφυλιών κατά τη περίοδο του περκασμού, η περιεκτικότητα σε μηλικό οξύ μπορεί να φτάσει έως και 25 g/L, πριν μειωθεί στα 2 έως 6,5 g/L με την ωρίμανση. Όταν τα επίπεδα μηλικού οξέος είναι πολύ υψηλά, τα κρασιά μπορεί να έχουν όξινη γεύση και μπορεί να απαιτούν τη χρήση βακτηρίων γαλακτικού οξέος για τη μετατροπή του μηλικού οξέος στο λιγότερο σκληρό και μαλακότερο γαλακτικό οξύ. Κατά την ωρίμανση, τα γλεύκη από τις βόρειες περιοχές εξακολουθούν να περιέχουν 4–6,5 g/L μηλικό οξύ, ενώ στις νότιες περιοχές, οι συγκεντρώσεις είναι μόνο 1–2 g/L (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006, Chidi *et al.*, 2018).

Έχει σημαντική επίδραση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των οίνων, και προσδίδει χορτώδη οσμή και στυφή γεύση. Είναι ασταθές στους μικροοργανισμούς. Οι συνήθεις ζύμες δεν μεταβάλλουν τη συγκέντρωση του μηλικού οξέος κατά την αλκοολική ζύμωση. Όμως, ο *Schizosaccharomyces pombe* μετατρέπει το μηλικό οξύ σε αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα, και έτσι μειώνεται η οξύτητα των οίνων. Μερικές φορές λαμβάνει χώρα η μηλογαλακτική ζύμωση όπου μηλογαλακτικά βακτήρια μετατρέπουν το μηλικό οξύ σε γαλακτικό οξύ και διοξείδιο του άνθρακα, και έτσι μειώνεται η οξύτητα. Η μηλογαλακτική ζύμωση ενδείκνυται για τους ερυθρούς οίνους, ιδιαίτερα οίνους με υψηλή οξύτητα, και βελτιώνει τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά (Σεχάντε, 2021).

### 1.5.3 Κιτρικό οξύ

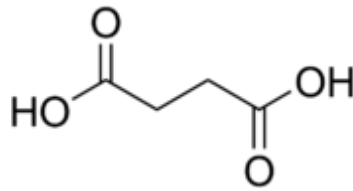


Στο σταφύλι βρίσκεται μέχρι 0,5 g/L, ενώ με την ευγενή σήψη μέχρι 0,8-1,0 g/L. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αύξηση της οξύτητας και τη γευστική βελτίωση των οίνων (Σεχάντε, 2021). Η προσθήκη κιτρικού οξέος κατά τη ζύμωση επηρεάζει την οξύτητα και τη γεύση των κρασιών προάγοντας την αντίληψη της «φρεσκάδας», ενώ ταυτόχρονα, προάγει τη μικροβιακή αστάθεια και την ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροοργανισμών (Chidi *et al.*, 2018). Η περιεκτικότητα του κατά τη ζύμωση είναι σταθερή. Μπορεί να μετατραπεί σε οξικό οξύ από τα γαλακτικά βακτήρια και για αυτό η προσθήκη του πρέπει να αποφεύγεται (Τσακίρης, 2020). Παίζει κρίσιμο ρόλο στις βιοχημικές διεργασίες των κυττάρων του σταφυλιού, των βακτηρίων και της ζύμης. Τα υψηλά επίπεδα κιτρικού οξέος κατά τη διάρκεια της ζύμωσης θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε πιο αργό ρυθμό ανάπτυξης του ζυμομύκητα (Nielsen & Arneborg, 2007). Σημειώνεται ότι επιτρέπεται η προσθήκη κιτρικού οξέος στον οίνο, ενώ του τρυγικού οξέος μόνο στο γλεύκος. Όμως, είναι ευπρόσβλητο από γαλακτικά βακτήρια με την αύξηση της πτητικής οξύτητας. Επιτρεπόμενο όριο προσθήκης είναι 50 g/hL, ενώ 20-30 g/hL είναι συνήθως επαρκή (Σεχάντε, 2021).

## 1.6 Οργανικά οξέα που σχηματίζονται από ζυμώσεις και μικροβιακές αλλοιώσεις

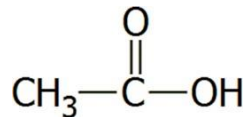
Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα οξέα του σταφυλιού δεν επηρεάζονται από την αλκοολική ζύμωση, αν και ορισμένες αναφορές έχουν δείξει ότι το μηλικό οξύ μπορεί να επηρεαστεί από τη διαδικασία. Ωστόσο, η ζύμη απελευθερώνει έναν αριθμό επιπλέον οργανικών οξέων, με αποτέλεσμα αλλαγές στην τελική γεύση και τη συνολική οξίνιση του κρασιού. Τα τρία πιο σημαντικά οξέα που παράγονται από τη ζύμη κατά τη ζύμωση είναι το ηλεκτρικό, το οξικό και το πυροσταφυλικό οξύ, ενώ έχει αναφερθεί και η απελευθέρωση μικρών ποσοτήτων φουμαρικού και μηλικού οξέος (Chidi, 2016).

### 1.6.1 Ηλεκτρικό οξύ



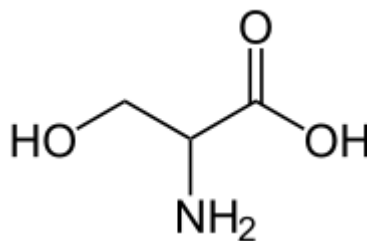
Το ηλεκτρικό οξύ απαντάται ευρέως στη φύση τόσο στα φυτά όσο και στα ζώα. Τα επίπεδα ηλεκτρικού οξέος ποικίλλουν μεταξύ των ποικιλιών σταφυλιού καθώς οι συγκεντρώσεις είναι συνήθως πολύ χαμηλές στις λευκές ποικιλίες, αλλά ελαφρώς υψηλότερες στα κόκκινα σταφύλια. Το ηλεκτρικό οξύ είναι ένα από τα πιο σημαντικά οξέα που αναπτύσσονται κατά τη ζύμωση λόγω του μεταβολισμού της ζύμης, με μέσες συγκεντρώσεις περίπου 0,5 - 1,5 g/L στο κρασί. Ο οργανοληπτικός χαρακτήρας του ηλεκτρικού οξέος έχει περιγραφεί ως ξινός με αλμυρή, πικρή γεύση και η συγκέντρωση του κατωφλιού του είναι περίπου 35 mg/L. Λόγω της πικρής-αλμυρής γεύσης του, οι οινοπαραγωγοί δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στα επίπεδα ηλεκτρικού οξέος στο κρασί. (Chidi, 2016, Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

### 1.6.2 Οξικό οξύ



Η παρουσία του στον οίνο οφείλεται στα οξικά βακτήρια που μετατρέπουν την αιθυλική αλκοόλη σε οξικό οξύ και άλλα προϊόντα, και στην χημική οξείδωση της αλκοόλης προς οξικό οξύ παρουσία αέρα. Επειδή παράγεται σε μεγάλες ποσότητες μόνο από βακτηριακές προσβολές των οίνων, η συγκέντρωσή του αποτελεί κριτήριο των συνθηκών οινοποίησης και συντήρησης του οίνου. Το οξικό οξύ, πάνω από κάποια συγκέντρωση, προσδίνει στον οίνο δυσάρεστη οσμή και γεύση ξυδιού (Σεχάντε, 2021). Εκτός από τη μεταβολική δραστηριότητα της ζύμης, η εμπλοκή αερόβιων βακτηρίων οξικού οξέος κατά τη διάρκεια της ζύμωσης μπορεί επίσης να παράγει οξικό οξύ με οξείδωση της αιθανόλης (Chidi, 2016).

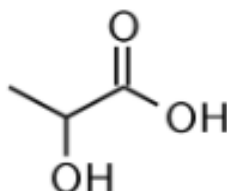
### 1.6.3 Πυροσταφυλικό οξύ



Το πυροσταφυλικό οξύ υπάρχει γενικά στο κρασί ως δευτερογενές προϊόν αλκοολικής ζύμωσης και η ποσότητά του στον οίνο ποικίλλει σημαντικά. Οι συγκεντρώσεις πυροσταφυλικού οξέος είναι κατά μέσο όρο μεταξύ 10 – 500 mg/L σε ξηρούς οίνους. Όσον αφορά τις αισθητηριακές ιδιότητες, αυτό το οξύ προσδίδει μια ελαφρώς ξινή γεύση και σχηματίζεται κατά την έναρξη της ζύμωσης και μειώνεται προς το τέλος της. Επίσης, παίζει έμμεσο ρόλο στην ποιότητα του κρασιού λόγω της ικανότητάς του να δεσμεύει το διοξείδιο του θείου. Το SO<sub>2</sub> χρησιμοποιείται ευρέως στην οινοποιία και η μικροβιοκτόνος δράση του

εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα επίπεδα του ελεύθερου διοξειδίου του θείου. Το ελεύθερο SO<sub>2</sub> είναι πράγματι η πιο αντιμικροβιακή μορφή SO<sub>2</sub> και το δεσμευμένο SO<sub>2</sub> έχει πολύ πιο αδύναμες αντιμικροβιακές ιδιότητες. Η δέσμευση του SO<sub>2</sub> από το πυροσταφυλικό οξύ επιτρέπει έτσι την ανάπτυξη βακτηρίων όπως αυτά που εμπλέκονται στη μηλογαλακτική ζύμωση (Wells & Osborne, 2012, Chidi *et al.*, 2018).

#### 1.6.4 Γαλακτικό οξύ



Το γαλακτικό οξύ δεν υπάρχει στο σταφύλι. Οι ζύμες σχηματίζουν κατά την αλκοολική ζύμωση 200 mg/L D(-) γαλακτικό οξύ και 10-20 mg/L L(+) γαλακτικό οξύ. Σχηματίζεται επίσης κατά τη μηλογαλακτική ζύμωση σε διάφορες συγκεντρώσεις. Το ηλεκτρικό οξύ υπάρχει σε συγκεντρώσεις 500-1.500 mg/L και σχηματίζεται κατά την αλκοολική ζύμωση. Ένα μεγάλο μέρος σχηματίζεται επίσης με αναγωγή του μηλικού οξέος. Είναι βιολογικά σταθερό και δίνει εστέρες με την αιθανόλη που έχουν άρωμα λουλουδιών (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

#### 1.7 Φαινολικές ενώσεις του οίνου

Φαινολικές Ενώσεις είναι οι ενώσεις που περιέχουν τη χαρακτηριστική ομάδα της φαινόλης δηλαδή -OH σε αρωματικό βενζολικό δακτύλιο. Απλές φαινόλες ονομάζονται οι χημικές ενώσεις που περιλαμβάνουν έναν αρωματικό δακτύλιο με ένα ή περισσότερα υδροξύλια ως υποκαταστάτες, ενώ πολυφαινόλες ονομάζονται οι ενώσεις που περιλαμβάνουν πολλαπλούς φαινολικούς δακτυλίους στη δομή τους (Σεχάντε, 2021). Οι πολυφαινόλες συνεισφέρουν στο χρώμα (ανθοκυανίνες), τη στυπτικότητα (τανίνες), την αντιοξειδωτική δράση και σε οφέλη για την υγεία (Kerem *et al.*, 2004). Με βάση τον ανθρακικό σκελετό τους, οι πολυφαινόλες ταξινομούνται σε μη φλαβονοειδείς και σε φλαβονοειδείς ενώσεις.

Πίνακας 2. Συνολικά επίπεδα φαινολών σε σταφύλια *Vitis Vinifera* (Waterhouse, 2002).

Μέρη του Σταφυλιού	Ερυθρά Σταφύλια (mg/L)	Λευκά Σταφύλια (mg/L)
Φλοιός	1859	904
Σταφυλοπολτός	41	35
Χυμός	206	176
Γίγαρτα	3525	2778
ΣΥΝΟΛΟ	5631	3893

Τα σταφύλια περιέχουν μη φλαβονοειδείς ενώσεις κυρίως στον πολτό, ενώ οι φλαβονοειδείς ενώσεις βρίσκονται στις φλούδες, στους σπόρους και στα στελέχη (Πίνακας 2). Οι φαινολικές ενώσεις αποτελούν μια από τις σημαντικότερες ποιοτικές παραμέτρους των κρασιών, καθώς συμβάλλουν στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κρασιού όπως στο χρώμα, στη στυπτικότητα, στην πικράδα και στο άρωμα (Monagas *et al.*, 2005).

Η φαινολική σύνθεση των κρασιών εξαρτάται από την ποικιλία των σταφυλιών, το έδαφος, τη γεωγραφική θέση και τις καιρικές συνθήκες. Επίσης, η περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά επηρεάζεται από τη διαδικασία που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του κρασιού και τις αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την παλαίωση (Blanco *et al.*, 1998, Monagas *et al.*, 2005).

Για την παραγωγή ερυθρών οίνων λαμβάνουν μέρος όλα τα μέρη του σταφυλιού κατά τη διαδικασία οινοποίησης. Για το λόγο αυτό, η συγκέντρωσή τους σε πολυφαινόλες είναι υψηλότερη (1–5 g/L) από ότι στους λευκούς οίνους (0,2–0,5 g/L), η περιεκτικότητα των οποίων προέρχεται ουσιαστικά από τον σταφυλοπολτό, καθώς τα είδη και οι αναλογίες των πολυφαινόλων είναι διαφορετικά στον σταφυλοπολτό, στον φλοιό και στα γίγαρτα των σταφυλιών. Οι ροζέ οίνοι παρουσιάζουν ενδιάμεση περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, με τιμές μεταξύ αυτών που προαναφέρθηκαν για τους ερυθρούς και τους λευκούς οίνους. Οι πολυφαινόλες στον οίνο καθορίζουν πολλές από τις οργανοληπτικές του ιδιότητες όπως η εμφάνιση, το χρώμα, η στυφάδα, η πικρία και η γέυση, καθώς και τη σταθερότητά του μέσω επακόλουθων οξειδωτικών διεργασιών (αμαύρωση στους λευκούς οίνους και οξείδωση στους ερυθρούς οίνους) (Gutiérrez-Escobar *et al.*, 2021).

Από χημική άποψη, τα φαινολικά συστατικά των οίνων διακρίνονται σε:

- I. φαινολικά οξέα (100 mg/L για τα ερυθρά, 10 mg/L για τα λευκά),
- II. φλαβονοειδείς φαινόλες (10 mg/L για τα ερυθρά και λίγα mg/L για τα λευκά),
- III. ανθοκυάνες (100-700 mg/L για τα ερυθρά και μηδέν για τα λευκά),
- IV. τανίνες (1-4 g/L για τα ερυθρά, 100 mg/L για τα λευκά). (Τσακίρης, 2020)

Τα φαινολικά συστατικά του οίνου ομαδοποιούνται σε δύο κατηγορίες, τα μη φλαβονοειδή και τα φλαβονοειδή, και θα ερευνηθούν οι κύριες υποομάδες.

### 1.7.1 Φαινολικά οξέα (Μη φλαβονοειδείς φαινόλες)

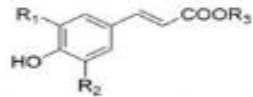
Τα μη φλαβονοειδή ανήκουν στην κατηγορία των πολυφαινόλων, και έχουν πιο απλή δομή από αυτή των φλαβονοειδών. Αποτελούνται κυρίως από φαινολικά οξέα (υδροξυβενζοϊκά οξέα και υδροξυκιναμωμικά) και στυλβένια. Αυτές οι ομάδες μπορούν να φτάσουν σε ένα εύρος συγκέντρωσης από 60 έως 566 mg/L στους ερυθρούς οίνους. Τα μη φλαβονοειδή φαινολικά βρίσκονται στα σταφύλια και στους οίνους αλλά με εξαίρεση τα υδροξυκιναμωμικά οξέα, υπάρχουν σε χαμηλές συγκεντρώσεις (Gutiérrez-Escobar *et al.*, 2021).

Συνοπτικά τα μη φλαβονοειδή παρατίθενται με παραδείγματα και γενικά σχόλια.

#### 1.7.1.1 Υδροξυκιναμωμικά οξέα (π.χ. καφεϊκό οξύ)

Τα υδροξυκιναμωμικά οξέα είναι η τρίτη πιο άφθονη ομάδα πολυφαινόλων στα σταφύλια (Σχήμα 1), είναι οι κύριες φαινολικές ενώσεις στους λευκούς οίνους και είναι σημαντικές στη διαμόρφωση του χρώματός του. Είναι εύκολα οξειδώσιμα και συνδέονται με τις διαδικασίες αμαύρωσης των οίνων. Επίσης, είναι πρόδρομοι πτητικών φαινολικών ενώσεων. Προέρχονται κυρίως από τον πολτό του σταφυλιού. Τα κόκκινα κρασιά περιέχουν παρόμοιες ποσότητες υδροξυκιναμωμικών οξέων. Η μέση ποσότητα υδροξυκιναμωμικών οξέων που ποσοτικοποιήθηκε είναι περίπου 100 και 30 mg/L σε ερυθρούς και λευκούς οίνους, αντίστοιχα, αν και ορισμένοι συγγραφείς έχουν βρει υψηλότερες συγκεντρώσεις: 130 mg/L σε λευκούς οίνους και 60 mg/L σε λευκούς οίνους (Gutiérrez-Escobar *et al.*, 2021, Kennedy *et al.*, 2006).



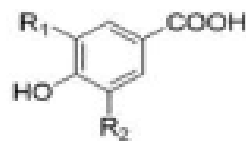


Hydroxycinnamic acids	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
<i>p</i> -coumaric acid	H	H	H
caffeic acid	OH	H	H
ferulic acid	OCH <sub>3</sub>	H	H
sinapic acid	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	H
<i>p</i> -coumaroyltartaric acid (coutaric acid)	H	H	C <sub>4</sub> H <sub>5</sub> O <sub>5</sub>
caffeoyltartaric acid (caftaric acid)	OH	H	C <sub>4</sub> H <sub>5</sub> O <sub>5</sub>
feruloyltartaric acid (fertaric acid)	OCH <sub>3</sub>	H	C <sub>4</sub> H <sub>5</sub> O <sub>5</sub>

Σχήμα 1. Υδροξυκινναμωμικά οξέα (Mazza *et al.*, 1999).

### 1.7.1.2 Βενζοϊκά οξέα (π.χ. γαλλικό οξύ)

Τα υδροξυβενζοϊκά οξέα έχουν δομή C<sub>6</sub> - C<sub>1</sub>, που προέρχεται από το βενζοϊκό οξύ. Τα πιο άφθονα είναι το *p*-υδροξυβενζοϊκό, το γαλλικό, το βανιλικό, το γεντισικό, το συρίγγιο, το σαλικυλικό και το πρωτοκατεχουϊκό οξύ (Σχήμα 2). Η συνολική ποσότητα υδροξυβενζοϊκών οξέων στους ερυθρούς οίνους αναμένεται να κυμαίνεται από μη ανιχνεύσιμη έως 218 mg/L. Το γαλλικό οξύ θεωρείται το πιο σημαντικό φαινολικό οξύ στους ερυθρούς οίνους με συγκέντρωση περίπου 70 mg/L, ενώ τα επίπεδα μπορεί να φτάσουν τα 10 mg/L στους λευκούς οίνους. Ξεχωρίζει για το ότι είναι ο πρόδρομος όλων των υδρολυόμενων ταννινών (Gutiérrez-Escobar *et al.*, 2021).

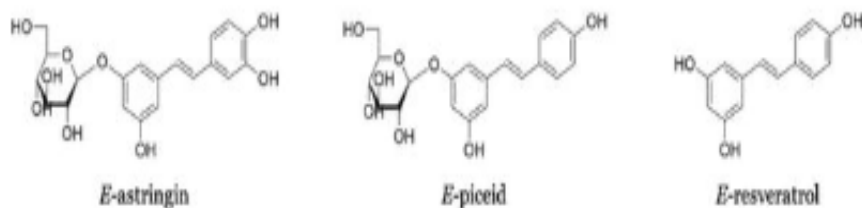


Hydroxybenzoic acids	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
<i>p</i> -hydroxybenzoic acid	H	H
protocatechuic acid	OH	H
vanillic acid	OCH <sub>3</sub>	H
gallie acid	OH	OH
syringic acid	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>

Σχήμα 2. Υδροξυβενζοϊκά οξέα (Mazza *et al.*, 1999).

### 1.7.1.3 Υδροξυλιωμένα στυλβένια

Οι κύριες πηγές στυλβενίων στην ανθρώπινη διατροφή είναι τα σταφύλια και τα παράγωγά τους (ο χυμός και το κρασί). Βρίσκονται φυσικά στο κρασί, αλλά σε χαμηλές συγκεντρώσεις (0–5 mg/L). Οι ερυθρές ποικιλίες φαίνεται να παρουσιάζουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε στυλβένια από τις λευκές ποικιλίες. Τα κύρια στυλβένια στα σταφύλια είναι η ρεσβερατρόλη, οι γλυκοζίτες *riceid* και η αστρινγκίνη (Σχήμα 3). Ωστόσο, όταν τα σταφύλια εκτίθενται σε βιοτικό ή αβιοτικό στρες, τα επίπεδα της ρεσβερατρόλης (η πιο μελετημένη ένωση), του γλυκοσιδίου της που ονομάζεται *riceid* και των διμερών και τριμερών μορφών της μπορεί να κυμαίνονται από αμελητέα έως και πάνω από 100 mg/L. Ορισμένα αποτελέσματα έδειξαν τιμές έως 45 mg/L στους λευκούς οίνους και μεταξύ 20 και 60 mg/L στους ερυθρούς (Mazza *et al.*, 1999, Gutiérrez-Escobar *et al.*, 2021).



Σχήμα 3. Υδροξυλιωμένα στιλβένια (Mazza *et al.*, 1999).

### 1.7.2 Φλαβονοειδείς φαινόλες

Τα φλαβονοειδή αποτελούν την πλειονότητα των φαινολών στους ερυθρούς οίνους και προέρχονται από την εκχύλιση των φλοιών και των γιγάρτων των σταφυλιών κατά τη διαδικασία της ζύμωσης (Waterhouse, 2002). Η αντιοξειδωτική δράση των φλαβονοειδών εξαρτάται κυρίως από την ικανότητά τους να μειώνουν τις ελεύθερες ρίζες και τα χημικά μέταλλα (Cu και Zn), αποτρέποντας τις καταλυτικές αντιδράσεις των ελεύθερων ριζών (Gutiérrez-Escobar *et al.*, 2021). Οι φλαβονοειδείς φαινόλες αντιπροσωπεύουν το 80 έως 90% της περιεκτικότητας σε φαινολικά συστατικά του κόκκινου κρασιού (Zoecklein *et al.*, 1990).

Οι πολυφαινολικές ενώσεις στους οίνους, συμπεριλαμβανομένων των μονομερών φλαβανολών, φλαβανονολών, ταννινών και ανθοκυανινών, έχουν διάφορες προτεινόμενες ταξινομήσεις, από τις οποίες αυτή των Montedoro & Bertuccioli (1986) είναι γενικά αποδεκτή, όπως παρατίθεται στη συνέχεια, με επιπλέον σχόλια:

- (1) Μοριακό βάρος κάτω από 300 (μονομερή). Υπεύθυνες για το χρώμα (ανθοκυανίνες – κόκκινο, προκυανιδίνες – άχρωμες, φλαβονόλες – κίτρινο) και για την πικρή γεύση (φλαβανόλες και φλαβονόλες).
- (2) Μοριακά βάρη, 500–1500 (2–5 μονάδες μονομερούς). Υπεύθυνες για τη στυπτικότητα, το σώμα (τανίνες φλαβάν) και για το χρώμα (τανίνες φλαβανών – κίτρινο).
- (3) Μοριακά βάρη 1500–5000 (6–10 μονάδες μονομερούς). Υπεύθυνες για τη στυπτικότητα και το σώμα, σε ψευδοσταθερά διαλύματα (συμπυκνωμένες τανίνες φλαβανών – κίτρινο–κόκκινο έως κίτρινο–καφέ).
- (4) Μοριακό βάρος άνω των 5000 (πάνω από δέκα μονάδες μονομερούς). Φλαβαντανίνες υψηλής συμπύκνωσης. Γενικά είναι αδιάλυτες στο νερό (Bakker & Clarke, 2012).

#### 1.7.2.1 Φλαβονόλες

Στις φλαβονοειδείς φαινόλες περιλαμβάνονται οι φλαβονόλες που έχουν ανοιχτό κίτρινο χρώμα και αφθονούν στα γίγαρτα, οι φλαβονόλες-3 (κατεχίνες), που υπάρχουν κυρίως στο φλοιό και στα γίγαρτα, και οι φλαβονοδιόλες-3,4 (λευκοανθοκυάνες ή προκυανιδίνες), που υπάρχουν στο φλοιό και κυρίως στα γίγαρτα. Επειδή βρίσκονται κυρίως στο φλοιό και στα γίγαρτα, σε κανονικές συνθήκες δεν υπάρχουν στους λευκούς οίνους (Τσακίρης, 2020).

Στη ράγα απαντώνται ως γλυκοζίδια και είναι ομάδα φαινολικών συστατικών με τη μικρότερη παρουσία στα σταφύλια (100mg/kg στα ερυθρά και 1-5mg/kg στα λευκά). Η καμφερόλη, η κερσετίνη και η μυρικετίνη είναι οι πιο κοινές φλαβονόλες που βρίσκονται στο κρασί και βρίσκονται στα σταφύλια ως τα αντίστοιχα γλυκοσίδιο, γαλακτοσίδιο και γλυκουρονιδικά παράγωγά τους (Dos Santos *et al.*, 2022).

Οι Ribereau-Gayon και Glories (1987) βλέπουν την ομάδα των φλαβονοειδών φαινολικών ως αποτελούμενη από δύο δραστικά μέλη, τις ανθοκυανίνες και τις «προ-κυανιδίνες», οι οποίες χρησιμεύουν ως πρόδρομες ενώσεις πολυμερών που ονομάζονται τανίνες.

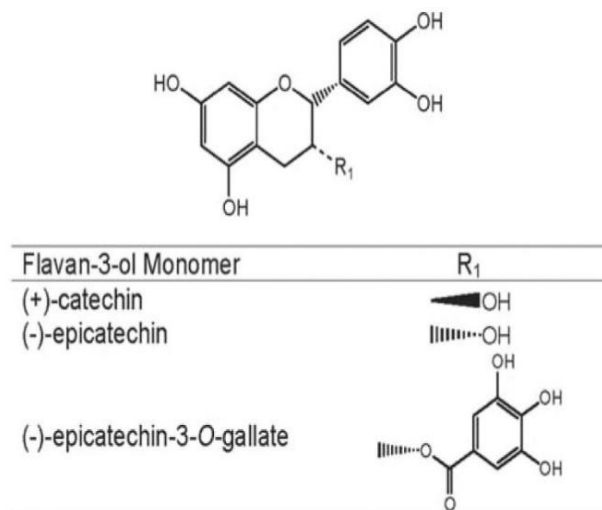
### 1.7.2.2 Τανίνες

Είναι συστατικά του φλοιού (υπόδερμα) και των γιγάρτων. Είναι η μεγαλύτερη σε αφθονία ομάδα φαινολικών συστατικών στα σταφύλια. Έχουν ευεργετικές ιδιότητες για την υγεία. Καθορίζουν τη στυπτική και πικρή γεύση των ερυθρών οίνων, τη δομή, την ικανότητα παλαίωσης τους και τη σταθεροποίηση του χρώματος (Κοτσερίδης, 2019).

Οι τανίνες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο ομάδες:

1. τις υδρολυόμενες τανίνες. Οι υδρολυόμενες τανίνες μπορούν περαιτέρω να χωριστούν σε γαλλοτανίνες, οι οποίες παρέχουν σάκχαρα και γαλλικό οξύ κατά την υδρόλυση και ελλαγιτανίνες, οι οποίες κατά την υδρόλυση δεν παράγουν μόνο σάκχαρα και γαλλικό οξύ αλλά και ελλαγικό οξύ. Αυτές οι ενώσεις, όπως υποδηλώνει το όνομα, υδρολύονται από ασθενή οξέα και αποσυντίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες για να δώσουν πυρογαλλόλη, μια ήπια τοξική και εξαιρετικά ερεθιστική ένωση.
2. τις συμπυκνωμένες τανίνες (ονομάζονται επίσης κατεχινικές τανίνες ή προανθοκυανιδίνες). Η δεύτερη κατηγορία, οι συμπυκνωμένες τανίνες, που αναφέρονται επίσης ως προανθοκυανιδίνες, είναι οι πολυφαινόλες που προέρχονται από φυτά με τη μεγαλύτερη αφθονία (Smeriglio *et al.*, 2016). Οι προανθοκυανιδίνες προσδίδουν στυπτικότητα στους ερυθρούς οίνους και εξάγονται από την επιδερμίδα, τα γίγαρτα και τους μίσχους του σταφυλιού.

Τα μονομερή της φλαβαν-3-όλης (κατεχίνες) είναι υπεύθυνα για την πικράδα στο κρασί και μπορεί επίσης να έχουν κάποια σχετική στυπτικότητα (Σχήμα 4). Τα κύρια μονομερή φλαβαν-3-όλης που βρίσκονται στα σταφύλια και το κρασί περιλαμβάνουν : (+)-κατεχίνη, (-)-επικατεχίνη και (-)-επικατεχίνη-3-Ο-γαλλική (Σχήμα 5). Μεγαλύτεροι χρόνοι εκχύλισης, υψηλότερες θερμοκρασίες και υψηλότερες συγκεντρώσεις αλκοόλης οδηγούν σε αύξηση της συγκέντρωσης μονομερούς φλαβαν-3-όλης κρασιού (Kennedy *et al.*, 2006).



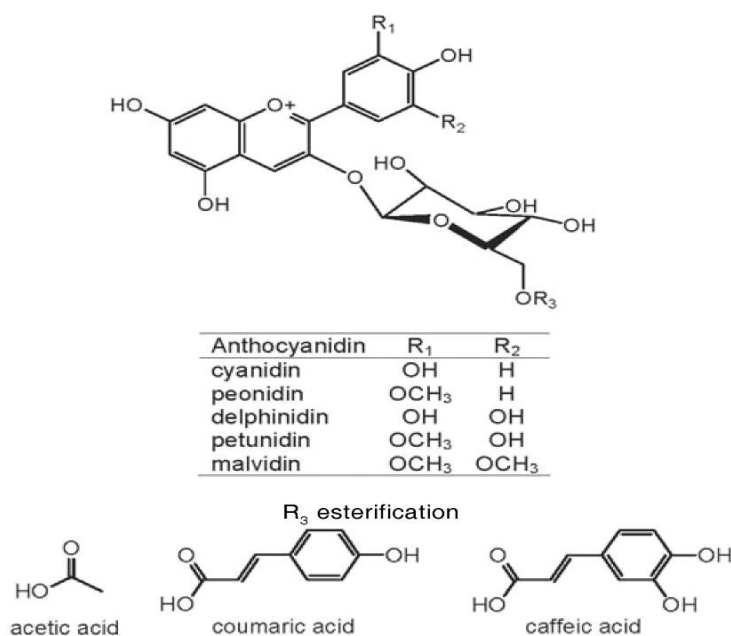
Σχήμα 4. Δομές μονομερών φλαβαν-3-όλης που προέρχονται από το σταφύλι ή/και υπομονάδες προανθοκυανιδίνης (Kennedy *et al.* 2006).

### 1.7.2.3 Ανθοκυανίνες

Οι ανθοκυανίνες είναι υπεύθυνες για το χρώμα του κόκκινου κρασιού (Σχήμα 5) και περιορίζονται στην φλούδα στις περισσότερες ποικιλίες σταφυλιού (Kennedy *et al.*, 2006). Οι πέντε πιο κοινές ελεύθερες ανθοκυανίνες που βρίσκονται στα κόκκινα κρασιά είναι η κυανιδίνη, η πεονιδίνη, η δελφινιδίνη, η πετουινιδίνη και η μαλβιδίνη-3-γλυκοσίδη που είναι η πιο άφθονη μορφή. Αυτή η μονομερής ανθοκυανίνη υπάρχει σε μια δυναμική ισορροπία που επηρεάζεται

από παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το διοξείδιο του θείου, η παρουσία οξυγόνου και το pH. Ως αποτέλεσμα, μπορούν να βρεθούν τέσσερις χημικές καταστάσεις ανθοκυανίνης, συμπεριλαμβανομένου του κατιόντος φλαβυλίου (κόκκινο χρώμα), της κινσοειδούς βάσης (μπλε-μωβ), της ψευδοβάσης καρβινόλης (άχρωμο) και της χαλκόνης (ωχροκίτρινο) (Dos Santos *et al.*, 2022). Μελέτες έχουν δείξει ότι οι ανθοκυανίνες παράγονται κατά την ωρίμανση των καρπών, ότι η ποσότητα τους στο σταφύλι επηρεάζεται σαφώς από τις συνθήκες τρύγου και τις γενικές συνθήκες καλλιέργειας και ότι η εκχύλισή τους κατά τη διαβροχή κορυφώνεται πριν από το τέλος της ζύμωσης και στη συνέχεια μειώνεται.

Κατά τη διάρκεια της παλαίωσης, οι ανθοκυανίνες πολυμερίζονται και σχηματίζουν πιο σύνθετες, σταθερές ενώσεις όπως πυρανοανθοκυανίνες και πολυμερικές χρωστικές. Αυτές οι ενώσεις είναι πιο ανθεκτικές σε αλλαγές χρώματος ως εκ τούτου διατηρούν και ενισχύουν το χρώμα του κρασιού. Με την πάροδο του χρόνου, οι μονομερείς ανθοκυανίνες που έχουν μια κόκκινη-μωβ απόχρωση, εξελίσσονται σε καστανόξανθες πυρανοανθοκυανίνες και πολυμερικές χρωστικές ουσίες. Αυτές οι χρωστικές που προέρχονται από την ανθοκυανίνη σχηματίζονται όταν οι τανίνες και οι ανθοκυανίνες συνδέονται είτε μέσω άμεσης συμπίκνωσης, είτε μέσω αντιδράσεων που προκαλούνται από ακεταλδεΐδη, όπως η αντίδραση Baeyer (Monagas *et al.*, 2005; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).



Σχήμα 5. Δομές ανθοκυανινών που προέρχονται από το σταφύλι (Kennedy *et al.*, 2006).

## 1.8 Πτητικές ενώσεις αρώματος του οίνου

Το άρωμα του οίνου είναι εξαιρετικά περίπλοκο. Είναι το αθροιστικό αποτέλεσμα μιας διαφορετικής ομάδας πτητικών ενώσεων που συνήθως ανιχνεύονται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις μεταξύ 10–4g/L και 10–12g/L. Αυτές οι πτητικές ενώσεις γενικά περιλαμβάνουν αλκοόλες, εστέρες, αλδεΐδες, κετόνες, οξέα, τερπένια, φαινόλες και ενώσεις θείου που υπάρχουν σε ποικίλες συγκεντρώσεις. Οι μεγάλες διαφορές στις αναλογίες και τα χαρακτηριστικά των αρωμάτων μπορούν να επηρεαστούν σε μεγάλο βαθμό τόσο από αμπελουργικές πρακτικές (κλίμα, έδαφος, νερό, ποικιλία), όσο και από οινολογικούς παράγοντες (κατάσταση των σταφυλιών, ζύμωση, επεξεργασίες μεταζύμωσης) (Villamor & Ross, 2013).

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες αρωματικών ενώσεων στον οίνο, ανάλογα με την προέλευσή τους. Συγκεκριμένα ως πρωτογενή αρώματα, μπορούν να χαρακτηριστούν αυτά τα οποία προέρχονται από το σταφύλι και διατηρούνται στον οίνο λόγω τροποποιήσεων που προκαλούνται κατά την επεξεργασία του σταφυλιού. Τα δευτερογενή αρώματα είναι αυτά που αναπτύσσονται κατά την αλκοολική ζύμωση και ως τριτογενή χαρακτηρίζονται τα αρώματα τα οποία εμφανίζονται στο στάδιο της παλαίωσης, τόσο στο βαρέλι όσο και στο μπουκάλι. Το πρωτογενές άρωμα είναι αυτό το οποίο προσδίδει την ταυτότητα σε έναν οίνο. Τα αρωματικά συστατικά του σταφυλιού καθορίζουν την ποιότητα και τον τύπο του οίνου. Αυτό που διαφοροποιεί τον οίνο σε τόσο μεγάλο βαθμό, σε σχέση με την πρώτη ύλη παραγωγής του, το γλεύκος, δεν είναι τίποτε άλλο από το συνδυασμό του δευτερογενούς και του τριτογενούς αρώματος (Rapp & Mandery, 1986, Villamor & Ross, 2013).

### 1.8.1 Πρωτογενές ή ποικιλιακό άρωμα

Τα πρωτογενή ή ποικιλιακά αρώματα, όπως υποδηλώνει αυτό το δεύτερο όνομα, οφείλονται στην ποικιλία σταφυλιού. Τα πρωτογενή αρώματα που ανήκουν στην ίδια ποικιλία σταφυλιού μπορεί να παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά ανάλογα με τους φυσικούς παράγοντες που προέρχονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τον τύπο του εδάφους, τη λίπανση, τη γεωγραφική θέση, οι διαφορετικές συνθήκες καλλιέργειας σε κάθε περιοχή αλλά και την χρονιά. Εξάλλου, η περίοδος ωρίμανσης όπως και η πείρα σε συνδυασμό με τις δεξιότητες του οινολόγου μπορεί να επηρεάσουν το τελικό πρωταρχικό άρωμα του κρασιού. Η αύξηση της έκθεσης των σταφυλιών στον ήλιο, επηρεάζει το σχηματισμό και τη συγκέντρωση πολλών σημαντικών ενώσεων αρώματος (Carpena *et al.*, 2020, Berger, 2007). Εστιάζοντας περισσότερο στις αρωματικές ενώσεις του ποικιλιακού αρώματος, αυτές μπορούν να καταταχθούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες ενώσεων:

- α) τα μονοτερπένια που προσδίδουν ανθικά αρώματα
- β) τα C<sub>13</sub> νορισοπρενοειδή που δίνουν πικάντικα αρώματα, δαμάσκηνο, βανίλια
- γ) τις υποκατεστημένες μεθυλοπυραζίνες που εμφανίζουν χορτώδη και ποώδη αρώματα
- δ) τις ενώσεις του θείου που έχουν φρουτώδη οσμή σε χαμηλό επίπεδο αντίληψης. Σε περίπτωση σφάλματος γίνεται αντιληπτή η οσμή σκόρδου/κρεμμυδιού.

### 1.8.2 Δευτερογενές άρωμα

Τα δευτερογενή αρώματα αποτελούν ποιοτικά και ποσοτικά, τον μεγαλύτερο αριθμό των πτητικών ενώσεων του κρασιού. Δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης με την επίδραση των ζυμών και των μικροοργανισμών. Το δευτερογενές άρωμα μπορεί να ταξινομηθεί στις εξής κατηγορίες: αλκοόλες, εστέρες, καρβονυλικές ενώσεις (αλδεΐδες, κετόνες), ενώσεις θείου και οργανικά οξέα. Από αυτές, οι καρβονυλικές ενώσεις και τα οργανικά οξέα φαίνεται να συνεισφέρουν ελάχιστα στο άρωμα με εξαίρεση την ακεταλδεΐδη, το διακετύλιο (2,3 βουτανοδιόνη) και το οξικό οξύ. Οι ανώτερες αλκοόλες, οι εστέρες και οι ενώσεις θείου είναι σημαντικές για τη διαμόρφωση του δευτερογενούς αρώματος. Οι ποσότητες των ενώσεων αυτών φαίνεται να διαφοροποιούνται ανάλογα με το στέλεχος του *Saccharomyces cerevisiae* που πραγματοποιεί την αλκοολική ζύμωση (Thorngate, 1999).

Στους φρέσκους οίνους απαντώνται συχνά εστέρες οι οποίοι δίνουν αρώματα φρούτων, κυρίως αγγουριού και μπανάνας. Οι εστέρες αυτοί παράγονται σε υψηλή συγκέντρωση κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης. Δευτερογενή αρώματα είναι και αυτά που παράγονται κατά τη μηλογαλακτική ζύμωση (Clarke & Bakker, 2004). Επίσης, δευτερογενή αρώματα μπορούν επίσης να θεωρηθούν εκείνα που παράγονται στα προζυμωτικά στάδια, όπως κατά τη διαδικασία σύνθλιψης σταφυλιών.

Η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων αμινοξέων στο γλεύκος αποδείχθηκε επίσης ότι ενισχύει την παραγωγή πιο πτητικών εστέρων. Κατά τη διάρκεια της παλαίωσης του κρασιού, η συγκέντρωση των εστέρων παρατηρήθηκε να αυξάνει με το χρόνο. Οι αλλαγές στις ιδιότητες του αρώματος που σχετίζονται με την οξείδωση μπορεί να σχετίζονται με το σχηματισμό αλδευδών. Οι αλδεΰδες είναι σημαντικές για το άρωμα των κρασιών λόγω των χαμηλών επιπέδων κατωφλιού τους (Villamor & Ross, 2013).

### 1.8.3 Τριτογενές άρωμα

Διάφορες χημικές αντιδράσεις πραγματοποιούνται μετά το τέλος της αλκοολικής ζύμωσης και κατά τη διάρκεια της παλαίωσης. Για την περιγραφή του αρώματος των παλαιωμένων οίνων συνηθίζεται να χρησιμοποιείται ο όρος *μπουκέτο*. Στη φάση αυτή, τα ελευθέρως μονοτερπένια υποβάλλονται αργά σε αντιδράσεις οξείδωσης, ενώ η όξινη καταλυόμενη υδρόλυση που πραγματοποιείται απελευθερώνει τα χημικά δεσμευμένα τερπένια ισορροπώντας έτσι τη συγκέντρωσή τους στον οίνο (Berger, 2007 ; Winterhalter *et al.*, 1999). Ταυτόχρονα, παράγονται νέες πτητικές ενώσεις που θα αποτελέσουν το τριτογενές άρωμα του κρασιού. Κατά τα πρώτα χρόνια της παλαίωσης, οι εστέρες του οξικού οξέος που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης θα υποστούν διάσπαση με όξινη υδρόλυση. Ταυτόχρονα σχηματίζονται νέοι αιθυλεστέρες λόγω αντιδράσεων εστεροποίησης της αιθανόλης με οξέα του κρασιού όπως το τρυγικό, ηλεκτρικό, μηλικό. Η φύση των εστέρων εξαρτάται από το pH του οίνου. Σε υψηλό pH σχηματίζονται ουδέτεροι εστέρες (Τσακίρης, 2020).

Οι συγκεντρώσεις των αλδευδών αυξάνονται ως αποτέλεσμα της οξειδωτικής παλαίωσης που γίνεται στα βαρέλια (μικροοξυγόνωση μέσω των πόρων του ξύλου), ενώ επιπλέον στα καινούργια βαρέλια εκχυλίζονται και διάφορες ενώσεις από το ξύλο. Μετά από πολλές χρήσεις του βαρελιού, το ποσοστό της εκχύλισης των ενώσεων μειώνεται. Μερικές από αυτές είναι η βανιλίνη, η λιγνίνη και κάποιες τανίνες (Grainger, 2009).

## 1.9 Κατηγορίες πτητικών ενώσεων στους οίνους

Τα συστατικά του οίνου που βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις διαμορφώνουν κυρίως τον γευστικό παρά τον αρωματικό χαρακτήρα των οίνων, ενώ οι ενώσεις που βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις ή σε ίχνη, είναι υπεύθυνες για το χαρακτηριστικό άρωμα των κρασιών.

Η πτητικότητα των ενώσεων, η οποία αποτελεί βασική προϋπόθεση για την δημιουργία του αρώματος, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η περιεκτικότητα του οίνου σε σάκχαρα και αλκοόλη, καθώς και σε ενώσεις που μπορούν να δεσμεύσουν κάποια πτητικά συστατικά ή να ενισχύσουν την πτητικότητα άλλων (π.χ. οι μαννοπρωτεΐνες δεσμεύουν την οκτανάλη και τον εξανοϊκό αιθυλεστέρα, ενώ ενισχύουν την πτητικότητα του οκτανοϊκού και δεκανικού αιθυλεστέρα (Jackson, 2002). Οι κυριότερες κατηγορίες πτητικών ενώσεων παρατίθενται παρακάτω.

### 1.9.1 Αλκοόλες

Κύρια αλκοόλη, που παρουσιάζεται στους οίνους και συμβάλλει τόσο στη γεύση όσο και στο άρωμα αυτών, είναι η αιθανόλη. Ωστόσο, ως σημαντικότερες αλκοόλες θεωρούνται οι ανώτερες, οι οποίες έχουν την ιδιότητα να επηρεάζουν κατά πολύ το άρωμα των οίνων. Χαρακτηρίζονται από έντονο άρωμα και μπορεί να εμπεριέχουν από τρία έως έξι άτομα άνθρακα.

Οι ανώτερες αλκοόλες σχηματίζονται από τα σάκχαρα με σύνθεση από τη ζύμη των αντίστοιχων α-κετοξέων, τα οποία στη συνέχεια αποκαρβοξυλιώνονται και ανάγονται προς αλκοόλες. Σχηματίζονται επίσης από αμινοξέα μετά από απαμίνωση και αποκαρβοξυλίωση (Τσακίρης, 2020). Αυτό οφείλεται στην ανάγκη των ζωντανών κυττάρων του ζυμομύκητα να παράγουν τα ίδια τις πρωτεΐνες τους από τη διάσπαση των αμινοξέων του γλεύκους. Έτσι από

τη λευκίνη δημιουργείται η ισοαμυλική αλκοόλη (3-μεθυλο-1-βουτανόλη), από την ισολευκίνη η οπτικά ενεργή αμυλική αλκοόλη (2-μεθυλο-1-βουτανόλη) και από τη βαλίνη η ισοβουτυλική αλκοόλη (2-μεθυλο-1-προπανόλη) (Clarke & Bakker, 2004).

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

Σύμφωνα με κάποιες μελέτες που έγιναν, όσο μεγαλύτερο είναι το pH του γλεύκους και χαμηλότερη η θερμοκρασία ζύμωσης, τόσο μεγαλύτερη είναι η παραγωγή των ανώτερων αλκοολών. Οι ανώτερες αλκοόλες επιδρούν στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των οίνων και παίζουν έμμεσο ρόλο στην ανάπτυξη του μπουκέτου των παλαιωμένων οίνων. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις (μικρότερες από 300 mg/L) συμβάλουν στη πολυπλοκότητα του αρώματος του οίνου, ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις η οσμή τους καλύπτει την αρωματική φινέτσα του κρασιού. Μια από τις κυριότερες ανώτερες αλκοόλες που υπάρχουν στο κρασί, η προπανόλη δεν ασκεί μεγάλη επίδραση στο άρωμα του οίνου γιατί έχει ουδέτερη οσμή. Οι αμυλικές αλκοόλες (ζυμέλια) ενώ φαίνεται να μην έχουν ευνοϊκή επίδραση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του οίνου, η παρουσία τους είναι θετική για την αξιολόγηση των αποσταγμάτων του οίνου. Τέλος, η 1-εξανόλη δίνει στους οίνους χορτώδη οσμή και γεύση, όμως δεν είναι προϊόν της αλκοολικής ζύμωσης και προέρχεται από το σταφύλι (Σουφλερός, 2015).

### 1.9.2 Εστέρες

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

Θεωρούνται από τις πιο σημαντικές ενώσεις του οίνου μετά το νερό, την αιθανόλη και τις αλκοόλες της ζύμωσης για τον αρωματικό χαρακτήρα του οίνου. Είναι κυρίως δευτερογενή αρώματα, τα οποία προέρχονται βιολογικά από τις ζύμες ή τα βακτήρια κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης, υπάρχουν όμως και τριτογενή αρώματα εστέρων, που σχηματίζονται χημικά κατά την παλαίωση του οίνου. Κατά τη διάρκεια της παλαίωσης ενός οίνου, δημιουργούνται περισσότεροι εστέρες σε σχέση με ένα νέο οίνο, μέσω μιας αργής χημικής αντίδρασης (2-3 meq/L νέοι οίνοι, 9-10 meq/L παλαιωμένοι οίνοι). Ακόμη, ελάχιστες ποσότητες περιέχονται και στα σταφύλια (Ronald, 2002, Τσακίρης, 2020, Σουφλερός, 2015).

Οι κύριοι οξικοί εστέρες είναι οξικός ισοβουτυλεστέρας, οξικός αμυλεστέρας, οξικός εξυλεστέρας, οξικός αιθυλεστέρας (φρουτώδες άρωμα), οξικός ισοαμυλεστέρας (άρωμα μπανάνας) και οξικός 2-φαινυλαιθυλεστέρας (2PA), οι οποίοι έχουν περιγραφεί ότι παρέχουν αρώματα μελιού, φρουτώδη και ανθικά στον οίνο. Σε γενικές γραμμές, οι εστέρες έχουν θετικά αποτελέσματα στο άρωμα των νεαρών οίνων, ειδικά σε εκείνους με ουδέτερες γεύσεις. Ωστόσο, όπως και στην περίπτωση των ανώτερων αλκοολών, οι υπερβολικές ποσότητες εστέρων μπορεί να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα του οίνου. Μια υψηλή συγκέντρωση εστέρων μπορεί να αποκρύψει αρώματα ποικιλίας και να απλοποιήσει τη σύνθεση του αρώματος του τελικού προϊόντος ή του αλκοόλ του οίνου, για παράδειγμα, εάν ο οξικός αιθυλεστέρας υπερβαίνει τα 150–200mg/L (Carpena *et al.*, 2021).

### 1.9.3 Καρβονυλικές ενώσεις

Οι Ribereau-Gayón *et al.* (2000) κατέγραψαν 18 αλδεΐδες που ανιχνεύτηκαν στο κρασί οι οποίες, με εξαίρεση την ακεταλδεΐδη (αιθανάλη) που υπάρχει σε συγκέντρωση 100 mg/L

περίπου, είναι παρούσες σε ίχνη. Ενώ οι αλδεΐδες μπορεί να υπάρχουν στα σταφύλια, υπό τις συνθήκες της οινοποίησης αυτές ανάγονται σε μεγάλο βαθμό προς τις αντίστοιχες αλκοόλες. Η ακεταλδεΐδη παράγεται κατά τη ζύμωση και είναι παρούσα στο κρασί σε διαφορετικές ποσότητες που εξαρτώνται άμεσα από την ποσότητα του διοξειδίου του θείου από το οποίο δεσμεύεται. Ενώνεται επίσης με αλκοόλες προς σχηματισμό ακεταλών (Clarke & Bakker, 2004).

Κετόνες που έχουν εντοπισθεί στο κρασί είναι η προπανόνη, η βουτανόνη και η πεντανόνη. Οι σημαντικότερες όμως, είναι η ακετοΐνη και το διακετύλιο (2,3-βουτανεδιόνη). Η ακετοΐνη, σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης και από την συμπύκνωση δυο μορίων ακεταλδεΐδης. Περιέχεται από 2-84 mg/L στους οίνους, και συγκεκριμένα η συγκέντρωσή της κυμαίνεται από 46 mg/L περίπου για τους ερυθρούς οίνους έως 12 mg/L για τους λευκούς οίνους. Στο μέσο της αλκοολικής ζύμωσης υπάρχει μια αύξηση συγκέντρωσης ενώ στο τέλος της ζύμωσης μειώνεται. Έτσι οι επιδόρπιοι οίνοι είναι πλουσιότεροι σε ακετοΐνη. Το διακετύλιο είναι και αυτό δευτερεύον προϊόν της αλκοολικής ζύμωσης και περιέχεται στους οίνους σε ποσότητες που κυμαίνονται από 0,1-2 mg/L. (Σουφλερός, 2015). Το διακετύλιο σε χαμηλή συγκέντρωση δίνει αρώματα βουτύρου, φιστικιού και οσμή ψημένου. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις δίνει άσχημη οσμή βουτύρου και γάλακτος. Η ακετοΐνη (3-υδροξυ-2-βουτανόνη) έχει παρόμοια ελαφρώς γαλακτώδη οσμή, που μπορεί να γίνει αισθητή σε οίνους.

Οι άλλες απλές αλειφατικές κετόνες αν και είναι παρούσες ή σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, δεν θεωρείται ότι έχουν μεγάλη σημασία στο άρωμα. Οι σύμπλοκες κετόνες, β-δαμασκηνόνη, και α, β-ιονόνες είναι παρούσες εν μέρει ως αποτέλεσμα της σύνθλιψης των σταφυλιών.

Η β-δαμασκηνόνη, με χαρακτηριστική οσμή δαμάσκηνου, θεωρείται ότι συμβάλλει στο άρωμα των οίνων από ποικιλίες σταφυλιών όπως το Chardonnay, αλλά είναι πιθανώς παρούσα σε όλους τους οίνους. Ανάλογα με τη συγκέντρωσή της, παρουσιάζει διαφορετικό αρωματικό αποτέλεσμα. Κοντά στο όριο ανίχνευσής της (50 ng/L) δίνει οσμές βάλσαμου λεμονιού, ενώ σε 100 φορές υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι πιθανό να προσδίδει αρώματα μήλου, τριαντάφυλλου και μελιού (Berger, 2007). Ομοίως, α-και β-ιονόνες προσδίδουν άρωμα βιολέτας. Σε μελέτη που διεξήχθη σε 12 λευκούς και 64 ερυθρούς οίνους, η ποσότητα αυτών των κετονών, ιδιαίτερα των ιονονών, βρέθηκε υψηλότερη στους ερυθρούς οίνους. Και οι δύο αυτές ενώσεις είναι παρούσες σε σημαντική ποσότητα στο μπράντι (Clarke & Bakker, 2004).

#### 1.9.4 Τερπένια

Τα τερπένια και τα παράγωγά τους (τερπενοειδή) είναι ευρέως διαδεδομένα στη φύση και απαντώνται σε διαφορετικές ποσότητες στα σταφύλια. Παραμένουν σχεδόν αναλλοίωτα μετά την αλκοολική ζύμωση και έτσι συμβάλλουν σημαντικά στο ποικιλιακό άρωμα του οίνου.

Στον φυσικό κόσμο, υπάρχουν τουλάχιστον 4.000 τερπενικές ενώσεις, στις οποίες οφείλεται και το άρωμα των λουλουδιών, των φύλλων, του ξύλου, των φρούτων και των σπόρων. Στους οίνους έχουν εντοπισθεί περισσότερα από 70 τερπενοειδή. Αποτελούν την πιο πολυάριθμη ομάδα των δευτερογενών μεταβολιτών, με κοινή βιοσυνθετική προέλευση και είναι αδιάλυτες στο νερό. Χημικά αποτελούνται από δύο ή περισσότερα τμήματα που έχουν το σκελετό του ισοπρενίου (5 άτομα C). Στο κρασί, μας ενδιαφέρουν τα μονοτερπένια (10 άτομα C) και τα σεσκιτερπένια (15 άτομα C). Τα μονοτερπένια εμφανίζονται με διάφορες μορφές, δηλαδή ως υδρογονάνθρακες, αλδεΐδες, εστέρες και αλκοόλες, όπως γερανιόλη, νερόλη, λιναλόλη, κιτρονελλόλη, α-τερπινεόλη και τέσσερα οξείδια A, B, C, D της λιναλόλης. Οι οσφρητικές ουσίες που εκλύονται παραπέμπουν σε εσπεριδοειδή και λουλούδια, κυρίως τριαντάφυλλο (Lambropoulos & Roussis, 2007, Jackson, 2002).

Τα τερπένια υπάρχουν στα σταφύλια (κυρίως στους φλοιούς) σε τρεις μορφές:

- 1) οι πτητικές μορφές που είναι οι ελεύθερες μονοτερπενικές αλκοόλες ή οξείδια,



- 2) ή μη πτητικές μορφές που είναι οι γλυκοζίτες των τερπενίων με σάκχαρα όπως η γλυκόζη, η αραβινόζη, και η ραμνόζη,
- 3) οι διόλες και τριόλες που είναι επίσης μη πτητικές και δε συνεισφέρουν στο άρωμα.

Η περιεκτικότητά τους στα σταφύλια ποικίλλει ανάλογα με τις ποικιλίες. Τα ερυθρά σταφύλια συνήθως έχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε τερπένια με εξαίρεση το μαύρο Μοσχάτο που το περιεχόμενό του σε τερπένια είναι ιδιαίτερα υψηλό. Έχουν υψηλό κατώφλι αντίληψης αλλά η αθροιστική και συνεργιστική επίδραση του ενός στο άρωμα του άλλου, θα καθορίσει τελικά την πραγματική συνεισφορά τους στο ποικιλιακό άρωμα (Clarke & Bakker, 2004).

Παράγοντες από τους οποίους εξαρτώνται οι τερπενικές ενώσεις στα σταφύλια και στον οίνο (Σουφλερός, 2015) είναι:

- Μεταβολισμός των σταφυλιών (ποικιλία, περιβάλλον, καλλιεργητικές συνθήκες)
- Βιοχημικές μεταβολές (οξειδώσεις, υδρολύσεις)
- Μεταβολισμός ζυμομυκήτων κατά την διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης
- Χημικές μεταβολές οι οποίες συμβαίνουν μετά τη ζύμωση

### 1.9.5 Λακτόνες

Είναι κυκλικοί εστέρες που σχηματίζονται από εσωτερική εστεροποίηση μεταξύ της καρβοξυλομάδος και του υδροξυλίου ενός αλειφατικού υδροξυοξέως. Αυτή η αντίδραση παράγει ένα ετεροκυκλικό δακτύλιο οξυγόνου. Ανάλογα με την θέση του υδροξυλίου που συμμετέχει στην εστεροποίηση, ονομάζονται γ-λακτόνες και δ- λακτόνες (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

Οι λακτόνες είτε προέρχονται από το σταφύλι, είτε παράγονται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και της ωρίμανσης, είτε εκχυλίζονται από τα δρύινα βαρέλια. Οι λακτόνες που προέρχονται από το σταφύλι, δεν εμπλέκονται στην ανάπτυξη των ποικιλιακών αρωμάτων. Εξαίρεση αποτελεί η 2-βινυλο-2-μεθυλο-5-τετραϋδροφουρανόνη, η οποία συμβάλλει στο χαρακτηριστικό άρωμα των ποικιλιών Μοσχάτο και Riesling. Επίσης, η σολοτόνη (4,5-διμεθυλο-τετραϋδρο-2,3-φουρανοδιόνη) είναι η χαρακτηριστική λακτόνη των βοτρυτωμένων κρασιών και των μπράντι, η οποία δίνει αρώματα καρυδιού και καραμελωμένης ζάχαρης (Jackson, 2008). Η πιο γνωστή είναι η γ-βουτυρολακτόνη, που υπάρχει στον οίνο σε συγκεντρώσεις της τάξης των mg/L. Αυτή η ένωση προκύπτει από το γ – υδροξυβουτυρικό οξύ, ένα ασταθές μόριο που παράγεται με αποαμίνωση και αποκαρβοξυλίωση του γλουταμινικού οξέος (Ribéreau- Gayon *et al.*, 2006).

### 1.9.6 Μεθοξυπυραζίνες

Οι πυραζίνες είναι ετεροκυκλικές ενώσεις που στο μόριό τους περιέχουν άζωτο. Πέρα από τα σταφύλια, απαντώνται και σε πολλά λαχανικά και φρούτα. Παράγονται δε από το μεταβολισμό των αμινοξέων. Όσον αφορά την αρωματικότητα, έχουν πολύ χαμηλό κατώφλι αντίληψης (μέχρι και 1 ng/L αν διαλυθούν στο νερό), ωστόσο διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του ποικιλιακού αρώματος σε πολλές ποικιλίες. Η εκτίμηση της σημασίας των μεθοξυπυραζινών στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κρασιού είναι σχετικά πρόσφατη. Προσδιορίστηκαν πρώτη φορά το 1975 και στην παρουσία τους οφείλεται η χαρακτηριστική φυτική οσμή των Cabernet και Semillon (Allen & Lacey, 1999).

Αρώματα πράσινης πιπεριάς, σπαραγγιού και γενικά παρουσία χορτώδους χαρακτήρα, χαρακτηρίζουν τις μεθοξυπυραζίνες, όπως είναι οι 2-μεθόξυ-3-ισοπροπυλ-πυραζίνη, 2-μεθόξυ-3-σεκβουτυλ-πυραζίνη και 2-μεθόξυ-3-ισοβουτύλ-πυραζίνη (Ribereau-Gayon *et al.*, 2006). Υπεύθυνη για το ποικιλιακό άρωμα των Cabernet Sauvignon, Sauvignon Blanc και Merlot είναι η 2-μεθόξυ-3-ισοβουτύλ πυραζίνη (Clarke & Bakker, 2004, Jackson, 2002).

Η περιεκτικότητα σε μεθοξυπυραζίνες είναι σχετικά υψηλή στα πρώτα στάδια ωρίμανσης και μειώνεται κατά τη διάρκειά της. Αρχικά, οι πυραζίνες εντοπίζονται στους βλαστούς και ακολούθως σε φλοιούς και γίγαρτα και μέσω της οινοποίησης μεταφέρονται στο κρασί. Οι κλιματολογικές συνθήκες είναι ένας καταλυτικός παράγοντας για τις πυραζίνες, σε ψυχρά κλίματα αυξάνεται η συγκέντρωσή τους, και σε θερμά μειώνεται (Lacey *et al.*, 1991). Μεταξύ αυτών των μεθοξυπυραζινών, η 3-ισοβουτύλο-2-μεθοξυπυραζίνη (IBMP) είναι αυτή που απαντάται συχνότερα και η πλέον πιθανή να συνεισφέρει στο χορτώδες άρωμα των σταφυλιών της ποικιλίας Sauvignon Blanc, όπου έχει προσδιοριστεί σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 0,5 έως 40 ng/L (Darriet *et al.*, 2012).

Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η συγκέντρωση της ουσίας επηρεάζεται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, καθώς και τις εφαρμοζόμενες αμπελοκομικές τεχνικές. Η συγκεκριμένη ένωση παρουσιάζει ευαισθησία στην ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία, η οποία προκαλεί την αποικοδόμηση της και το σχηματισμό 2-μέθοξυ-3-μεθυλοπυραζίνης, μία ένωση που είναι λιγότερο οσμική. Άλλοι αμπελοκομικοί παράγοντες, όπως η πρόωμη απομάκρυνση των φύλλων της βάσεως, οι αποδόσεις και η διαθεσιμότητα νερού και αζώτου φαίνεται ότι έχουν αντίκτυπο στην δημιουργία της IBMP. Η περιεχόμενη IBMP σε ώριμα σταφύλια μπορεί επίσης να ποικίλει σημαντικά ανάλογα με την κλωνική προέλευση των αμπέλων. Επιπλέον, η ανίχνευση της IBMP στους οίνους μπορεί να σχετίζεται με τη μόλυνση των σταφυλιών κατά τη συγκομιδή από το έντομο *H. axyridis* (Darriet *et al.*, 2012).

#### 1.9.7 Πτητικά οργανικά οξέα

Τα πτητικά οργανικά οξέα συμμετέχουν σε μεγάλο βαθμό στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των οίνων διαμορφώνοντας το άρωμά τους. Το οξικό οξύ αποτελεί το σημαντικότερο πτητικό οξύ που συναντάται στους οίνους. Έχει τη μυρωδιά ξυδιού και συνδέεται κυρίως με άσχημες οσμές, ελαττώματα και προσβολή του οίνου από οξικά βακτήρια. Αν και πρόκειται για υποπροϊόν των ζυμών και των βακτηρίων, μπορεί να αυξηθεί η συγκέντρωσή του και κατά την παλαίωση σε βαρέλι από την υδρόλυση των ημικυτταρινών (Jackson, 2008). Παρ' όλο που σε μικρές συγκεντρώσεις συμβάλλει στην πολυπλοκότητα του μπουκέτου, σε συγκεντρώσεις που περνάνε τα 300 mg/L, θεωρείται πολύ σημαντικό ελάττωμα του οίνου. Τα βουτυρικό οξύ, το φορμικό οξύ και το προπανικό οξύ με οσμές βουτύρου, πιπεριού και σόγιας αντίστοιχα, συμπληρώνουν τον αριθμό των διαφόρων οξέων που μπορεί να υπάρχουν στο κρασί, τα οποία όμως σπάνια βρίσκονται πάνω από το κατώφλι αντίληψης (Jackson, 2002).

Αποτελούν συστατικά του δευτερογενούς αρώματος του οίνου και εμφανίζονται μετά την ζύμωση του γλεύκους, με εξαίρεση βέβαια το μυρμηκικό οξύ το οποίο βρίσκεται στο σταφύλι. Τα πιο σημαντικά είναι τα οξέα με 1-6 άτομα άνθρακα. Αυτά τα οξέα μικρής αλυσίδας, ευνοούν τον οίνο με σπουδαία οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Είναι δευτερεύοντα προϊόντα της αλκοολικής ζύμωσης, ή προϊόντα μικροβιακών προσβολών και είναι τα εξής: μυρμηκικό οξύ, οξικό, προπανικό, ισοβουτυρικό, βουτυρικό, βαλερικό και ισοβαλερικό οξύ (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

Το οξικό οξύ είναι ποσοτικά και οργανοληπτικά το πιο σημαντικό πτητικό οξύ. Σε μικρές συγκεντρώσεις συμβάλλει στην πολυπλοκότητα του αρώματος των οίνων, ενώ σε συγκεντρώσεις που ξεπερνάνε τα 300 mg/L αποτελεί σημαντικό οργανοληπτικό ελάττωμα αυτών. Το βουτυρικό και ισοβαλεριανικό οξύ έχουν οσμές τυριού. Τα λιπαρά οξέα με 5 έως 12 άτομα άνθρακα είναι πιο ουδέτερα οσφρητικά, αλλά δίνουν ευχάριστους αρωματικά εστέρες. Τα οξέα με ακόμη μεγαλύτερο μοριακό βάρος δεν έχουν οργανοληπτική σημασία (Τσακίρης, 2020). Επιπλέον το οξικό οξύ είναι σημαντικό για την παραγωγή των οξικών εστέρων που προσδίδουν φρουτώδη χαρακτήρα στον οίνο. (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2006).

### 1.9.8 Πτητικές φαινόλες

Οι θετικές αρωματικές νότες αυτής της ομάδας μορίων έχουν συσχετιστεί κυρίως με τη διαδικασία παλαίωσης, όπου οι κύριες πτητικές φαινόλες είναι η γουαϊακόλη, η 4-μεθυλογουαϊακόλη, η 4-αιθυλ-γουαϊακόλη, η φαινόλη, η ο-κρεσόλη ή βανιλίνη. Τα ένζυμα που εμπλέκονται στα μεταβολικά στάδια σχηματισμού αυτών των ενώσεων σχετίζονται κυρίως με γαλακτικά βακτήρια (LAB), όπως γλυκοσιδάσες, πρωτεάσες, εστεράσες, κιτρικές λυάσες και αποκαρβοξυλάσες φαινολικού οξέος (Carpenea *et al.*, 2021).

Οι τανίνες και οι ανθοκυάνες πρωταγωνιστούν στην ομάδα των φαινολικών και είναι συνυφασμένες με τη γεύση και το χρώμα του οίνου. Οι πτητικές φαινόλες είναι αυτές που συμμετέχουν στο άρωμά των οίνων. Βρίσκονται σε μικρές συγκεντρώσεις στο γλεύκος, αλλά αυξάνονται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και της ωρίμανσης στο βαρέλι. Οι πιο σημαντικές είναι οι βινυλ-φαινόλες και οι αιθυλ-φαινόλες.

Η 4-βινυλγουαϊκόλη (άρωμα γαρύφαλλου) και η 4-βινυλφαινόλη (φαρμακευτικά αρώματα) ανήκουν στις βινύλ-φαινόλες. Εμφανίζονται στην αλκοολική ζύμωση με τη δράση των ζυμών. Γενικά συνεισφέρουν στο άρωμα του οίνου, προκαλούν δυσοσμία όμως όταν οι συγκεντρώσεις τους υπερβούν τα 725 µg/L. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης έχουμε την εμφάνιση των αιθύλ-φαινολών, 4-αιθυλφαινόλη (οσμή στάβλου και αλόγου) και 4-αιθυλγουαϊκόλη (οσμή καπνιστού και πικάντικου). Η παρουσία τους είναι επιθυμητή μέχρι τις συγκεντρώσεις των 400 µg/L (Clarke & Bakker, 2004, Jackson, 2002).

Η χρήση δρύινων βαρελιών, κατά τη διάρκεια της παλαίωσης είναι ο κύριος παράγοντας της παρουσίας των άλλων φαινολών που προσδιορίζονται στον οίνο κυρίως της ισοευγενόλης (σε μεγάλες ποσότητες) και των κρεζολών (σε πολύ μικρές ποσότητες). Από τα δεδομένα που έχουν παρουσιαστεί εξάγεται το συμπέρασμα ότι ο βαθμός «καψίματος» (καθόλου, ελαφρύ, έντονο) επηρεάζει σημαντικά την παρουσία των διαφόρων φαινολών (Clarke & Bakker, 2004, Chatonnet, 1999).

### 1.9.9 Θειούχες ενώσεις

Οι θειούχες ενώσεις που βρίσκονται στον οίνο μπορεί να προέρχονται είτε από ενζυμικές είτε από μη ενζυμικές αντιδράσεις. Οι ενζυμικές, αφορούν το μεταβολισμό των αμινοξέων, πεπτιδίων ή πρωτεϊνών, που στο μόριο τους περιέχουν θείο, το μεταβολισμό των θειούχων μικροβιοκτόνων και το σχηματισμό παραπροϊόντων της αλκοολικής ζύμωσης. Οι μη ενζυμικές, περιλαμβάνουν θερμικές, φωτοχημικές και χημικές αντιδράσεις θειούχων ενώσεων που πραγματοποιούνται κατά την οινοποίηση και την παλαίωση. Ακόμη, η έκθεση στο φως, μπορεί να ενεργοποιήσει τη παραγωγή αυτών των ενώσεων (Τσακίρης, 2020).

Οι περισσότερες οργανικές ενώσεις που περιέχουν θείο, όπως και το υδρόθειο (H<sub>2</sub>S), βρίσκονται συνήθως σε χαμηλές συγκεντρώσεις στους οίνους. Ορισμένες από αυτές δύναται να συμβάλλουν στην περιπλοκότητα του μπουκέτου των οίνων. Γενικά όμως, οι ενώσεις αυτές θεωρούνται υπεύθυνες για πολλές δυσοσμίες. Το H<sub>2</sub>S εμφανίζεται κατά τη ζύμωση, την ωρίμανση ή την παλαίωση σε φιάλη. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις αποτελεί μέρος του δευτερογενούς αρώματος και χαρακτηρίζει τα κρασιά που μόλις ζύμωσαν. Σε αυξημένες συγκεντρώσεις δίνει την οσμή κλούβιου αυγού, ενώ η περιεκτικότητά του μειώνεται με αερισμό (Jackson, 2000, 2008).

Οι τρεις πιο σημαντικές θειόλες στο άρωμα Sauvignon Blanc θεωρούνται ότι είναι 3-σουλφανυλεξανόλη (3SH) με γεύση γκρέιπφρουτ, ο οξικός 3-σουλφανυλοεξυλεστέρας (3SHA) και η 4-μεθυλο-4-σουλφανυλοπενταν-2-όνη (4M5P). Αν και οι θειόλες εντοπίστηκαν για πρώτη φορά στο κρασί Sauvignon Blanc, διαπιστώθηκε επίσης ότι συμβάλλουν στο ποικιλιακό άρωμα των οίνων που παράγονται από άλλες ποικιλίες *Vitis vinifera*, έγχρωμες και λευκές, όπως

Gewürztraminer, Riesling, Semillon, Muscat, Manseng, καθώς και στις έγχρωμες Merlot και Cabernet Sauvignon (Darriet *et al.*, 2012).

## 1.10 Φυτοορμόνες και Βιοδιεγέρτες

Οι **Φυτοορμόνες** ή αλλιώς και φυτορυθμιστικές ουσίες (PGR: plant growth regulator), είναι οργανικές ουσίες που δεν είναι απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, δηλαδή δεν παρέχουν στο φυτό ενέργεια ή απαραίτητα μεταλλικά στοιχεία και συντίθενται στα φυτά, προκαλώντας αλλαγές στον κυτταρικό μεταβολισμό. Οι ουσίες αυτές μπορεί να είναι φυσικές ορμόνες, δηλαδή να παράγονται από τα φυτά, αλλά και τεχνητές ορμόνες οι οποίες παρασκευάζονται χημικά. Σε μικρές ποσότητες προάγουν, αναστέλλουν ή τροποποιούν ποιοτικά τις αναπτυξιακές ή μεταβολικές διεργασίες του φυτού (Basra, 2000, Rademacher, 2015).

Ανάλογα με τη δράση τους στην αύξηση - ανάπτυξη, οι φυτοορμόνες διακρίνονται σε:

- Αυξητικές, όσες βοηθούν την αύξηση – ανάπτυξη
- Ανασταλτικές, όσες εμποδίζουν την αύξηση - ανάπτυξη του φυτού (Λόλας, 1993).

Οι φυτικές ορμόνες εμπλέκονται σε πολλές διεργασίες που επιτρέπουν στα φυτά να αντιδρούν σε εσωτερικά και εξωτερικά ερεθίσματα. Οι «κλασικές» ομάδες φυτικών ορμονών είναι οι αυξίνες, οι γιβερελλίνες, οι κυτοκινίνες, το αμπισισικό οξύ και το αιθυλένιο (Rademacher, 2015).

Ειδικότερα αναφέρονται οι φυτικές ορμόνες και οι βασικές τους δράσεις:

**Αυξίνες:** Είναι ουσίες που προάγουν την ανάπτυξη που συμβάλλουν στην επιμήκυνση των βλαστών, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να αναστείλουν την ανάπτυξη των πλευρικών οφθαλμών.

**Γιβερελλίνες:** Οι γιβερελλίνες (GA) προάγουν την επιμήκυνση των κυττάρων, την ανάπτυξη των βλαστών και συμμετέχουν στη ρύθμιση του λήθαργου.

**Κυτοκινίνες:** Οι κυτοκινίνες προάγουν την κυτταρική διαίρεση. Οι κυτοκινίνες εμπλέκονται στη διακλάδωση και στην τόνωση της έναρξης βλάστησης των οφθαλμών.

**Αμπισισικό οξύ (ABA):** Το αμπισισικό οξύ ελέγχει τον λήθαργο των μπουμπουκιών και των σπόρων, αναστέλλει την ανάπτυξη των βλαστών και συμμετέχει στη ρύθμιση της απώλειας νερού από τα φυτά.

**Αιθυλένιο:** Το αιθυλένιο προάγει την αποκοπή των φύλλων και των καρπών, αναστέλλει την επιμήκυνση των βλαστών και αναστέλλει την ανάπτυξη των πλευρικών οφθαλμών (Λόλας, 1993, Rademacher, 2015).

Οι φυτοορμόνες διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο σε πολλές φυσιολογικές διεργασίες των φυτών κατά την ανάπτυξη της αμπέλου και την ωρίμανση των καρπών, ρυθμίζοντας μεταβολικές αλλαγές που προκαλούνται από αλληλεπιδράσεις με βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες στρες, όπως η θερμοκρασία, το φως, η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) και η διαθεσιμότητα νερού (Li *et al.*, 2021). Υπάρχουν συνήθως σε ίχνη (ng/g FW) σε διαφορετικούς ιστούς των φυτών, γεγονός που αποτελεί μεγάλη πρόκληση για ακριβή ποιοτική και ποσοτική ανάλυση (Yao *et al.*, 2022).

Η επεξεργασία με αυξίνη καθυστερεί την ωρίμανση των σταφυλιών προκαλώντας αλλαγές στη γονιδιακή έκφραση και στο μεταβολισμό του κυτταρικού τοιχώματος. Οι αυξίνες είναι αναστολείς της ωρίμανσης του σταφυλιού και η εφαρμογή τους μπορεί να είναι χρήσιμη για την καθυστέρηση της συγκομιδής και για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Dal Santo *et al.*, 2020). Παρατηρείται υψηλή περιεκτικότητα στο στάδιο ανάπτυξης

της ράγας, ενώ πολύ χαμηλά επίπεδα ανιχνεύονται στο στάδιο του περκασμού και καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου ωρίμανσης (Griesser *et al.*, 2020). Το γιβερελικό οξύ (GA) και η κυτοκινίνη (CK) είναι φυτοορμόνες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή επιτραπέζιου σταφυλιού χωρίς κουκούτσι και αρκετές μελέτες έχουν διερευνήσει τις επιπτώσεις αυτών των δυο φυτοορμονών στην ανάπτυξη των σταφυλιών. Το GA και το CK μπορεί να αναστείλουν την ωρίμανση των σταφυλιών (Fortes *et al.*, 2015). Οι λεπτομέρειες της εμπλοκής τους στην ωρίμανση των σταφυλιών μετά το στάδιο του περκασμού δεν έχουν διερευνηθεί. Ωστόσο, οι επιδράσεις τους στην ανάπτυξη των σταφυλιών είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Το αμπισικό οξύ (ABA) έχει μελετηθεί εκτενώς και έχει διαπιστωθεί ότι η περιεκτικότητά του στα ερυθρά σταφύλια αυξάνεται ταχέως στο στάδιο του περκασμού και η συσσώρευση σακχάρων και ανθοκυανινών διεγείρεται από την εξωτερική του εφαρμογή. Το αιθυλένιο είναι μια άλλη φυτοορμόνη που σχετίζεται με την ωρίμανση των καρπών σε πολλά φυτά. Στα σταφύλια, το αιθυλένιο δεν είναι υπεύθυνο για την ενεργοποίηση της ωρίμανσης, ωστόσο, χαμηλά επίπεδα αιθυλενίου παράγονται κατά τη διαδικασία ωρίμανσης (Suehiro *et al.*, 2019).

Οι **Βιοδιεγέρτες** (Biostimulants) είναι χημικές ουσίες και μικροοργανισμοί, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρέως στη γεωργική πρακτική, για την ενίσχυση της ανάπτυξης των φυτικών οργανισμών. Οι βιοδιεγέρτες δεν είναι καθαρά θρεπτικά συστατικά. Αντιθέτως, συμβάλλουν ευνοϊκά στην προώθηση της φυτικής ανάπτυξης ή στη μείωση αβιοτικού και βιοτικού στρες. Ένας βιοδιεγέρτης φυτών είναι οποιαδήποτε ουσία ή μικροοργανισμός, που εφαρμόζεται στους φυτικούς οργανισμούς, με στόχο την ενίσχυση της θρεπτικής αποτελεσματικότητάς τους, της αντοχής τους στο στρες και στην βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους, ανεξάρτητα από την σύνθεση των συστατικών του.

Η εφαρμογή βιοδιεγερτών στη γεωργική πράξη, επηρεάζει μια σειρά από φυσιολογικές διεργασίες, όπως η αποτελεσματικότερη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών, η ενίσχυση της μικροβιακής δραστηριότητας, η βελτίωση της απόκρισης των φυτών σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις, η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος αλλά και η ποσοτική και ποιοτική βελτίωση των παραγόμενων προϊόντων (Du Jarbin, 2015, Halpern *et al.*, 2015).

Οι βιοδιεγέρτες φυτών κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την πηγή των πρώτων υλών.

Οι κύριες κατηγορίες είναι οι εξής (Du Jardin, 2015):.

- Εκχυλίσματα φυκών και φυτικών μερών
- Χουμικά και φουλβικά οξέα
- Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέων
- Εμβόλια μικροοργανισμών (μύκητες, βακτήρια)
- Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή
- Ανόργανες ενώσεις (Al, Co, Na, Se και Si)

Οι βιοδιεγέρτες προκαλούν αντίσταση των φυτών έναντι των παθογόνων, ενεργοποιώντας σήματα που ενισχύουν την παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι διεγερτών όπως οι χημικοί διεγέρτες (βενζοθειαδιαζόλη ή ιασμονικός μεθυλεστερας), οι φυσικοί διεγέρτες (ηλιακό φως, αλατότητα ή θερμοκρασία) και διεγέρτες βιολογικής προέλευσης (ολιγοσακχαρίτες, παράγωγα ζυμομύκητα ή θραύσματα πρωτεΐνης). Η χρήση διεγερτών έχει προταθεί ως εναλλακτικό στην εφαρμογή αγροχημικών για την πρόληψη ασθενειών και μολύνσεων των σταφυλιών, έχοντας επίσης μεγάλο θετικό αντίκτυπο στα ποιοτικά συστατικά των σταφυλιών. Επηρεάζουν τα πτητικά συστατικά του οίνου και τον οργανοληπτικό του χαρακτήρα. Ωστόσο, η επίδρασή τους ποικίλλει και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η ποικιλία του σταφυλιού, ο τύπος του διεγέρτη και η δόση που θα χρησιμοποιηθεί (Salifu *et al.*, 2022).

Ανεξάρτητα από τον τύπο διεγέρτη που εφαρμόζεται, η αποτελεσματικότητά του επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα χαρακτηριστικά του σταφυλιού, την εποχιακή διακύμανση και τον

χρόνο εφαρμογής. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διεγέρτες κατά αναλογία, οι οποίοι αποδίδουν σημαντικές αυξήσεις στην ποιότητα των σταφυλιών σε σύγκριση με τα δείγματα ελέγχου. Με την εφαρμογή διεγερτών στο στάδιο της ωρίμανσης παρατηρήθηκε καλύτερη βελτίωση στην ποιότητα των σταφυλιών (Cirillo *et al.*, 2021).

### 1.10.1 Αμπισισικο οξύ (ABA)

Το ABA ανακαλύφθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1960, και έχει αποδειχθεί ότι καθορίζει πολλές πτυχές της ανάπτυξης των φυτών, οι οποίες περιλαμβάνουν την ωρίμανση των σπόρων, τη βλάστηση και τον λήθαργο, την ανάπτυξη δενδρυλλίων, τον λήθαργο των μπουμπουκιών, τη διακλάδωση βλαστών και τη γήρανση των φύλλων (Wang, 2021).

Το ABA παράγεται κάτω από διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες όπως ξηρασία, κρύο, αλατότητα, ζέστη και μόλυνση από παθογόνους παράγοντες. Στους περισσότερους από τους βλαστικούς ιστούς των αγγειακών φυτών, το ABA παράγεται υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης και ρυθμίζει το κλείσιμο των στομάτων καθώς και διάφορες γονιδιακές εκφράσεις που σχετίζονται με την ανοχή στην αφυδάτωση. Όταν ανιχνεύουν τις περιβαλλοντικές πιέσεις, τα φυτά θυσιάζουν την ανάπτυξη και ενεργοποιούν προστατευτικές αντιδράσεις στο στρες. Η φυτοορμόνη αμπισισικό οξύ (ABA) διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην ενσωμάτωση ενός ευρέος φάσματος σημάτων στρες και στον έλεγχο των αποκρίσεων στρες. Το ABA μειώνει τη διαπνοή και τη φωτοσύνθεση, επαναπρογραμματίζει το μεταβολισμό για τη συσσώρευση οσμολυτών, αναστέλλει την ανάπτυξη και προάγει τον λήθαργο έτσι ώστε το φυτό να προσαρμοστεί σε συνθήκες έντονου στρες (Rosenbergen & Chen, 2018).

Από τα αποτελέσματα ερευνών που έχουν διεξαχθεί μέχρι στιγμής μπορούν να βγουν τα εξής συμπεράσματα: 1) το ABA σχεδόν δεν μεταφέρεται ή δεν μεταφέρεται καθόλου από το σημείο εφαρμογής και 2) μια τοπική αναστολή ανάπτυξης προκαλείται από την ορμόνη. Κατά συνέπεια, όταν το ABA εφαρμόζεται στον κορυφαίο οφθαλμό των ακέραιων φυταρίων, αναστέλλει την ανάπτυξη των κορυφαίων οφθαλμών και με αυτόν τον τρόπο αποδυναμώνει την κορυφαία κυριαρχία. Ως αποτέλεσμα αυτού, τα πλάγια μεγαλώνουν (Belandi & Dorffling, 1974).

Το ABA εμπλέκεται στην αυξημένη ρύθμιση των γονιδίων και στις δραστηριότητες των αντίστοιχων αντιοξειδωτικών ενζύμων παρέχοντας προστασία ενάντια στο οξειδωτικό στρες που προκαλείται από δυσμενείς συνθήκες για την ανάπτυξη των φυτών. Το ABA είναι ζωτικής σημασίας για την επαγωγή της βιοσύνθεσης και τη συσσώρευση προλίνης, γνωστής ως ωσμοπροστατευτική ουσία που εμπλέκεται στην σταθεροποίηση βιοπολυμερών και των κυτταρικών μεμβρανών (Shakirova, 2010).

Το ενδογενές αμπισισικό οξύ (ABA) κορυφώνεται στα σταφύλια κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ωρίμανση των καρπών (Deytieux *et al.*, 2007). Οι εξωγενείς εφαρμογές του μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο για τη βελτίωση της ποιότητας των σταφυλιών και τον έλεγχο του αβιοτικού στρες. Το εξωγενές ABA μπορεί να ενισχύσει τη συνολική περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά στα σταφύλια, αλλά οι επιδράσεις του σε μεμονωμένες φαινολικές ενώσεις μπορεί να είναι διαφορετικές. (Gonzalez *et al.*, 2018).

Οι Xi *et al.* (2013) απέδειξαν ότι η εξωγενής εφαρμογή ABA έχει τη δυνατότητα να αυξήσει σημαντικά την περιεκτικότητα των ολικών φαινολών, των ολικών τανινών και ανθοκυανών, όπως και την περιεκτικότητα των ολικών φλαβονοειδών στους οίνους της ποικιλίας Yan73.

Επίσης, έπειτα από την εφαρμογή εξωγενούς ABA, παρατηρήθηκε ότι τα Brix των σταφυλιών αυξήθηκαν. Το ABA εμπλέκεται στον μετασχηματισμό των σακχάρων και των οργανικών οξέων στα φρούτα (Luan, 2014), γεγονός που εξηγεί γιατί το εξωγενές ABA μπορεί να αυξήσει την περιεκτικότητα σε σάκχαρα στα ώριμα σταφύλια (Ju *et al.*, 2016). Οι Canti *et al.* (2007), υποστηρίζουν ότι η εφαρμογή του ABA στα σταφύλια, οδήγησε σε συγκομιδή νωρίτερα από

την προβλεπόμενη ημερομηνία, επιβεβαιώνοντας τη θετική επίδραση του εξωγενούς ABA στη μείωση της περιόδου ωρίμανσης.

Έχει αποδειχθεί ότι το αμπισικό οξύ μπορεί να αυξήσει τη συσσώρευση ανθοκυανών, να βελτιώσει το χρώμα της σταφυλής και να ενισχύσει τη μεταγραφή των γονιδίων που σχετίζονται με τις ανθοκυάνες (Sun *et al.*, 2019). Στην πραγματικότητα, η κατασταλτική επίδραση που έχουν οι υψηλές θερμοκρασίες στη συσσώρευση ανθοκυανίνης από τα σταφύλια μπορεί να είναι συνέπεια των μειωμένων συγκεντρώσεων ABA στη φλούδα τους (Peppi *et al.*, 2006). Σύμφωνα με την μελέτη των Deis *et al.* (2011), η εφαρμογή του ABA στις ράγες των σταφυλιών που υποβάλλονται σε υδατική καταπόνηση θα μπορούσε να έχει προκαλέσει τη βιοσύνθεση ανθοκυανίνης με συνεργιστικό τρόπο. Ενώ η εφαρμογή ABA σε ερυθρές ποικιλίες συμβάλλει στη συσσώρευση των ανθοκυανών και την ενίσχυση του χρώματος, στις λευκές ποικιλίες δεν έχει άμεσο αντίκτυπο στην ένταση του χρώματος. Αντιθέτως αυξάνεται ο αλκοολικός βαθμός και οι παραγόμενοι οίνοι είναι οργανοληπτικά ασθενέστεροι (Gonzalez *et al.*, 2018).

Σύμφωνα με τους Deytieux *et al.* (2007), σταφύλια που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με ABA είχαν σημαντικά λιγότερη χλωροφύλλη και απέκτησαν ερυθρότητα πιο γρήγορα σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Ακόμη, η εφαρμογή ABA δεν επηρέασε σημαντικά την τιτλοδοτήσιμη οξύτητα

Η αλλαγή στο χρώμα των σταφυλιών και οι τροποποιήσεις στην απώλεια χλωροφύλλης σχετίζονται με την αύξηση της συγκέντρωσης ABA. Σε ότι αφορά την επίδραση του αμπισικού οξέος στις τανίνες, οι Lacampagne *et al.* (2010), διαπίστωσαν ότι το ABA ρυθμίζει τα ένζυμα που εμπλέκονται στη βιοσύνθεση τανινών με αποτέλεσμα να υπάρχει αύξηση της περιεκτικότητας των τανινών στα σταφύλια κατά τη διάρκεια του περκασμού.

Επιπλέον, παρόλο που η καλύτερη στιγμή για την εφαρμογή ABA είναι κατά την περίοδο του περκασμού, η χρήση της αργότερα έχει αποδειχθεί ότι βελτίωσε τα χαρακτηριστικά του χρώματος. Εφαρμογές ABA μεταξύ 150 και 300 mg L<sup>-1</sup> σε θερμότερες περιοχές ή εποχές αντιπροσωπεύουν έναν καλό συμβιβασμό μεταξύ του καλού ομοιόμορφου χρώματος και της σφριγηλότητας στα σταφύλια (Peppi *et al.*, 2006).

### 1.10.2 Χιτοζάνη (CHT)

Η χιτοζάνη είναι ένας πολυσακχαρίτης πολύπλευρης χρήσης που έχει επιτρέψει την ανάπτυξη έξυπνων συστημάτων για την απελευθέρωση φυτοφαρμάκων στη γεωργία, ευνοώντας τη μείωση της κατανάλωσης επικίνδυνων ενώσεων, μειώνοντας τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία (Mujtaba *et al.*, 2020).

Διαδραματίζει εξαιρετικό ρόλο στη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους καθώς και στην ανάπτυξη των φυτών. Έχει τεράστια συμβολή στη μείωση της ρύπανσης από λιπάσματα, στη διαχείριση γεωργικών παρασίτων και παθογόνων παραγόντων στη σύγχρονη γεωργία, λόγω της βιολογικής υποβάθμισης, της βιοσυμβατότητας και των μη τοξικών χαρακτηριστικών της (Faqir *et al.*, 2021). Το υψηλό μοριακό βάρος προσδίδει χαρακτηριστικά βιοπολυμερούς χιτοζάνης, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φιλμ, σχηματίζοντας φυσικά εμπόδια (υμένιο) γύρω από τους σπόρους αποτρέποντας τη μόλυνση από παθογόνο (Orzali *et al.*, 2017)

Μειώνει την τάση του οίνου στην αλλοίωση, διατηρεί-προστατεύει τις αρωματικές ενώσεις και την ένταση του χρώματος. Χρησιμοποιείται για τον περιορισμό της ανάπτυξης οξικών και μηλογαλακτικών βακτηρίων που θα μπορούσαν να μεταβολίσουν τα υπολείμματα σακχάρων, να αυξήσουν την περιεκτικότητα σε οξικό οξύ και να αναστείλουν την ανάκαμψη της ζύμωσης (Faqir *et al.*, 2021). Ειδικότερα, η χαμηλού μοριακού βάρους χιτοζάνη έχει υψηλή αντιμικροβιακή δράση, η οποία αυξάνεται με τη μείωση του βάρους. Επίσης λόγω της ικανότητάς της να προκαλεί αντοχή στα φυτά, έχει μεγάλες δυνατότητες ως προστατευτικό έναντι ασθενειών (Orzali *et al.*, 2017).

Μπορεί να είναι ένα εξαιρετικό λίπασμα με βάση τα βιοδιασπώμενα, φιλικά προς το περιβάλλον και άλλα εξαιρετικά χαρακτηριστικά του. Επιπλέον, η πορώδης δομή στην επιφάνεια ευνοεί τη διείσδυση νερού και θρεπτικών συστατικών. Τα μικροσφαιρίδια ελεγχόμενης αποδέσμευσης από χιτοζάνη, φορτωμένα με στοιχεία αζώτου στις μικροσφαίρες, θα μπορούσαν να απελευθερωθούν αργά στο έδαφος για να καλύψουν τις θρεπτικές ανάγκες των φυτών σε διάφορα στάδια και να βελτιώσουν το ποσοστό χρήσης του λιπάσματος μειώνοντας την απώλεια χημικού λιπάσματος (Giroto *et al.*, 2017). Η χιτοζάνη μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη διαχείριση των παρασίτων και τη μείωση της ενεργού εργασίας στο χωράφι (Faqir *et al.*, 2021). Επιπλέον, υπάρχει δυνατότητα για την ανάπτυξη εφαρμογών με βάση τη χιτοζάνη για τη μείωση της εφαρμογής συνθετικών αγροχημικών (Mujtaba *et al.*, 2020).

Τα κύρια αποτελέσματα που παράγονται από την αλληλεπίδραση σπόρου/χιτοζάνης μπορούν να συνοψιστούν ως εξής (Orzali *et al.*, 2017):

(α) ο δείκτης βλάστησης των σπόρων ενισχύεται,

(β) ο μέσος χρόνος βλάστησης και ο χρόνος ανθοφορίας μειώνονται.

(γ) αυξάνεται η ανάπτυξη των φυτών (π.χ. ύψος βλαστών, μήκος ριζών και δενδρυλλίου, η δυναμική βλαστικής ανάπτυξης) και η βιομάζα.

Οι τακτικές εφαρμογές CHT από την άνοιξη μέχρι τη συγκομιδή μπορεί να βελτιώσουν το συνολικό πολυφαινολικό περιεχόμενο των σταφυλιών και του κρασιού, συμβάλλοντας παράλληλα και στην ενίσχυση της αντιοξειδωτικής δράσης του κρασιού σε σύγκριση με τις συμβατικές θεραπείες με μυκητοκτόνα. Ειδικότερα, τα αμπέλια τα οποία είχαν υποστεί επεξεργασία με CHT, είχαν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες στον οίνο, σε σχέση με τους οίνους από μη επεξεργασμένα αμπέλια, αν και η επεξεργασία CHT βελτίωσε τη συνολική περιεκτικότητα σε φαινόλη σε σύγκριση με σταφύλια που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με συμβατικά μυκητοκτόνα (Iriti *et al.*, 2011).

Επιπλέον, οι Duxbury *et al.* (2004) διαπίστωσαν ότι η εφαρμογή της CHT με ψεκάσμο πριν από τη συγκομιδή δεν επηρέασε την περιεκτικότητα των ολικών φαινολικών και των ανθοκυανών σε σταφύλια της ποικιλίας Cabernet Sauvignon. Μπορεί όμως να μειωθεί η συγκέντρωση πολλών αμινοξέων του γλεύκους, χωρίς να επηρεαστεί η συγκέντρωση YAN. Μια ανεπαρκής συγκέντρωση αζώτου στο γλεύκος μπορεί να προκαλέσει κολλημένες ή αργές ζυμώσεις, κάτι που αποτελεί επίμονο πρόβλημα στην παραγωγή κρασιού (Gutiérrez-Gamboa *et al.*, 2017).

Η χιτοζάνη αποδείχθηκε ότι είναι σχετικά αδιάλυτη στα επίπεδα αλκοόλης που συνήθως απαντώνται στους λευκούς οίνους και ότι αλληλεπιδρά με το μηλικό και το τρυγικό οξύ μειώνοντας σημαντικά τις ποσότητες τους. Η σταθερότητα του τρυγικού άλατος και η αμαύρωση των λευκών οίνων μπορούν, επομένως, να βελτιωθούν με εφαρμογή χιτοζάνης ενώ, έχει παρατηρηθεί επίσης προσρόφηση του καλίου και του σιδήρου (Colangelo *et al.*, 2018). Οι Chinnici *et al.* (2014) υπογράμμισαν επίσης την ικανότητα της χιτοζάνης να δρα ως υποκατάστατο του SO<sub>2</sub>, μειώνοντας την αμαύρωση και προστατεύοντας τις θειόλες από την οξείδωση.

### 1.10.3 Βενζοθειαδιαζόλη (BTH)

Η βενζοθειαδιαζόλη (BTH) δρα ως λειτουργικό ανάλογο του σαλικυλικού οξέος (SA) στο φυτά και ένας από τους λεγόμενους ενεργοποιητές φυτών που προστατεύουν διάφορα φυτά από μολυσματικές ασθένειες. Όταν η BTH εφαρμόζεται σε φυτά σε υψηλές δόσεις, προκαλεί συστατική ενεργοποίηση αμυντικών αποκρίσεων, συμπεριλαμβανομένων αρκετών γονιδίων που σχετίζονται με την άμυνα. Αντίθετα, όταν η BTH εφαρμόζεται σε σχετικά χαμηλές δόσεις, οι αμυντικές αποκρίσεις των φυτών δεν ενεργοποιούνται αμέσως αλλά γίνονται εμφανείς μόνο



μετά από μόλυνση από παθογόνο. Αυτός ο τρόπος δράσης, ο οποίος είναι κοινός μεταξύ των ενεργοποιητών φυτών, ονομάζεται ενίσχυση ή εκκίνηση (Shimono *et al.*, 2007).

Είναι ευρέως γνωστό ότι τα φυτά παράγουν ανθοκυανίνες μέσω της βιοσυνθετικής οδού των φλαβονοειδών. Η βιοσύνθεση των ανθοκυανινών μπορεί να επηρεαστεί από το μείγμα BTH και BTH/MeJ. Ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι η εφαρμογή BTH στα αμπέλια μπορεί να αυξήσει την περιεκτικότητα των σταφυλιών σε ανθοκυανίνες (Jiang *et al.*, 2022).

Η BTH είναι ένας αποτελεσματικός ενισχυτής συστημικής επίκτητης αντίστασης (SAR) που έχει αντιμικροβιακές ιδιότητες και εντείνει την αντίσταση στο φυτό επάγοντας γονίδια πρωτεϊνών που σχετίζονται με την παθογένεια (PR), τα οποία ενεργοποιούν τις οδούς μεταγωγής σήματος SAR, με αποτέλεσμα το σχηματισμό SAR. Η BTH βρέθηκε να είναι αποτελεσματική έναντι ιικών, βακτηριακών και μυκητιακών παθογόνων φυτών. Ως εκ τούτου, υποτέθηκε η ότι η BTH μπορεί να επηρεάσει τη μορφογένεση σε καλλιέργεια ιστών (Tun *et al.*, 2013 ; Jiang *et al.*, 2022).

Τα αμπέλια που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με BTH κατά την ανάπτυξη δεν είχαν αρνητικές επιπτώσεις στις αμπελουργικές παραμέτρους, την απόδοση ανά κλήμα ή το μέγεθος της ράγας. Ειδικότερα, οι μελέτες διαφόρων ποικιλιών σταφυλιού με BTH συμπεριλαμβανομένων Merlot, Monastrell, Cabernet Sauvignon, Gropello, Syrah, Cabernet Gernischt και Beauty Seedless καθώς και τα αντίστοιχα κρασιά τους αποκάλυψαν αύξηση στη συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων (Jiang *et al.*, 2022). Ωστόσο, μια μελέτη των Paladines-Quezada *et al.* 2018 αποκάλυψε ότι η BTH μείωσε την περιεκτικότητα σε φαινόλες στα κυτταρικά τοιχώματα των σταφυλιών Merlot.

Η εξέλιξη της συγκέντρωσης της φλαβονόλης στα σταφύλια διαφέρει αναλόγως με την ποικιλία. Στην περίπτωση των σταφυλιών Syrah, η επεξεργασία με BTH οδήγησε σε υψηλότερες συγκεντρώσεις φλαβονολών από ό,τι στα σταφύλια ελέγχου. Τα σταφύλια που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με BTH παρουσίασαν την υψηλότερη συγκέντρωση φλαβονόλης κατά τη συγκομιδή. Σε άλλα φρούτα όπως οι φράουλες, παρατηρήθηκε ότι η εφαρμογή της BTH αύξησε την περιεκτικότητα στις φλαβονόλες της κερσετίνης και καμπερολόλης. Για την ποικιλία Monastrell, διαπιστώθηκε ότι όταν τα σταφύλια υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με BTH, η συγκέντρωση φλαβονόλης ήταν υψηλότερη από ό,τι στα σταφύλια ελέγχου σχεδόν σε όλη την περίοδο ωρίμανσης, και οι μέγιστες διαφορές με τα σταφύλια ελέγχου παρατηρήθηκαν μία εβδομάδα πριν από τη συγκομιδή. Αυτή η παρατήρηση υποδηλώνει ότι οι διεγέρτες θα πρέπει να εφαρμόζονται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην ημερομηνία συγκομιδής προκειμένου να επιτευχθεί το ισχυρότερο αποτέλεσμα (Gomez-Plaza *et al.*, 2016).

Η εφαρμογή BTH μπορεί να αυξήσει την περιεκτικότητα σε προανθοκυανιδίνη των σταφυλιών Merlot έως και 36% και να μειώσει τη συχνότητα εμφάνισης και τις συνέπειες του *Botrytis cinerea* (Jiang *et al.*, 2022). Οι Ruiz-García *et al.* (2012) και Gómez-Plaza *et al.* (2016) ανέφεραν ότι η εφαρμογή BTH αύξησε την περιεκτικότητα σε προανθοκυανιδίνη στους φλοιούς των σταφυλιών της ποικιλίας Monastrell κατά τη συγκομιδή. Ωστόσο, κατά την ωρίμανση, τα σταφύλια Monastrell, Syrah και Merlot που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με BTH είχαν υψηλότερα επίπεδα προανθοκυανιδινών από τα σταφύλια ελέγχου την εβδομάδα πριν από τη συγκομιδή.

Τα αποτελέσματα της μελέτης των Salifu *et al.* (2022) έδειξαν ότι η εφαρμογή της BTH επηρέασε θετικά το βάρος και το χρώμα των σταφυλιών ενώ μείωσε την περιεκτικότητα σε σάκχαρα. Επιπλέον, η περιεκτικότητα σε αμινοξέα σε δείγματα που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με BTH επηρεάστηκαν αρνητικά, με σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων ελέγχου και των δειγμάτων που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία. Οι χαμηλές ποσότητες αμινοπρόδρομων ουσιών ευθύνονται για τις χαμηλές συγκεντρώσεις αρωμάτων που προέρχονται από αμινοξέα στα επεξεργασμένα σταφύλια. Ωστόσο, η επεξεργασία με BTH ενίσχυσε τη συσσώρευση λιπαρών οξέων, ενώσεων C<sub>6</sub>, αλκοολών και εστέρων, παρουσιάζοντας

υψηλότερες ολικές πτητικές συγκεντρώσεις αυτών των ενώσεων στα επεξεργασμένα σταφύλια σε σύγκριση με τα αντίστοιχα σταφύλια ελέγχου. Από την άλλη πλευρά, στα δείγματα που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με ΒΤΗ παρατηρήθηκαν χαμηλότερες συγκεντρώσεις ολικών τερπενίων, νορισοπρενοειδών και ολικών καρβονυλίων. Η αλληλουχία των συγκεντρώσεων κάθε κατηγορίας πτητικών που παρατηρήθηκε στη μελέτη υποδηλώνει ότι η εφαρμογή της ΒΤΗ επηρέασε τις δραστηριότητες των ενζύμων που σχετίζονται με τη σύνθεση αυτών των αρωματικών ενώσεων.

### 1.11 Σκοπός της μελέτης

Το αντικείμενο της παρούσας ερευνητικής εργασίας αφορά την επίδραση των φυτοορμονών/βιοδιεγερτών στα χαρακτηριστικά του γλεύκους και των οίνων της ερυθρής ποικιλίας Μούχταρο. Ο πειραματικός σχεδιασμός αφορά εφαρμογή φυτοορμονών και βιοδιεργετών στο στάδιο του περκασμού και συγκεκριμένα αμπισισικού οξέος (ABA), βενζοθειαδιαζόλης (ΒΤΗ) και χιτοζάνης (CHT) σε τρεις διαφορετικές δοσολογίες (χαμηλή, μεσαία και υψηλή) έναντι παρουσία μάρτυρα και η επίδρασή τους στο γλεύκος. Μετά από οινοποίηση των σταφυλιών θα μελετηθούν τα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των οίνων που θα προκύψουν.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Προεργασία στον αμπελώνα

Το πειραματικό σχέδιο που θα περιγραφεί παρακάτω εφαρμόστηκε στον αμπελώνα την καλλιεργητική χρονιά του 2020. Ο αμπελώνας χωρίστηκε σε τμήματα, κάποια από τα οποία δέχτηκαν παρεμβάσεις από συγκεκριμένες ουσίες και κάποια άλλα όχι. Θα μελετηθούν οι διαφορές μεταξύ των προστιθέμενων ουσιών και των δόσεων με την πραγματοποίηση αναλύσεων και οργανοληπτικών ελέγχων.

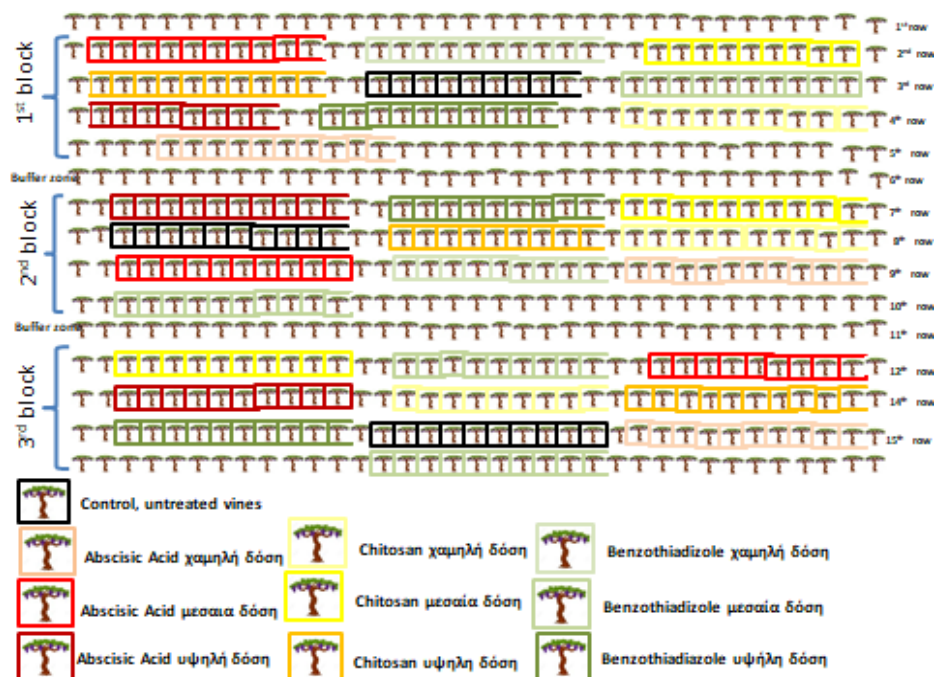
Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε μη αρδευόμενο μονοποικιλιακό αμπελώνα *Vitis vinifera* L. Mouhtaro του Κτήματος Μουσών στην κοιλάδα των Μουσών. Τα αμπέλια φυτεύτηκαν το 2007 σε υποκείμενο R110 (πυκνότητα φύτευσης 2,5 × 1,2 m) και μορφώθηκαν σε αμφίπλευρο γραμμικό. Το σύστημα κλαδέματος που ακολουθήθηκε ήταν 3 κεφαλές σε κάθε βραχίονα. Η διαχείριση του αμπελώνα ήταν ομοιόμορφη σε όλο το πειραματικό αγροτεμάχιο και σε συμφωνία με τις συνιστώμενες γεωργικές πρακτικές για τη δεδομένη αμπελουργική τοποθεσία. Τα πρέμνα που επιλέχθηκαν για το πείραμα ήταν ζωνηρά, εύρωστα και υγιή. Στα πρέμνα, σε κάθε επέμβαση έγινε σήμανση με χρωματιστή ταινία. Εφαρμόστηκαν τρεις διαφορετικές επεμβάσεις και στη κάθε επέμβαση έγιναν 3 συγκεντρώσεις (χαμηλή, μεσαία, υψηλή) (Εικόνα 2).

Στα πρέμνα του πειραματικού σχεδίου εφαρμόστηκαν οι παρακάτω συγκεντρώσεις (Πίνακας 3):

Πίνακας 3. Συγκεντρώσεις των επεμβάσεων.

Επεμβάσεις	Χαμηλή δόση	Μεσαία δόση	Υψηλή δόση
<b>Abscisic acid – ABA</b> (s-abscisic acid 10.4% w/v, Protone SL, Hellafarm, Greece)	200 mg/L	400 mg/L	800 mg/L
<b>Benzothiadiazole - BTH</b> (benzo-(1,2,3)-thiadiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester, BTH, Bion, Syngenta, Basilea, CH)	0.1 mM	0.3 mM	0.6 mM
<b>Chitosan – CHT</b> (chitosan hydrochloride 3% w/w, CHT, Project One, Phytorgan S.A., Greece)	0.1%	0.3 %	0.6 %

Ως διαβρεκτικοί παράγοντες χρησιμοποιήθηκαν στις επεμβάσεις BTH και CHT, το Tween 80 (Sigma–Aldrich) και στην επέμβαση ABA, το Aquascope (Hellafarm, Ελλάδα). Ως μάρτυρες χρησιμοποιήθηκαν πρέμνα χωρίς να γίνει καμία εφαρμογή. Όλες οι επεμβάσεις εφαρμόστηκαν εις τριπλούν, σε ομάδες των 10 πρέμνων στη σειρά για τη κάθε μία, σε τρία εντελώς τυχαιοποιημένα μπλοκ). Για την επέμβαση με ABA, ο ψεκασμός πραγματοποιήθηκε στη σταφυλική ζώνη στο στάδιο του περκασμού και στη συνέχεια 3 και 6 ημέρες μετά την πρώτη εφαρμογή. Στην περίπτωση της BTH και της CHT, οι εφαρμογές πραγματοποιήθηκαν σε ολόκληρο το πρέμνο της αμπέλου κατά το στάδιο του περκασμού και στη συνέχεια στις 7 και στις 14 ημέρες ύστερα από την πρώτη εφαρμογή. Οι εφαρμογές των βιοδιεγερτών λάμβαναν χώρα απογευματινές ώρες ή πρωινές χωρίς άνεμο έτσι ώστε να αποφεύγεται η τυχόν απομάκρυνση του ψεκαστικού υγρού από τα πρέμνα και η αποφυγή της φωτοδιάσπασης των ουσιών.



Εικόνα 2. Πειραματικός σχεδιασμός στον μονοποικιλιακό αμπελώνα (Λαχός) στη Κοιλάδα των Μουσών.



Εικόνα 3. Πρέμνα της ποικιλίας Μούχατο στο στάδιο του περκασμού υπο την επίδραση βιοδιεγερτών (προσωπικό αρχείο Δημήτρη Μηλιόρδου).

Ύστερα από την εφαρμογή των βιοδιεγερτών και κατά τη περίοδο ωρίμανσης των ραγών έγινε έλεγχος ωρίμανσης μέσω της ανάλυσης των σακχάρων, της οξύτητας, του pH και του βάρους των ραγών. Οι δειγματοληψίες γίνονταν κάθε 7 μέρες. Τα δείγματα αναλύθηκαν με βάση τα πρωτόκολλα που αναφέρονται στον κανονισμό ΕΕ 2676/90.

Πίνακας 4. Ημερομηνίες εφαρμογών βιοδιεγερτών κατά την βλαστική περίοδο 2020 στη ποικιλία Μούχατο.

	Αμπσισικό οξύ	Χιτοζάνη & Βενζοθειαζόλη
1η Εφαρμογή	21/7/2020	21/7/2020
2η Εφαρμογή	24/7/2020	27/7/2020
3η Εφαρμογή	27/7/2020	3/8/2020

## 2.2 Πρωτόκολλο Ερυθρής Οινοποίησης

Ο τρύγος έγινε τον Σεπτέμβριο του 2020 στο στάδιο της τεχνολογικής ωριμότητας και τα σταφύλια μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Οινολογίας και Αλκοολούχων Ποτών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών έτσι ώστε να διεξαχθεί η ερυθρή οινοποίηση.

Ειδικότερα, 60 κιλά σταφυλιών της ερυθρής ποικιλίας Μούχταρο χωρίστηκαν σε τρία μέρη των 20 κιλών. Ακολούθησε η αποβοστρύχωση και η έκθλιψη των ραγών και το γλεύκος με τα στέμφυλα (φλοιοί, γίγαρτα) τοποθετήθηκαν σε δεξαμενές Inox των 20 λίτρων για να γίνει η ζύμωση. Σε κάθε δεξαμενή προστέθηκαν 10 g/hL SO<sub>2</sub> και έγιναν οι βασικές αναλύσεις γλεύκους (pH, °Brix, ολική οξύτητα) σύμφωνα με τον OIV. Τέσσερις ώρες αργότερα, πραγματοποιήθηκε εμβολιασμός με το στέλεχος SC22 *S. cerevisiae* (Fermentis, Lessafre, Γαλλία) σε συγκέντρωση 20 g/hL. Το γλεύκος αναμειγνύονταν τρεις φορές την ημέρα με τους φλοιούς για διευκόλυνση της εκχύλισης των εγχρώμων συστατικών των φλοιών στο γλεύκος. Η αλκοολική ζύμωση πραγματοποιήθηκε σε θερμοκρασίες μεταξύ 23 και 25 °C, μέχρι την εξάντληση των σακχάρων (ξηροί οίνοι). Στη συνέχεια, οι οίνοι διαχωρίστηκαν από τους φλοιούς και τα γίγαρτα, και τα στέμφυλα συμπίεστηκαν χρησιμοποιώντας υδροπιεστήριο φρούτων. Ο οίνος ελεύθερης ροής και ο οίνος πίεσης στη συνέχεια αναμίχθηκαν και εμβολιάστηκαν με εμπορικό παρασκεύασμα γαλακτικών βακτηρίων *Viniflora Oenos* (CHR Hansen, Hørsholm, Δανία). Η μηλογαλακτική ζύμωση (MLF) θεωρήθηκε ολοκληρωμένη όταν η συγκέντρωση μηλικού οξέος ήταν <0,1 g/L.

Οι οίνοι που προέκυψαν κωδικοποιήθηκαν ανάλογα με την ένταση της επέμβασης και την ουσία που προστέθηκε σύμφωνα με τον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Κωδικοποίηση των παραγόμενων οίνων.

Δείγματα	Κωδικοί	
Μάρτυρας	CONTROL	
Συγκέντρωση		
Αμπισσικό οξύ	Χαμηλή	ABA LOW
	Μεσαία	ABA MEDIUM
	Υψηλή	ABA HIGH
Χιτοζάνη	Χαμηλή	CHT LOW
	Μεσαία	CHT MEDIUM
	Υψηλή	CHT HIGH
Βενζοθειαζόλη	Χαμηλή	BTH LOW
	Μεσαία	BTH MEDIUM
	Υψηλή	BTH HIGH

## 2.3 Βασικές αναλύσεις γλεύκους - οίνου

### 2.3.1 Προσδιορισμός της σακχαροπεριεκτικότητας με διαθλασιμετρία

Η μέθοδος βασίζεται στην ιδιότητα που έχει μία ακτίνα φωτός να αλλάζει κατεύθυνση όταν διέρχεται από ένα μέσο σε ένα άλλο. Το φαινόμενο που περιγράφει την ιδιότητα αυτή ονομάζεται διάθλαση και το μέτρο της έντασης του καλείται δείκτης διάθλασης. Η μέτρηση του δείκτη διάθλασης γίνεται με διαθλασιμετρία και μπορεί να χρησιμεύσει στον προσδιορισμό των διαλυτών στερεών σε ένα υγρό. Στην οινολογία χρησιμοποιούνται διαθλασίμετρα που είναι βαθμονομημένα σε βαθμούς Brix, όπου ένας βαθμός αντιστοιχεί σε ένα γραμμάριο σακχάρου ανά 100 γραμμάρια διαλύματος. Το όργανο είναι βαθμονομημένο στους 20 °C οπότε η τιμή της μέτρησης που θα ληφθεί μέσω του διαθλασιμέτρου θα πρέπει να διορθώνεται με τη χρήση

ειδικού πίνακα όταν η τιμή του μετρούμενου υγρού αποκλίνει από την συγκεκριμένη θερμοκρασία.

### 2.3.2 Προσδιορισμός ενεργούς οξύτητας – pH

Ως ενεργή οξύτητα ή pH καλείται το σύνολο των ελεύθερων καρβοξυλομάδων που βρίσκονται σε διάσταση και δίνουν κατιόντα υδρογόνου ( $H^{++}$ ). Εν αντιθέσει με την ολική ή ογκομετρούμενη οξύτητα, το μέγεθος αυτό εξαρτάται και από το είδος των οργανικών οξέων, πέραν της συγκέντρωσης. Παραδείγματος χάριν ένας οίνος που περιέχει μια ορισμένη ποσότητα τρυγικού οξέος είναι πιο όξινος από τον αντίστοιχο ο οποίος περιέχει ένα ισόποσο ηλεκτρικό οξύ λόγω του διαφορετικού βαθμού διάστασης των ελεύθερων καρβοξυλομάδων. Το pH του οίνου επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως η αμπελοργική περιοχή και η ποικιλία, αλλά γενικά κυμαίνεται μεταξύ 2,8 και 4,2.

Για τον προσδιορισμό του pH αρχικά γίνεται η βαθμονόμηση του οργάνου με ρυθμιστικά διαλύματα γνωστού pH συνήθως 4 και 7. Έπειτα σε ένα ποτήρι ζέσεως τοποθετείται επαρκής ποσότητα δείγματος έτσι ώστε το ηλεκτρόδιο να είναι εμβαπτισμένο και να μην ακουμπάει στα τοιχώματα. Η θερμοκρασία του δείγματος πρέπει να είναι 20-25°C. Όταν η τιμή σταθεροποιηθεί παίρνουμε τη μέτρηση. Λαμβάνονται τουλάχιστον δύο μετρήσεις από το ίδιο δείγμα και καταγράφεται ο μέσος όρος με δύο δεκαδικά ψηφία (OIV-MA-AS313-01).

### 2.3.3 Προσδιορισμός Τιτλοδοτούμενης Οξύτητας

Η συνολική οξύτητα του κρασιού είναι το άθροισμα των ογκομετρήσιμων οξυτήτων του όταν τιτλοδοτείται σε pH 7 έναντι ενός τυπικού αλκαλικού διαλύματος. Το διοξείδιο του άνθρακα δεν περιλαμβάνεται στη συνολική οξύτητα (OIV-MA-AS313-01).

Η ολική ή ογκομετρούμενη οξύτητα καθορίζεται από το σύνολο των ελεύθερων καρβοξυλομάδων που βρίσκονται στο γλεύκος, και εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε ελεύθερα οργανικά οξέα και όχι από το είδος αυτών, και από την περιεκτικότητα σε ανόργανα ανιόντα και κατιόντα. Ο προσδιορισμός της βασίζεται στην εξουδετέρωση των όξινων ομάδων του δείγματος με πρότυπο διάλυμά αλκάλειας παρουσία ενός δείκτη. Ως δείκτης του σημείου εξουδετέρωσης χρησιμοποιείται η φαινολοφθαλεΐνη, η οποία σηματοδοτεί το τέλος της αντίδρασης αλλάζοντας χρώμα.

Ο προσδιορισμός της οξύτητας έγινε με ογκομέτρηση 10 mL οίνου με πρότυπο αλκαλικό διάλυμα NaOH N/10 παρουσία δείκτη κυανού της βρωμοθυμόλης. Η αντίδραση περιλαμβάνει την εξουδετέρωση των καρβοξυλομάδων των οξέων του οίνου από το άλκαλι, ενώ το τέλος της αντίδρασης διαπιστώνεται από την αλλαγή του δείκτη από πορτοκαλόχρουν σε κυανό που συμβαίνει σε pH 7. Το CO<sub>2</sub> και ο θειώδης ανυδρίτης παρεμβάλλονται στην ανάλυση γι' αυτό και αφαιρούνται στην αρχή της μεθόδου με ανάδευση υπό κενό. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε g/L εκφρασμένα σε τρυγικό οξύ.

Η ολική οξύτητα εκφραζόμενη σε χιλιοστοϊσοδύναμα ανά λίτρο (meq/L) δίνεται από την παρακάτω σχέση και εκφράζεται με ένα δεκαδικό ψηφίο

$$A = 10 * n$$

Η ολική οξύτητα εκφραζόμενη σε γραμμάρια τρυγικού οξέος ανά λίτρο (g/L) δίνεται από τον τύπο με ένα δεκαδικό ψηφίο

$$A = 0.75 * n$$

### 2.3.4 Προσδιορισμός Πτητικής Οξύτητας

Τα οξέα της αλειφατικής σειράς με μικρό αριθμό ατόμων άνθρακα (μυρμηγκικό, οξικό, προπιονικό, βουτυρικό) έχουν δυσμενή επίδραση στην ποιότητα του οίνου γιατί επηρεάζουν

αρνητικά τον οργανοληπτικό χαρακτήρα του προσδίδοντας έντονη και δριμεία οσμή. Έντονη και δυσάρεστη οσμή στο κρασί προσδίνει επίσης και ο οξικός αιθυλεστέρας. Σε ένα υγιή οίνο η συγκέντρωση του οξικού οξέος βρίσκεται σε ίχνη ή σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Οι περιεκτικότητες αυξάνονται στην περίπτωση οίνων προσβεβλημένων από βακτηριακές ασθένειες.

Ονομάζονται πτητικά γιατί ανιχνεύονται οργανοληπτικά και λαμβάνονται με απόσταξη. Η οξύτητα του αποστάγματος που προκύπτει από τον οίνο καλείται πτητική οξύτητα και δίνει ένα μέτρο της συνολικής παρουσίας τους στον οίνο. Κατά την επίσημη μέθοδο της Ε.Ε. η πτητική οξύτητα αποτελείται από τα οξέα της σειράς του οξικού οξέος που απαντούν στους οίνους ελεύθερα ή με μορφή αλάτων. Επειδή από αυτά τα οξέα το επικρατέστερο είναι το οξικό η πτητική οξύτητα εκφράζεται συνήθως σε γραμμάρια οξικού οξέος ανά λίτρο ( $\text{g}_{\text{οξικού οξέος}}/\text{L}$ ).

Προσδιορίζεται με τιτλοδότηση των πτητικών οξέων που διαχωρίζονται από τον οίνο με απόσταξη μεθ' υδρατμών. Στον υποδοχέα του δείγματος προστέθηκαν 20 mL οίνου, στον οποίο είχε απομακρυνθεί το  $\text{CO}_2$ , 0.5 g τρυγικού οξέος και ξεκινάει η απόσταξη με σκοπό να συλλεχθούν 250 mL αποστάγματος.

- Για τους λευκούς οίνους : 0.3 – 0.6 g/L , μικρότερο από 1.1 g/L
- Για τους ερυθρούς οίνους: 0.4 – 0.8 g/L , μικρότερο από 1.2 g/L

Η πτητική οξύτητα, εκφραζόμενη σε g οξικού οξέος ανά λίτρο με δυο δεκαδικά ψηφία δίνεται από τον τύπο:  $A = 0.300 (n - 0.1n' - 0.05n'')$  (OIV-MA-AS313-02).

### 2.3.5 Προσδιορισμός Αλκοολικού Τίτλου

Με τον προσδιορισμό του αλκοολικού τίτλου, αυτό που ουσιαστικά προσεγγίζεται με ακρίβεια στον οίνο, είναι η περιεκτικότητά του σε αιθυλική αλκοόλη. Η αλκοόλη, μετά το νερό, αποτελεί το σημαντικότερο συστατικό του οίνου και συναντάται συνήθως σε ποσοστό 9 - 15% του όγκου του. Κατά τον ΟΙV «Αλκοολικός τίτλος κατ' όγκο» ενός οινικού προϊόντος ονομάζεται ο αριθμός των λίτρων άνυδρης αιθανόλης που περιέχεται σε 100 λίτρα του προϊόντος αυτού, όταν οι δύο όγκοι μετριοούνται σε θερμοκρασία 20 °C. Συμβολίζεται ως % vol.

Στο συγκεκριμένο πείραμα έγινε απόσταξη μεθ' υδρατμών με την αυτόματη αποστακτική στήλη του εργαστηρίου οινολογίας JP SELECTA και εν συνεχεία χρήση αλκοολόμετρου για τον υπολογισμό της αλκοόλης. Αρχικά το δείγμα του οίνου αναδεύεται ώστε να απομακρυνθεί η μεγαλύτερη ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα. Στη συνέχεια 200 mL οίνου μεταφέρονται σε ογκομετρική φιάλη, σημειώνεται η θερμοκρασία και μεταγγίζεται στη σφαιρική φιάλη της αποστακτικής. Η ογκομετρική φιάλη ξεπλένεται τέσσερις φορές με 5 mL απεσταγμένο νερό το οποίο προστίθεται στη σφαιρική φιάλη μαζί με μερικά τεμαχίδια πορώδους ανενεργού υλικού (ελαφρόπετρα). Το απόσταγμα συλλέγεται στην ογκομετρική φιάλη των 200 mL που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση του οίνου. Συλλέγεται σχεδόν το σύνολο του όγκου και συμπληρώνεται η ογκομετρική φιάλη μέχρι τα 200 mL με απεσταγμένο νερό. Η θερμοκρασία του αποστάγματος δεν πρέπει να αποκλίνει από την αρχική θερμοκρασία περισσότερο από  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Ακολουθώντας το κατάλληλο αλκοολόμετρο εμβαπτίζεται στο απόσταγμα μαζί με ένα θερμόμετρο. Λαμβάνεται η θερμοκρασία και αφού ισορροπήσει το αλκοολόμετρο σημειώνεται η ένδειξη (φαινομενικός αλκοολικός τίτλος). Η θερμοκρασία του υγρού δεν πρέπει να διαφέρει από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος πάνω από  $\pm 5^\circ\text{C}$ . Ο φαινομενικός αλκοολικός τίτλος διορθώνεται ως προς τη θερμοκρασία για να υπολογιστεί ο πραγματικός (OIV-MA-AS2-10).

### 2.3.6 Προσδιορισμός Χρωματικών Χαρακτηριστικών

Για τον προσδιορισμό της έντασης και της απόχρωσης του χρώματος των ερυθρών οίνων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Glories Y. (1984), κατά την οποία λαμβάνονται οι απορροφήσεις

σε μήκος κύματος 420, 520 και 620 nm, από φασματοφωτόμετρο υπεριώδους–ορατού φάσματος.

Η ένταση του χρώματος είναι το άθροισμα και των τριών απορροφήσεων, ενώ η απόχρωση είναι ο λόγος της απορρόφησης στα 420 nm προς αυτής στα 520 nm. Το χρώμα των ερυθρών οίνων είναι το άθροισμα των χρωμάτων κίτρινου, κόκκινου και κυανού. Τα φάσματα απορρόφησής τους παρουσιάζουν ένα μέγιστο στα 520 nm, το οποίο ελαττώνεται με την παλαίωση, και ένα ελάχιστο στα 420 nm, που κατά την παλαίωση αυξάνει ή παραμένει σταθερό. Τα 420 nm είναι χαρακτηριστικό μήκος κύματος του κίτρινου χρώματος, το οποίο οφείλεται στις συμπυκνωμένες τανίνες και αυξάνει με τον πολυμερισμό και την οξείδωση των μορίων αυτών. Τα 520 nm είναι χαρακτηριστικό μήκος κύματος του κόκκινου χρώματος και οφείλεται στο καθαρό ερυθρό χρώμα των ελεύθερων ανθοκυανών που βρίσκονται υπό τη μορφή φλαβυλίου. Η απορρόφηση στα 620 nm εκφράζει το κυανό χρώμα των νέων ερυθρών οίνων, το οποίο οφείλεται στις ανθοκυάνες όταν αυτές βρίσκονται με τη μορφή της άνυδρης βάσης. Η ένταση αντιπροσωπεύει την ποσότητα του χρώματος και παρουσιάζει μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των ποικιλιών.

Η απόχρωση αντιπροσωπεύει την εξέλιξη του χρώματος προς το πορτοκαλί και εκφράζει το βαθμό παλαίωσης ή οξείδωσης των οίνων. Όσο πιο παλαιωμένος ή οξειδωμένος είναι ο οίνος, τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της απόχρωσης. Οι νέοι οίνοι παρουσιάζουν τιμές απόχρωσης μεταξύ 0,5 – 0,7 που αυξάνονται κατά την παλαίωση, φθάνοντας σε ένα ανώτερο όριο περίπου 1,2-1,3 (Χαρβαλιά, 1982, Κουράκου, 1998, Ribéreau-Gayon, 2000).

Τα χρωματικά χαρακτηριστικά των ερυθρών και ροζέ οίνων εκφράζονται από την ένταση και την απόχρωση του χρώματος ως εξής:

Ένταση χρώματος (E) είναι το άθροισμα των απορροφήσεων στα 420nm, 520 nm, 620nm

$$E = A_{420} + A_{520} + A_{620}$$

Απόχρωση (A) είναι ο λόγος της απορρόφησης του γλεύκους ή του οίνου στα 420nm προς την απορρόφηση στα 520nm

$$A = A_{420} / A_{520}$$

### 2.3.7 Προσδιορισμός ΔΦΟ

Ο προσδιορισμός βασίζεται στην ισχυρή απορρόφηση που παρουσιάζουν οι βενζολικοί δακτύλιοι των φαινολικών ενώσεων στο υπεριώδες φως, το μέγιστο της οποίας παρατηρείται γύρω στα 280 nm. Μετρά την περιεκτικότητα των φλαβανοειδών φαινολών (ανθοκυάνες, τανίνες), των μη φλαβανοειδών (φαινολικά οξέα) και κάποιων μη φαινολικών ουσιών που απορροφούν στα 280 nm. Τα δείγματα του γλεύκους ή του οίνου που αντιστοιχούσαν σε κάθε εφαρμογή φυγοκεντρήθηκαν στις 4000 rpm για 5 min. Στη συνέχεια, παρελήφθη με σιφόνιο 1 mL από τα δείγματα και μεταφέρθηκε σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL όπου αραιώθηκε με απιονισμένο νερό μέχρι την χαραγή των 100 mL (αραίωση 1:100). Μετρήθηκε η απορρόφηση σε μήκος κύματος 280 nm. Ο ΔΦΟ προκύπτει από την ακόλουθη σχέση:

$$\Delta\Phi\text{O} = \text{OD} \times \text{Αραίωση δείγματος (εδώ 100)}$$

Όπου OD: η ένδειξη του οργάνου

### 2.3.8 Ολικές Ανθοκυάνες

Οι ανθοκυάνες (At) είναι παρούσες στον οίνο σε διαφορετικές μορφές: τις ελεύθερες (Al) και τις ενωμένες με τανίνες (Ac), μερικές από τις οποίες αποχρωματίζονται με θειώδη ανυδρίτη SO<sub>2</sub> (TA) ενώ οι υπόλοιπες δεν επηρεάζονται (TAT):



$$A_t = A_I + A_c = A_I + T_A + T_{AT}$$

Οι χημικές μέθοδοι βασίζονται σε συγκεκριμένες ιδιότητες των ανθοκυανών: αλλαγή χρώματος σύμφωνα με το pH και αποχρωματισμός με θειώδη ανυδρίτη. Εδώ χρησιμοποιείται η δεύτερη.

Ετοιμάζονται 2 δείγματα καθένα από τα οποία περιέχει 0,5 mL υδατικού διαλύματος υδροχλωρίου HCl 2%, 10 mL αλκοολικού διαλύματος HCl 0,1% και 0,5 mL αραιωμένου οίνου. Στο πρώτο δείγμα προστίθεται 1 mL απιονισμένο νερό ενώ στο δεύτερο 1 mL διαλύματος όξινου θειώδους νατρίου NaHSO<sub>3</sub>. Και τα δύο δείγματα αφήνονται σε ηρεμία. Μετά το πέρας των είκοσι λεπτών μετρείται η απορρόφηση στα 520 nm με μάρτυρα απιονισμένο H<sub>2</sub>O. Η συγκέντρωση ολικών ανθοκυανών υπολογίζεται με τη σχέση:

$$\text{Ανθοκυάνες (mg/L)} = (OD_{H_2O} - OD_{NaHSO_3}) * 875$$

### 2.3.9 Προσδιορισμός Τανινών με τη μέθοδο MCP (Methyl Cellulose Precipitable)

Η συγκεκριμένη μέθοδος μετράει το σύνολο των τανινών στον οίνο. Η ανάλυση βασίζεται στην αντίδραση ενός πολυμερούς, όπως η μεθυλ-κυτταρίνη που είναι ένας πολυσακχαρίτης, με τις τανίνες του οίνου, με αποτέλεσμα το σχηματισμό αδιάλυτων πολυμερών συμπλόκων τα οποία στη συνέχεια καθιζάνουν. Η ανάλυση βασίζεται στην διαφορά των τιμών απορρόφησης στα 280 nm ( $A_{280}$ ) των διαλυμάτων με και χωρίς την καθίζηση των συμπλοκοποιημένων τανινών, με τη χρήση φασματοφωτόμετρου. Η μεθυλ-κυτταρίνη δεν απορροφά στα 280nm και συνεπώς δεν παρεμβάλλεται στη μέτρηση. Για τον προσδιορισμό, είναι απαραίτητη η παρουσία ενός μάρτυρα (blanc), δηλαδή διαλύματος οίνου στο οποίο δεν γίνεται προσθήκη αντιδραστήριου μεθυλ-κυτταρίνης και δείγματος οίνου στον οποίο έχει γίνει προσθήκη μεθυλ-κυτταρίνης. Η απορρόφηση του μάρτυρα (blanc) στα 280nm για το κάθε δείγμα δείχνει την τιμή για όλες τις φαινολικές ενώσεις (σύνολο φαινολικών) που υπάρχουν στον οίνο ( $A_{280,bl}$ ), ενώ η απορρόφηση στα 280nm του επεξεργασμένου δείγματος με μεθυλ-κυτταρίνη, εκφράζει τις φαινολικές ενώσεις που παραμένουν εν διαλύσει μετά την κατακρήμνιση των συμπλόκων τανινών με μεθυλ-κυτταρίνη ( $A_{280,s}$ ).

Από τη διαφορά  $A_{280,tan} = (A_{280,bl}) - (A_{280,s})$  υπολογίζεται η απορρόφηση που οφείλεται στις τανίνες. Στη συνέχεια από την καμπύλη αναφοράς,  $y=0,0061x - 0,0257$ , υπολογίζεται η συγκέντρωση των τανινών, σε ισοδύναμα mg κατεχίνης, στο διάλυμα μέτρησης ( $C_{ds}$ ). Η τελική συγκέντρωση των τανινών στο δείγμα οίνου, σε (mg/L), είναι:

$$C_{wine} = C_{ds} * 40 * (\text{αραίωση δείγματος οίνου})$$

όπου το 40 είναι ο συντελεστής αραίωσης του δείγματος στο διάλυμα μέτρησης.

### 2.3.10 Προσδιορισμός Τανινών με τη μέθοδο BSA (Bovine Serum Albumin)

Η συγκεκριμένη μέθοδος μετράει τις τανινών δείγματος οίνου ή ράγας που συσχετίζονται περισσότερο με την στυπτικότητα. Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στις αλληλεπιδράσεις των τανινών με άλλα μόρια, όπως η αλβουμίνη (πρωτεΐνη) και τη δημιουργία αδιάλυτων συμπλόκων, τα οποία καθιζάνουν. Στη συνέχεια επαναδιαλύονται σε αλκαλικό διάλυμα και προσδιορίζεται η συγκέντρωση των τανινών μετά από αντίδραση με χλωριούχο σίδηρο. Ο χλωριούχος σίδηρος αντιδρά με τα μόρια των πολυφαινολών και σχηματίζει σύμπλοκα Fe-(OR)<sub>6</sub> (το OR αντιστοιχεί σε ιονισμένα φαινολικά μόρια) τα οποία έχουν ιώδες χρώμα σε αλκαλικό διάλυμα και προσδιορίζονται ποσοτικά μετρώντας την απορρόφηση στα 510 nm. Η συγκέντρωση των τανινών στα σύμπλοκα τανίνης-πρωτεΐνης είναι ανάλογη με την συγκέντρωση της πρωτεΐνης του δείγματος. Για την ποσοτική παραλαβή του συνόλου των

τανινών του δείγματος είναι απαραίτητο το πρωτεϊνικό διάλυμα να περιέχει διπλάσια ποσότητα αλβουμίνης σε σχέση με την συγκέντρωση των τανινών.

Παρασκευάζονται τα διαλύματα:

- (1) Model wine (12% αιθανόλη, 5g/L τρυγικό, pH 3,3 με υδροξείδιο του νατρίου 1N),
- (2) Διάλυμα A (200 mM οξικό οξύ, 170 mM χλωρίδιο του νατρίου, pH 4,9 με υδροξείδιο του νατρίου),
- (3) Πρωτεϊνικό διάλυμα BSA 1g/L,
- (4) Διάλυμα TEA-SDS [5% v/v τριαιθανολαμίνη (TEA)-10% w/v δωδέκυλο-θειικό νάτριο SDS],
- (5) Διάλυμα χλωριούχου σιδήρου(III) ( $\text{FeCl}_3$ ) [10 mM  $\text{FeCl}_3$  σε 0,01N υδροχλωρικού οξέος].

Στο δείγμα οίνου, λόγω χαμηλής συγκέντρωσης τανινών στο Μούχταρο, δεν έγινε αραίωση. Σε 500  $\mu\text{L}$  οίνου προστίθεται 1 mL πρωτεϊνικό διάλυμα BSA που περιέχει την αλβουμίνη από ορό αίματος βοοειδών, έτσι ώστε να γίνει συμπλοκοποίηση με τις τανίνες και τα σύμπλοκα να καθιζάνουν. Ακολουθεί ήπια ανάδευση και φυγοκέντρηση για 5 λεπτά στις 12500 στροφές. Έπειτα στο ίζημα προστίθενται 250  $\mu\text{L}$  διαλύματος A -ρυθμιστικό διάλυμα με pH 4,9- χωρίς να διαταραχθεί και ξανά φυγοκεντρείται στον ίδιο χρόνο και στροφές. Στη συνέχεια απομακρύνεται το υπερκείμενο και το ίζημα διαλύεται σε διάλυμα TEA-SDS. Μετράται η απορρόφηση στα 510 nm ( $\text{OD}_1$ ). Τέλος προστίθεται 125  $\mu\text{L}$   $\text{FeCl}_3$  και μετράται ξανά η απορρόφηση στα 510nm ( $\text{OD}_2$ ). Το φασματοφωτόμετρο μηδενίζεται με TEA-SDS.

Τέλος, από τη διαφορά  $A = \text{OD}_2 - \text{OD}_1$  και από την πρότυπη καμπύλη αναφοράς  $y = 0.013x - 0.067$  υπολογίζεται η συγκέντρωση τανινών του δείγματος σε ισοδύναμα κατεχίνης σε mg/L.

### 2.3.11 Προσδιορισμός ανθοκυανών με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC)

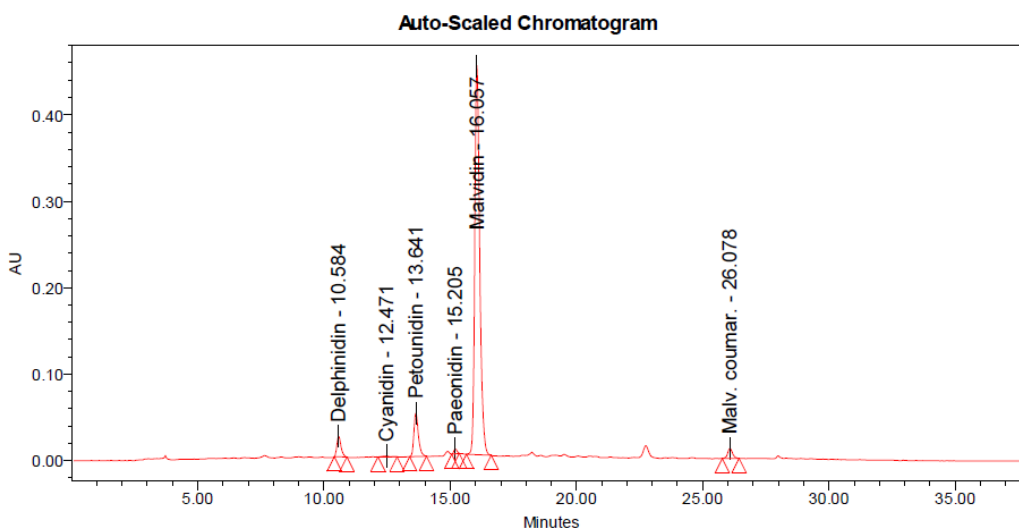
Τα δείγματα οίνου περνάνε από φίλτρο σύριγγας με διάμετρο πόρων 0,2  $\mu\text{m}$  και τοποθετούνται σε γυάλινα φιαλίδια του αυτόματου δειγματολήπτη για HPLC. Τα χαρακτηριστικά του προγράμματος έκλουσης που εφαρμόστηκε εμφανίζονται στον Πίνακα 5. Χρησιμοποιήθηκε εξοπλισμός που αποτελείται από συσκευή χρωματογραφίας Waters 2695, Alliance συζευγμένη με ανιχνευτή συστοιχίας διόδων Waters 2996 PAD. Οι αναλύσεις διεξήχθησαν σε στήλη SVEA C18 Plus 5 $\mu\text{m}$  110 A (4.6x250 mm) και ως διαλύτες χρησιμοποιήθηκαν: α) 10% φορμικό οξύ σε  $\text{H}_2\text{O}$  και β)  $\text{MeOH}$ . Ένα τυπικό χρωματογράφημα έκλουσης των ανθοκυανών οίνου ποικιλίας Μούχταρο παρουσιάζεται στο Σχήμα 6. Η βαθμονόμηση έγινε με πρότυπα διαλύματα μαλβιδίνης ενώ η ποσοτική έκφραση των 3-Ο-μονογλυκοζιτών της δελφινιδίνης, πετουνιδίνης, παιονιδίνης και μαλβιδίνης, καθώς και των οξικών και κουμαρικών εστέρων των ανθοκυανιδών έγινε σε ισοδύναμα μαλβιδίνης (mg/L ME).

**Πίνακας 5 Μέθοδος προσδιορισμού ανθοκυανών HPLC.**

- Σύστημα: Waters 2695, Alliance
- Ανιχνευτής: Waters 2996 PAD
- Στήλη: SVEA C18 Plus 5  $\mu\text{m}$  110  $\text{\AA}$  (4.6x250mm) (Nanologica)
- Διαλύτες: (A) 10 % formic acid in  $\text{H}_2\text{O}$  (B) MeOH
- Gradient:

Χρόνος (min)	Διαλύτης A (10 % φορμικό οξύ σε $\text{dH}_2\text{O}$ )	Διαλύτης B (MeOH)
αρχικές συνθήκες	90	10
22	50	50
32	5	95
34	5	95
35	90	10
38	90	10

- Ροή: 1 mL/min
- Ανίχνευση: 520 nm
- Όγκος έγχυσης: 10  $\mu\text{L}$



**Σχήμα 6.** Χρωματογράφημα έκλυσης των ανθοκυανών οίνου ποικιλίας Μούχταρο.

### 2.3.12 Πρωτόκολλο εκχύλισης πτητικών συστατικών των οίνων, ταυτοποίηση και ποσοτική ανάλυση με αέρια χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας (GC-MS)

Σε ογκομετρική φιάλη των 50 mL προστίθενται 40 mL δείγματος οίνου. Προστίθενται επίσης τα τρία εσωτερικά πρότυπα (3-οκτανόλη, επτανοϊκός αιθυλεστέρας, επτανοϊκό οξύ) από τα μητρικά αιθανολικά διαλύματα ώστε η τελική συγκέντρωσή τους να είναι 10 mg/L. Συμπληρώνεται ο όγκος της ογκομετρικής φιάλης στα 50 mL με απιονισμένο νερό. Μεταφέρεται το περιεχόμενο της ογκομετρικής φιάλης σε κωνική φιάλη εσφυρισμένη των 100 mL. Προστίθεται μαγνήτης και τοποθετείται στον μαγνητικό αναδευτήρα. Ακολουθεί ανάδευση 10 λεπτών. Μεταφέρεται το περιεχόμενο της κωνικής φιάλης στην διαχωριστική χοάνη.

Μετά από αναμονή για 10 λεπτά, ώστε να γίνει ο διαχωρισμός των δύο φάσεων, γίνεται παραλαβή της οργανικής φάσης στο γυάλινο φιαλίδιο της φυγοκέντρου, το οποίο καλύπτεται. Η υδατική φάση επιστρέφει στην εσφυρισμένη κωνική φιάλη των 100 mL και ακολουθεί επανάληψη της διαδικασίας της εκχύλισης (προσθήκη 5 ml διχλωρομεθανίου, ανάδευση και παραλαβή της οργανικής φάσης στο ίδιο φιαλίδιο όπου έχει γίνει και η προηγούμενη παραλαβή). Το φιαλίδιο με το σύνολο της οργανικής φάσης φυγοκεντρείται για 10 λεπτά στα 4000 rpm.

Παραλαμβάνεται προσεκτικά με πιπέτα παστέρ η οργανική φάση και συλλέγεται σε γυάλινο φιαλίδιο των 20 mL. Προστίθεται ικανή ποσότητα άνυδρου θεικού νατρίου ώστε να πραγματοποιηθεί αφύγρανση του δείγματος. Ακολουθεί προσεκτική μετάγγιση σε νέο φιαλίδιο για αφαίρεση του άλατος και συμπύκνωση με άζωτο υπό ροή μέχρι τα 500  $\mu$ L.

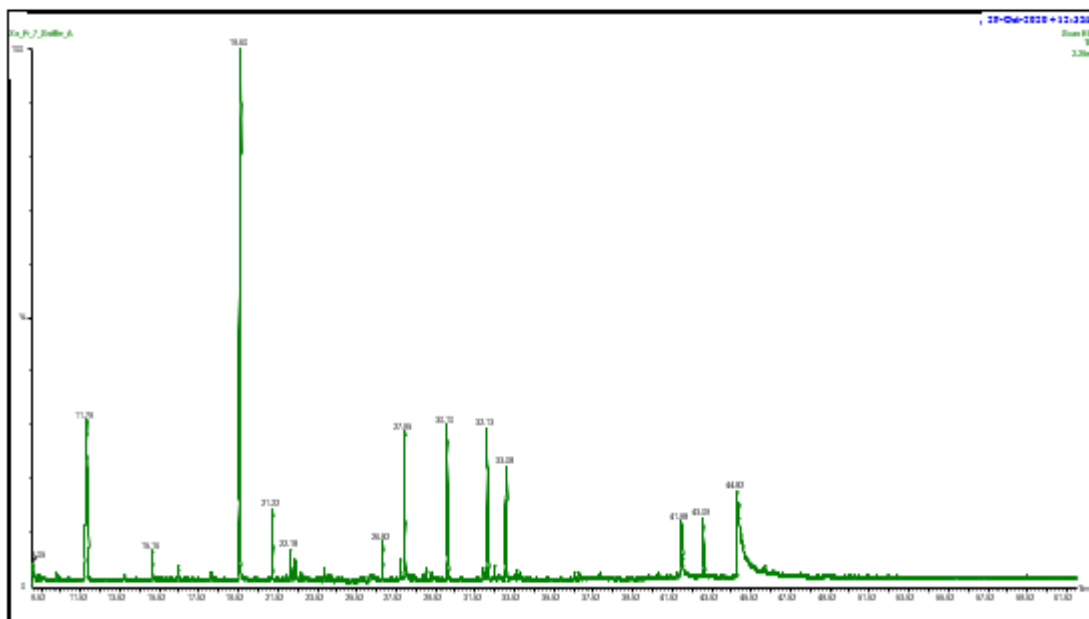
Η ανάλυση των εκχυλισμάτων πραγματοποιήθηκε σε αέριο χρωματογράφο Perkin Elmer Clarus 590 σε συνδυασμό με το φασματογράφο μαζών Perkin Elmer Clarus SQ8S (Gas Chromatography Mass Spectrometry). Πραγματοποιείται έγχυση 1  $\mu$ L του τελικού εκχυλίσματος. Ως φέρον αέριο χρησιμοποιείται το ήλιο (He) με σταθερή ροή στα 1,96 mL/min. Η μέθοδος που ακολουθείται είναι Splitless για 0,8 λεπτά και έπειτα Split 1:50. Το θερμοκρασιακό πρόγραμμα περιλαμβάνει την αρχική παραμονή στους 40 °C για 4 λεπτά, την αύξηση με βήμα 5 °C ανά λεπτό μέχρι τους 240 °C, όπου παραμένει για 20 λεπτά. Η θερμοκρασία του εγχυτήρα (injector) και της πηγής του Φασματογράφου Μαζών (MS) ρυθμίζονται στους 250 °C και 240 °C, αντίστοιχα.

Η ποσοτικοποίηση των πτητικών ενώσεων γίνεται με την εφαρμογή των πρότυπων καμπυλών για τις ενώσεις που υπάρχουν στον Πίνακα 6 που ακολουθεί.

*Πίνακας 6. Πτητικές ενώσεις και ο χρόνος έκλουσης τους.*

Πτητικές ενώσεις	Χρόνος έκλουσης (min)
2-μέθυλ-1-προπανόλη	12,08
Οξικός ισοαμυλεστέρας	13,16
Ισοαμυλική αλκοόλη	17,21
1-εξανόλη	20,29
(z)-3-εξέν-1-όλη	21,19
Οκτανοϊκός αιθυλεστέρας	22,83
Δεκανοϊκός αιθυλεστέρας	28,50
Ισοβαλερικό οξύ	29,02
Μεθεινόλη	30,59
Εξανοϊκό οξύ	33,45
2-φαινυλαιθανόλη	35,50
Οξικός εξυλεστέρας	17,88
Ισοβουτυρικό οξύ	26,29
Βουτυρικό οξύ	27,93
Εσωτερικά πρότυπα	Χρόνος έκλουσης (min)
Επτανοϊκός αιθυλεστέρας	19,80
3-οκτανόλη	21,44
Επτανοϊκό οξύ	36,02

Από το λογισμικό του συστήματος, εντοπίζονται και ολοκληρώνονται οι κορυφές που αντιστοιχούν στις πτητικές ενώσεις για τις οποίες υπάρχουν πρότυπες καμπύλες και για τα εσωτερικά πρότυπα (Σχήμα 7). Μεταφέρονται τα δεδομένα (peak area) σε αρχείο excel και υπολογίζονται οι λόγοι των ενώσεων με το αντίστοιχο εσωτερικό πρότυπο (οι ανώτερες αλκοόλες με 3-octanol, οι εστέρες με ethyl-heptanoate και τα πτητικά λιπαρά οξέα με το heptanoic acid). Ο λόγος χρησιμοποιείται ως y στις εξισώσεις των πρότυπων καμπυλών και λύνονται ως προς x, το οποίο αντιστοιχεί στην συγκέντρωση της πτητικής ένωσης σε mg/L.



Σχήμα 7. Χρωματογράφημα πητικών ενώσεων οίνου.

## 2.4 Οργανοληπτική Αξιολόγηση

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι οργανοληπτικές διαφορές των ερυθρών οίνων που παράχθηκαν από την ερυθρή ποικιλία Μούχταρο και των επαναλήψεών τους πραγματοποιήθηκε οργανοληπτική αξιολόγηση από πάνελ 11 δοκιμαστών. Οι αξιολογητές επιλέχθηκαν από το Εργαστήριο Οινολογίας και Αλκοολούχων Ποτών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Δείγματα κρασιού (25 mL) παρουσιάστηκαν με τυχαία σειρά σε κάθε συμμετέχοντα. Τα δείγματα σερβίρονταν σε γυάλινα ποτήρια ISO 3591 καλυμμένα με πλαστικό επίθεμα για να αποφευχθεί η διασπορά των αρωματικών ουσιών και κωδικοποιημένο με έναν τυχαίο τριψήφιο αριθμό. Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να αξιολογήσουν περιγραφικούς όρους που σχετίζονται με το χρώμα, το άρωμα και τις αισθήσεις στο στόμα. Οι γευστιγνώστες προχώρησαν σε ποσοτική αξιολόγηση, χρησιμοποιώντας μια κλίμακα από το 1 έως το 10 (χαμηλότερη έως την υψηλότερη ένταση) για τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: ένταση χρώματος, απόχρωση, ένταση αρώματος, αρώματα βύσσινου, φρούτων του δάσους, μπαχαρικών, καραμέλας, βανίλιας, κόκκινων άνθεων όπως επίσης και για την οξύτητα, την πικρή γεύση και τη στυπτικότητα των οίνων.

Ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε διάστημα τριών ημερών. Την πρώτη ημέρα εξετάστηκαν τα δείγματα του αμπισικικού οξέος και τα δείγματα της χιτοζάνης σε σύγκριση με το δείγμα μάρτυρα που ανήκε σε ανέκαστο οίνο. Την δεύτερη ημέρα πραγματοποιήθηκε επανάληψη του οργανοληπτικού ελέγχου με τα ίδια δείγματα και καταγράφηκαν οι μέσοι όροι. Την τρίτη ημέρα οι δοκιμαστές αξιολόγησαν τα δείγματα ΒΤΗ συγκρίνοντας τα χαρακτηριστικά τους με τα δείγματα ελέγχου. Ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε εις διπλούν την ίδια μέρα, έγινε η καταγραφή των αποτελεσμάτων και υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι.

Για την οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων οι δοκιμαστές χρησιμοποίησαν το παρακάτω φύλλο γευστιγνωσίας με κλίμακα 1-10.

Δοκιμαστής:						
Δείγματα						
<b>Οπτική αξιολόγηση</b>						
Ένταση χρώματος (μικρή - μέτρια - υψηλή)						
Απόχρωση (μωβ - κόκκινο - πορτοκαλί)						
<b>Οσφρητική αξιολόγηση</b>						
Ένταση αρώματος (άτονο-μέτριο-έντονο)						
Ένταση αρώματος (άτονο-μέτριο-έντονο)						
Βυσσινο (λίγα-μέτρια-πολλά)						
Φρούτα του Δάσους (λίγα-μέτρια-πολλά)						
Μπαχαρικά (λίγα-μέτρια-πολλά)						
Καραμέλα (λίγα-μέτρια-πολλά)						
Βανίλια (λίγα-μέτρια-πολλά)						
Κόκκινα Άνθη (λίγα-μέτρια-πολλά)						
<b>Γευστική αξιολόγηση</b>						
Οξύτητα (χαμηλή-μέτρια-υψηλή)						
Πικρή γεύση (χαμηλή-μέτρια-υψηλή)						
Στυπτικότητα (χαμηλή-μέτρια-υψηλή)						

## 2.5 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης Statgraphics. Το Tukey's HSD (honest significant difference) test χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση των δειγμάτων όταν παρουσίαζαν σημαντικές διαφορές μετά την εφαρμογή ANOVA ( $p < 0.05$ ) στα αποτελέσματα των αναλύσεων. Στα διαγράμματα απεικονίζονται με μπάρες οι μέσοι όροι των επαναλήψεων της κάθε εφαρμογής, ενώ οι τιμές και η τυπική απόκλιση ( $\pm$ ) των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται στο Παράρτημα. Με a, b, c κ.ο.κ χαρακτηρίζεται η στατιστική διαφορά των δειγμάτων (σε επίπεδο 0.05%), ενώ δείγματα με ίδιο γράμμα δεν παρουσιάζουν σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ τους.

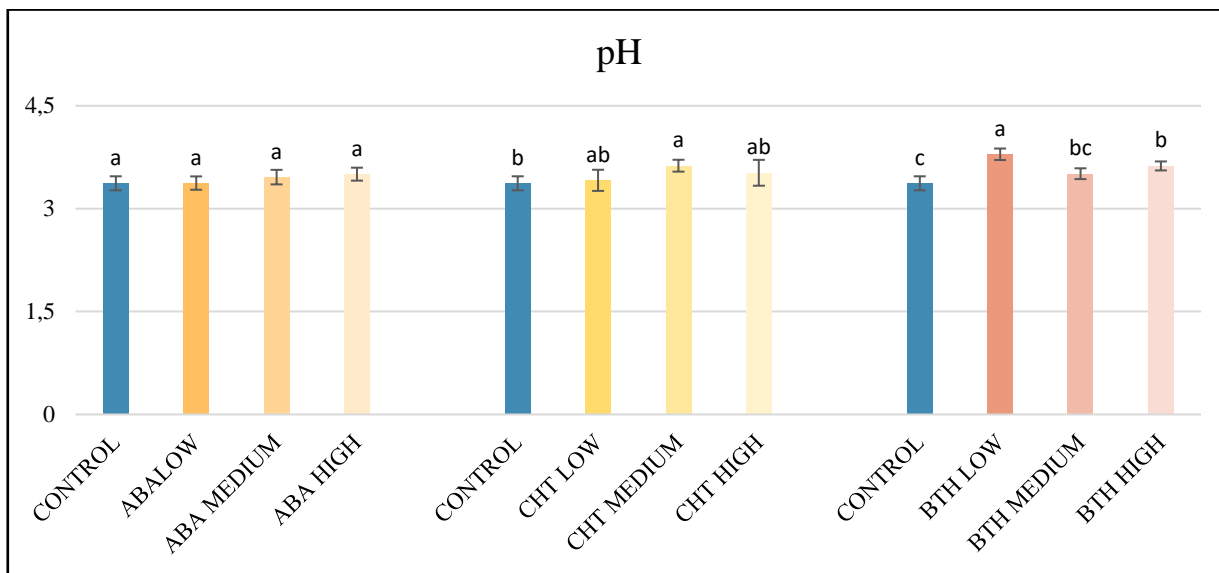
### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τις αναλύσεις που έγιναν στο γλεύκος και στους οίνους των επεμβάσεων συλλέχθηκαν τα αποτελέσματα και παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα.

#### 3.1 Αναλύσεις γλεύκους

Η επίδραση των επεμβάσεων με τους βιοδιεγέρτες στο σταφύλι παρουσιάζεται στα παρακάτω διαγράμματα ως αποτελέσματα των προζυμωτικών αναλύσεων γλεύκους.

##### 3.1.1 pH



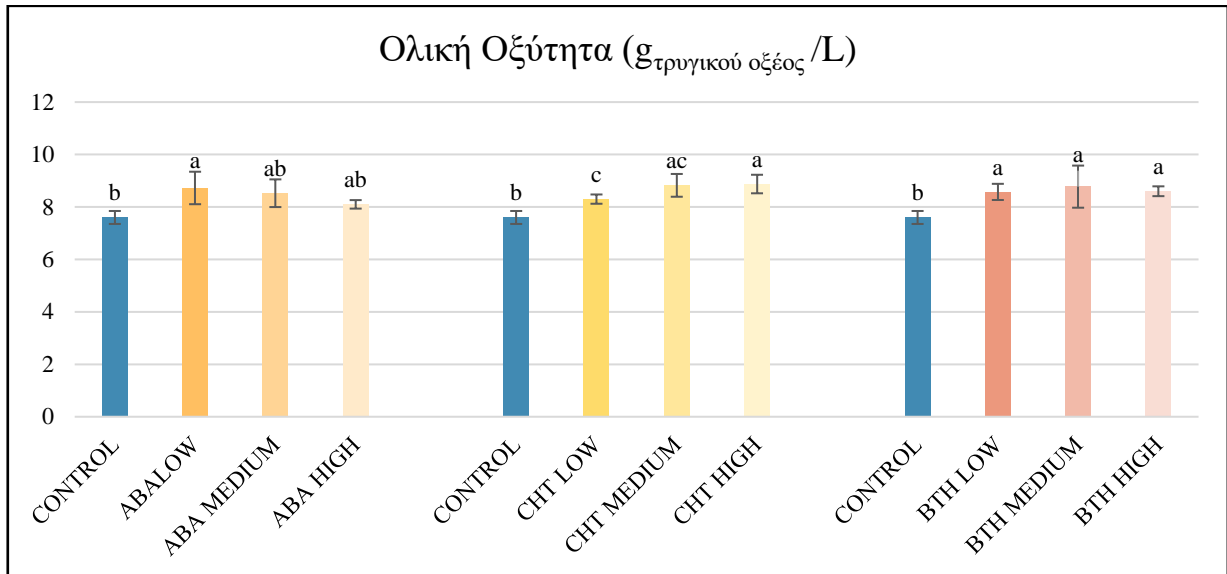
*Διάγραμμα 1.* pH του γλεύκους μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

Η επίδραση των επεμβάσεων στο pH απεικονίζεται στο Διάγραμμα 1. Οι τιμές του pH παρουσιάστηκαν αυξημένες σε σχέση με τον μάρτυρα, με την υψηλότερη τιμή να εμφανίζεται στην χαμηλή δόση της BTH. Στο ABA οι τιμές αυξήθηκαν αναλογικά της δόσης όμως δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Στην CHT η μεσαία δόση είχε την υψηλότερη τιμή με διαφορά 0,26 μονάδες από τον μάρτυρα και ήταν στατιστικά σημαντική η διαφορά τους εν αντιθέσει με την χαμηλή και την υψηλή δόση που δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές με την μεσαία δόση και τον μάρτυρα. Η υψηλότερη τιμή, όπως προαναφέρθηκε ανήκε στην BTH LOW η οποία και είχε στατιστικά σημαντικές διαφορές από τον μάρτυρα όπως και με την μεσαία και την υψηλή δόση BTH. Ο μάρτυρας επίσης είχε στατιστικά σημαντική διαφορά από την BTH HIGH όμως δεν είχε διαφορές από την BTH MEDIUM.

##### 3.1.2 Ολική οξύτητα

Η επίδραση των επεμβάσεων στην ολική οξύτητα του γλεύκους φαίνεται στο Διάγραμμα 2. Η ολική οξύτητα ήταν μεταξύ των τιμών 7,60 – 8,88 με τη χαμηλότερη τιμή να ανήκει στον μάρτυρα. Στο ABA όσο αυξανόταν η δόση, μειωνόταν η ολική οξύτητα με τον μάρτυρα να διαφέρει στατιστικά από το ABA LOW, όχι όμως από την μεσαία και την υψηλή δόση. Αντιθέτως, στην CHT η ολική οξύτητα αυξήθηκε αναλόγως της δόσης με αποτέλεσμα η CHT HIGH να έχει την υψηλότερη τιμή και να διαφέρει στατιστικά και από τον μάρτυρα αλλά και από την χαμηλή δόση της CHT. Επιπλέον, ο μάρτυρας διαφέρει στατιστικώς σημαντικά και από τις τρεις δόσεις CHT. Παρομοίως υπό την επίδραση της BTH ο μάρτυρας έχοντας και τη

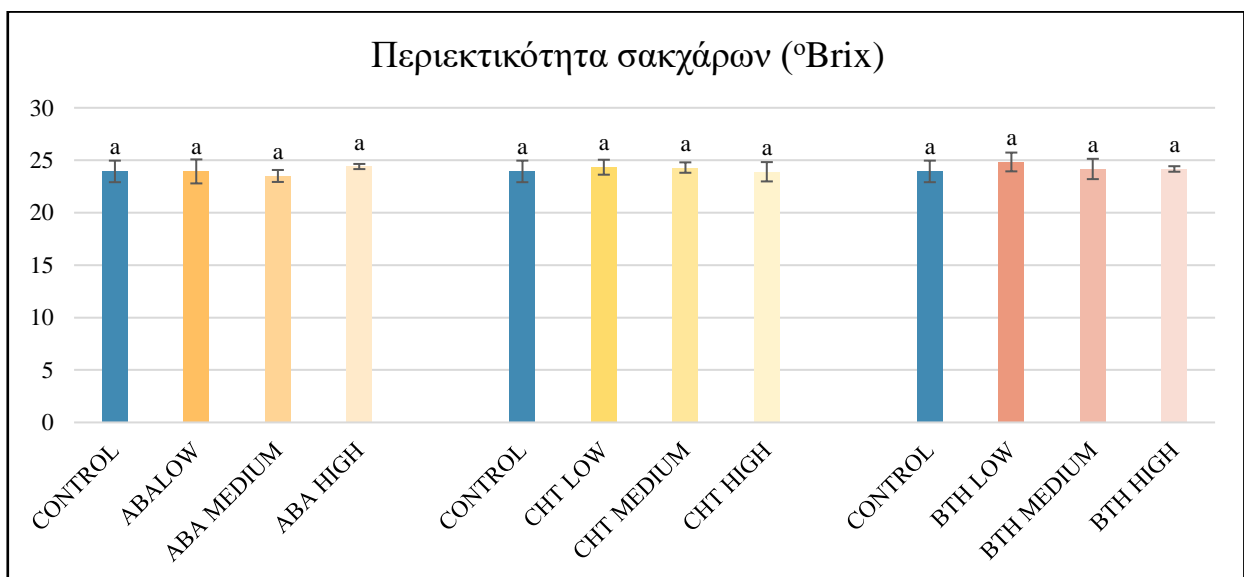
χαμηλότερη τιμή είχε στατιστικά σημαντικές διαφορές και από τις τρεις δόσεις, χωρίς όμως αυτές να διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους.



**Διάγραμμα 2.** Ολική οξύτητα του γλεύκους σε g τρυγικού οξέος ανά λίτρο μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

### 3.1.3 Περιεκτικότητα σακχάρων

Στο Διάγραμμα 3 εμφανίζονται οι τιμές σακχαροπεριεκτικότητας ( $^{\circ}$ Brix) οι οποίες κινήθηκαν σε σταθερά επίπεδα γύρω στα 24 Brix με μικρές αποκλίσεις. Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των συγκεντρώσεων των τριών ουσιών. Η μεγαλύτερη τιμή ήταν στην BTH LOW και η μικρότερη στο ABA MEDIUM χωρίς να παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.



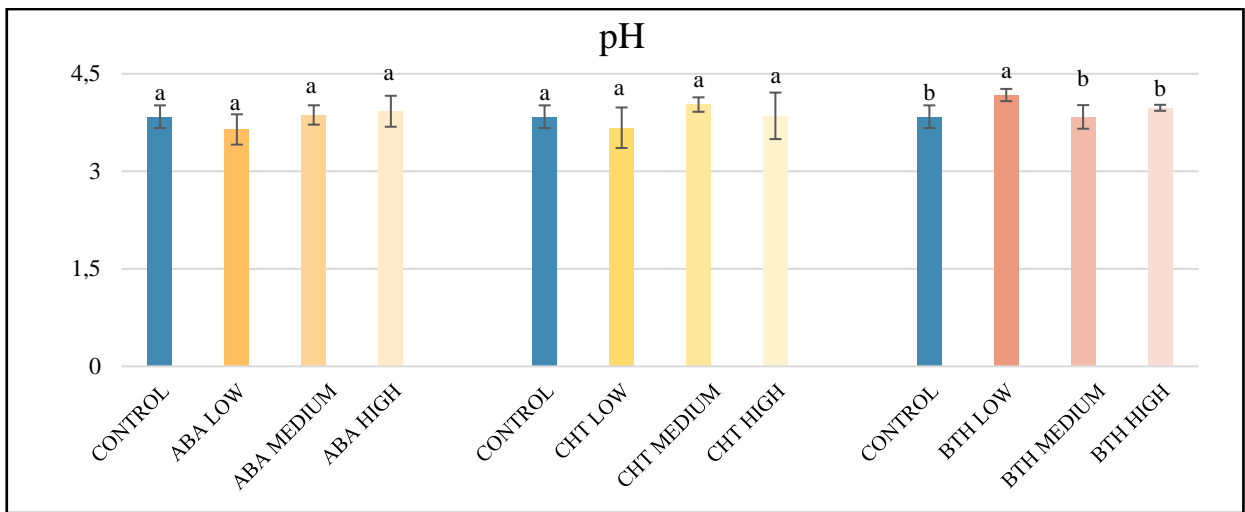
**Διάγραμμα 3.** Περιεκτικότητα σακχάρων (Brix) του γλεύκους μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).



## 3.2 Αναλύσεις οίνων

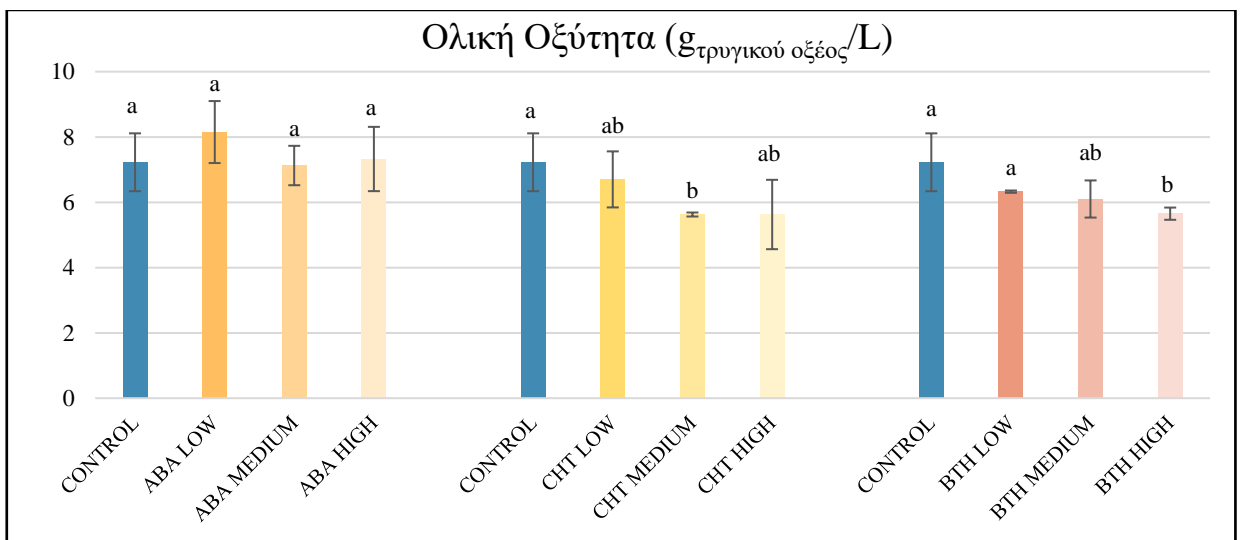
### 3.2.1 pH

Η επίδραση των επεμβάσεων στο pH των οίνων φαίνεται στο διάγραμμα 4. Οι τιμές του pH κυμάνθηκαν σε ένα εύρος 3,64 – 4,17 και είχαν μικρή διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα. Οι μεγαλύτερες τιμές pH ήταν στους οίνους BTH και ακολούθησαν οι οίνοι CHT και ABA. Κατά τη εφαρμογή του ABA η μεγαλύτερη τιμή pH ήταν αυτή που αντιστοιχεί στο ABA HIGH, ενώ το ABA LOW είχε τη χαμηλότερη τιμή και διέφερε κατά 0,20 μονάδες από τον μάρτυρα. Ωστόσο δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Σε ό,τι αφορά την CHT δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές με τον μάρτυρα. Η χαμηλότερη τιμή ήταν αυτή της CHT LOW ενώ η υψηλότερη της CHT MEDIUM. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν στην εφαρμογή της BTH. Το pH της BTH LOW διαφέρει από τον μάρτυρα και τις υπόλοιπες δυο συγκεντρώσεις της BTH MEDIUM ΚΑΙ HIGH. Η BTH LOW είχε διαφορά 0,33 μονάδες από τον μάρτυρα και ήταν στατιστικά σημαντική η διαφορά τους.



**Διάγραμμα 4.** pH των οίνων μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

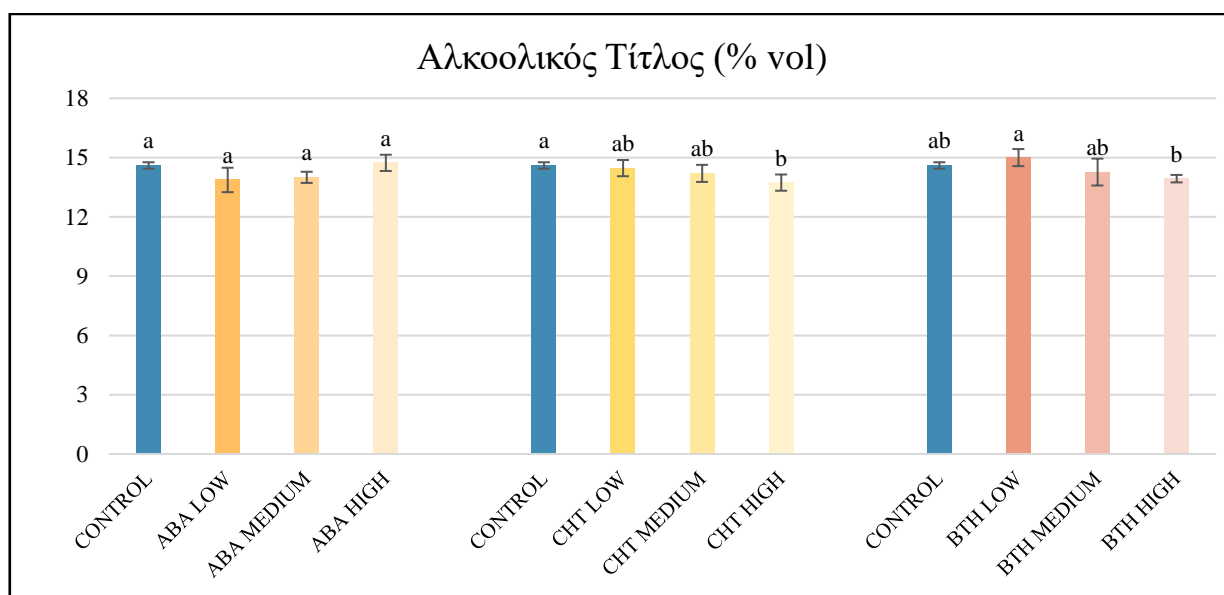
### 3.2.2 Ολική οξύτητα



**Διάγραμμα 5.** Ολική οξύτητα των οίνων σε g τρυγικού οξέος ανά λίτρο μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

Η ογκομετρούμενη οξύτητα και το πάχος διαμορφώθηκε στους πειραματικούς οίνους παρουσιάζεται στο διάγραμμα 5. Οι τιμές της παρουσίασαν μεγάλη μεταβλητότητα λαμβάνοντας τιμές σε ένα εύρος από 5,63 μέχρι 8,15 g/L. Οι οίνοι ABA σημείωσαν τις υψηλότερες τιμές ολικής οξύτητας και έπειτα οι οίνοι CHT και BTH. Με εφαρμογή ABA η τιμή ολικής οξύτητας του οίνου ABA LOW αυξήθηκε, ενώ οι υπόλοιπες μετρήσεις είχαν μικρές διαφορές. Οι τιμές δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Στις εφαρμογές των CHT και BTH, οι υψηλότερες τιμές ολικής οξύτητας ήταν στον μάρτυρα. Σε ότι αφορά την CHT ο μάρτυρας είχε στατιστικά σημαντική διαφορά από την CHT MEDIUM που είχε μια από τις χαμηλότερες τιμές ολικής οξύτητας και διαφορά 1,6 g/L από τον μάρτυρα, ενώ η CHT LOW και η CHT HIGH δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές. Στην BTH ο μάρτυρας παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά με την BTH HIGH ενώ δεν είχε στατιστικά σημαντικές διαφορές στην BTH LOW και στην BTH MEDIUM.

### 3.2.3 Αλκοολικός τίτλος

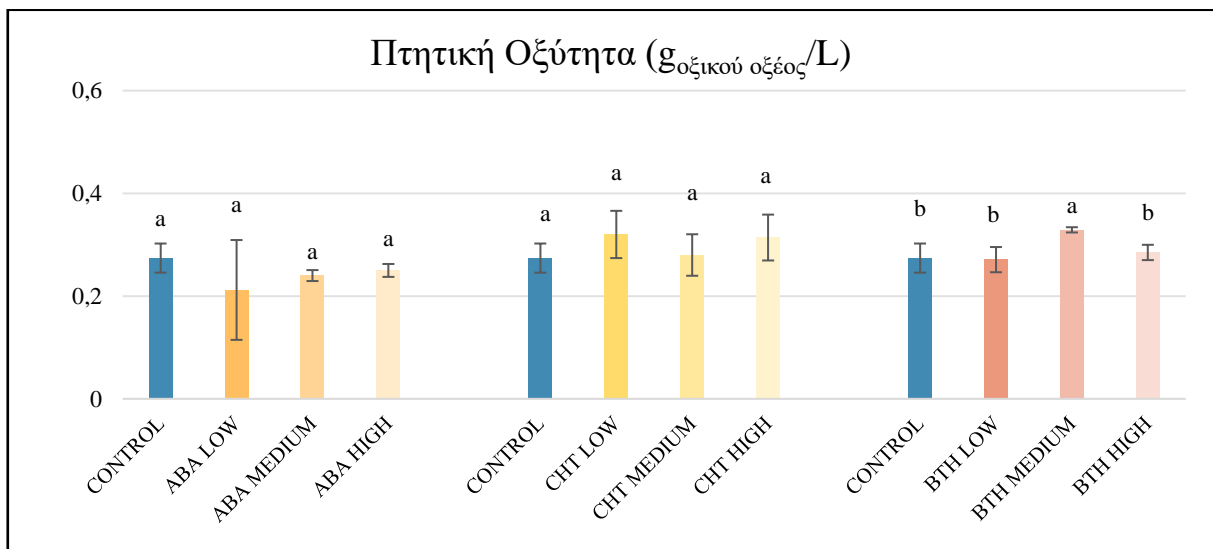


**Διάγραμμα 6.** Αλκοολικός τίτλος των οίνων σε % κατ'όγκο μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

Η περιεκτικότητα των οίνων σε αλκοόλη παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 6 και κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 13,73 έως και 15 % vol έπειτα από τις εφαρμογές των φυτοορμονών. Τις μεγαλύτερες τιμές παρουσίασαν οι οίνοι BTH και τις χαμηλότερες οι οίνοι της CHT. Υπό την επίδραση του ABA δε σημειώθηκε ιδιαίτερη μεταβολή των τιμών ούτε στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Ωστόσο ο οίνος ABA HIGH είχε μεγαλύτερο αλκοολικό τίτλο και ο ABA LOW μικρότερο σε σχέση με το μάρτυρα. Σε ότι αφορά την εφαρμογή της CHT η τιμή του μάρτυρα ήταν η υψηλότερη και με την αύξηση της συγκέντρωσης της CHT μειώθηκαν οι τιμές του αλκοολικού τίτλου με τη χαμηλότερη να ανήκει στην CHT HIGH (13,73 % v/v), μικρότερη κατά 0,87 μονάδες συγκριτικά με το CONTROL όπου και διέφεραν στατιστικά σημαντικά. Με εφαρμογή BTH αυξήθηκε ο αλκοολικός τίτλος της BTH LOW που είχε και τη μεγαλύτερη τιμή αλκοολοπεριεκτικότητας (15 % vol) σε σχέση με τις υπόλοιπες εφαρμογές (ABA, CHT). Ωστόσο, διαφέρει στατιστικά μόνο με τους οίνους BTH HIGH ενώ δεν διαφέρει από τον μάρτυρα και την BTH MEDIUM.

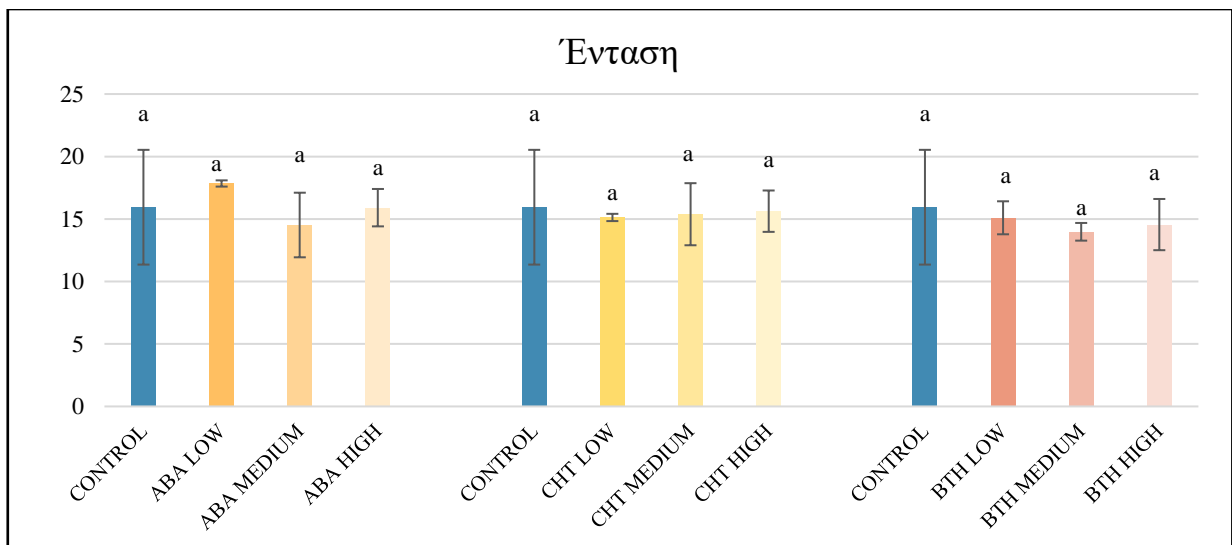
### 3.2.4 Πτητική οξύτητα

Στο Διάγραμμα 7 απεικονίζονται οι τιμές της πτητικής οξύτητας που κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα μεταξύ 0,21 και 0,33 g οξικού οξέος/L. Οι τόσο χαμηλές τιμές της πτητικής οξύτητας που προέκυψαν στους παραγόμενους οίνους, προήλθαν από υγιείς αλκοολικές ζυμώσεις. Οι υψηλότερες τιμές πτητικής οξύτητας ανήκαν στους οίνους CHT, ενώ ακολούθησαν με μικρές διαφορές οι οίνοι BTH και με τις μικρότερες τιμές οι οίνοι ABA. Αναφορικά με την ορμόνη του αμπισισικού οξέος, την υψηλότερη τιμή την είχε ο μάρτυρας και την χαμηλότερη το ABA LOW. Αντιθέτως κατά την εφαρμογή των υπόλοιπων ουσιών (CHT, BTH) ο μάρτυρας είχε την χαμηλότερη τιμή. Συγκεκριμένα οι οίνοι CHT LOW και η BTH MEDIUM είχαν τις υψηλότερες τιμές σε σχέση με το CONTROL. Ωστόσο, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των εφαρμογών ABA και CHT, εν αντιθέσει με την εφαρμογή BTH, όπου ο οίνος BTH MEDIUM εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή πτητικής οξύτητας 0,33 g οξικού οξέος/L και είχε στατιστικά σημαντικές διαφορές από τον μάρτυρα και τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις όπου αυτές δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους.

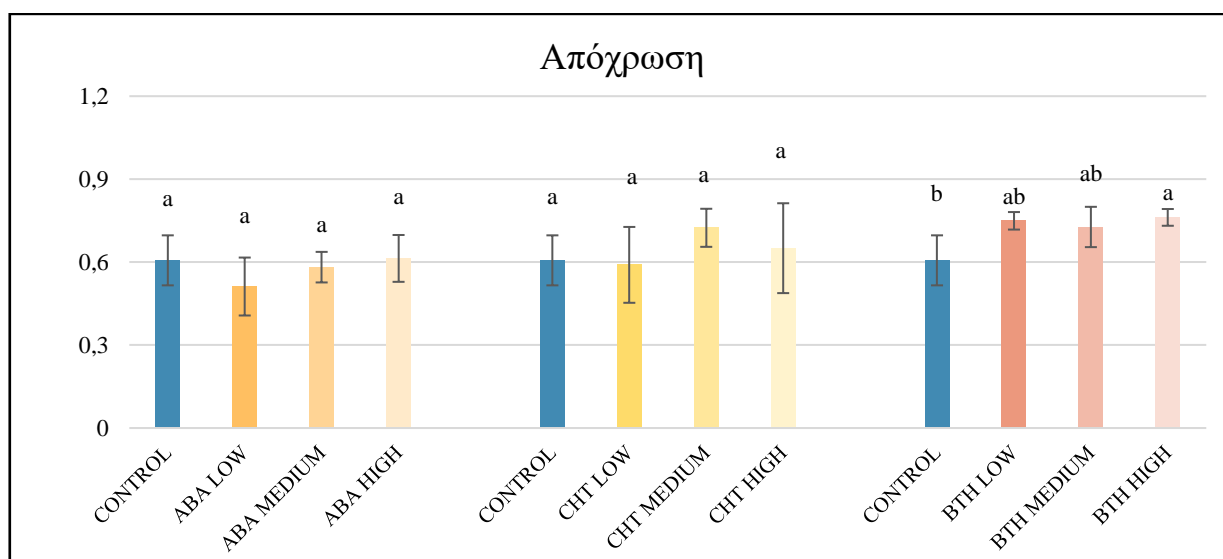


*Διάγραμμα 7. Πτητική οξύτητα των οίνων σε g οξικού οξέος ανά λίτρο μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).*

### 3.2.5 Χρωματικά χαρακτηριστικά



**Διάγραμμα 8.** Ένταση των οίνων σε AU μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).



**Διάγραμμα 9.** Απόχρωση των οίνων σε AU μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

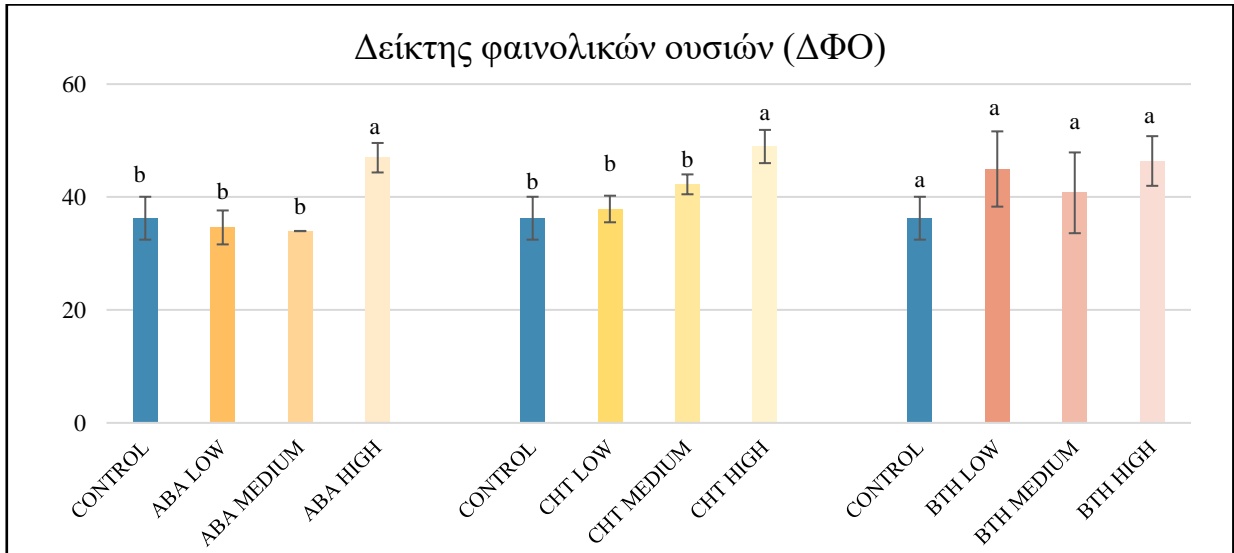
Η ένταση χρώματος λαμβάνει τιμές από 13,98 έως 17,84 AU (Διάγραμμα 8). Αυτές είναι εντάσεις βαθύχρωμων οίνων. Τη μεγαλύτερη τιμή έντασης την είχαν οι οίνοι ABA και τη μικρότερη τιμή οι οίνοι BTH. Στους οίνους ABA παρουσιάστηκε η υψηλότερη τιμή της έντασης (17,84) και συγκεκριμένα στην εφαρμογή ABA LOW έχοντας διαφορά 1,19 μονάδες από τον μάρτυρα, ενώ η χαμηλότερη τιμή την είχε η BTH MEDIUM. Ο μάρτυρας είχε την υψηλότερη τιμή στην εφαρμογή CHT και BTH, ωστόσο δεν υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία από τις τρεις εφαρμογές σε σχέση με τον μάρτυρα. Τη μεγαλύτερη τιμή έντασης παρουσίασε ο οίνος BTH HIGH και την μικρότερη ο ABA LOW.

Η απόχρωση των παραγόμενων οίνων έλαβε τιμές από 0,51 έως 0,75 (Διάγραμμα 9). Οι αποχρώσεις αυτές είναι χαρακτηριστικές για τους φρέσκους οίνους. Την μεγαλύτερη τιμή απόχρωσης την είχαν οι οίνοι BTH και τη μικρότερη οι οίνοι ABA. Οι τιμές απόχρωσης των οίνων ABA δεν διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικά, με τον μάρτυρα να έχει ίση τιμή με το ABA HIGH και μεγαλύτερη από τις άλλες δύο συγκεντρώσεις. Υπό την επίδραση της CHT, οι τιμές της απόχρωσης αυξήθηκαν εκτός από την CHT LOW που είχε διαφορά 0,06 μονάδες από το μάρτυρα χωρίς όμως οι τιμές της CHT να διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά. Οι παραγόμενοι οίνοι BTH είχαν τις μεγαλύτερες τιμές απόχρωσης με την BTH HIGH να λαμβάνει την υψηλότερη τιμή και να διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τον μάρτυρα κατά 0,15 μονάδες. Οι υπόλοιποι οίνοι BTH είχαν υψηλότερες τιμές από τον μάρτυρα χωρίς όμως να παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

### 3.2.6 Δείκτης φαινολικών ουσιών

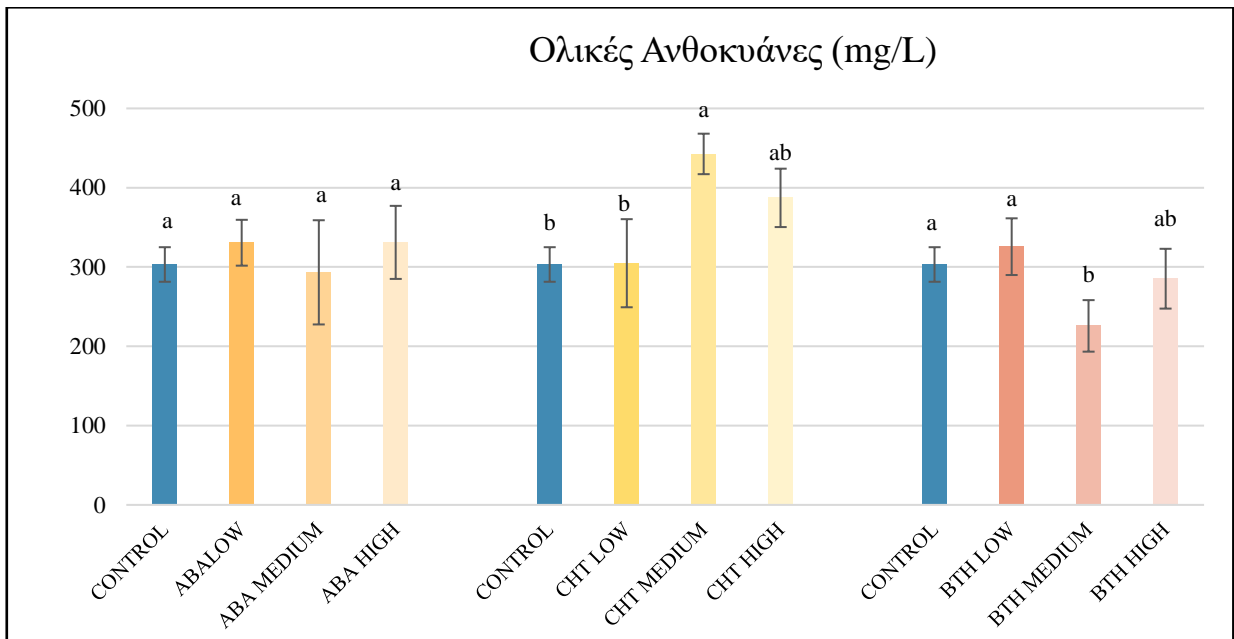
Στο Διάγραμμα 10, οι τιμές του ΔΦΟ κυμαίνονται από 33.98 έως 48.95. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν καταδεικνύουν ότι οι οίνοι δεν είναι ιδιαίτερα πλούσιοι σε φαινολικά συστατικά και μπορούν να χαρακτηριστούν ως οίνοι μέσου φαινολικού φορτίου. Τις μεγαλύτερες τιμές έλαβαν οι οίνοι BTH και τις μικρότερες οι οίνοι ABA. Με εφαρμογή ABA, ο δείκτης φαινολικών ουσιών στο ABA HIGH αυξήθηκε κατά 10.72 μονάδες κατ'αναλογία με τη δόση της ουσίας με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα και τις υπόλοιπες εφαρμογές. Οι υπόλοιπες εφαρμογές ABA δεν είχαν διαφορές με τον μάρτυρα. Την μεγαλύτερη τιμή ΔΦΟ την είχε ο οίνος CHT HIGH, έχοντας και τη μεγαλύτερη διαφορά με τον μάρτυρα

κατά 12,70 μονάδες. Ο μάρτυρας είχε τη χαμηλότερη τιμή ενώ η δόση της ουσίας CHT είναι ανάλογη της άυξης της του δείκτη. Η CHT HIGH διαφέρει στατιστικά με τον μάρτυρα όπως και με τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις CHT. Παρομοίως με τη CHT και στην BTH η υψηλότερη συγκέντρωση BTH HIGH είχε και την μεγαλύτερη τιμή ενώ ο μάρτυρας την μικρότερη. Ωστόσο δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους.



**Διάγραμμα 10.** Δείκτης φαινολικών ουσιών των οίνων σε AU μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

### 3.2.7 Ολικές ανθοκυάνες

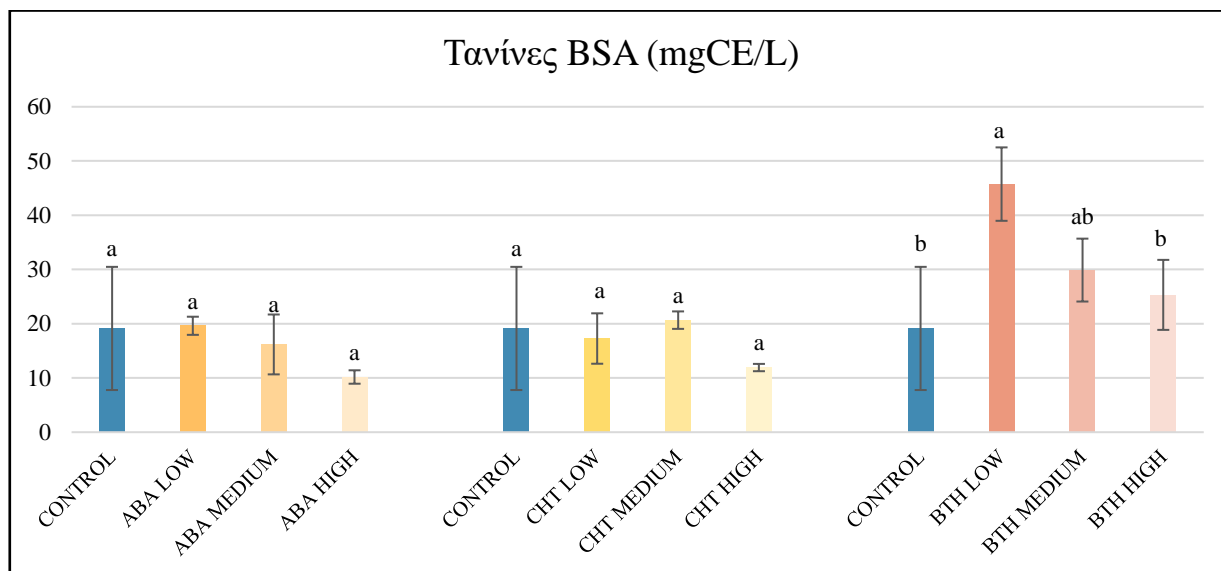


**Διάγραμμα 11** . Ολικές ανθοκυάνες των οίνων σε mg ανθοκυανών ανά λίτρο οίνου μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

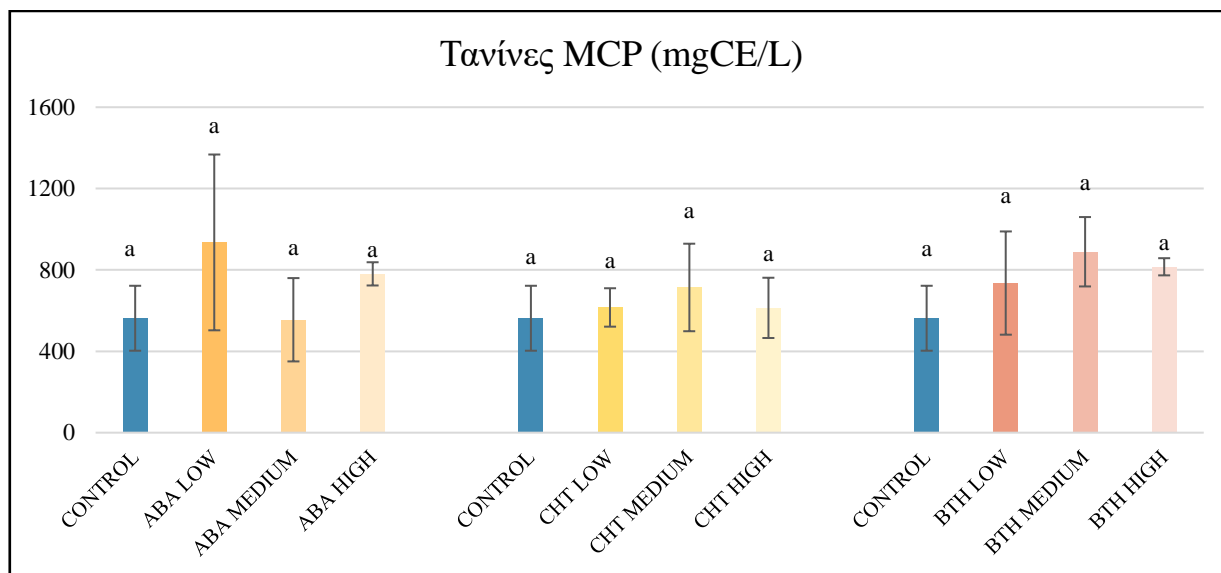
Στο Διάγραμμα 11, οι τιμές των συγκεντρώσεων λαμβάνουν τιμές μεταξύ 225,75 και 442,60 mg ανθοκυανών/L. Οι οίνοι ABA δεν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους, η μεγαλύτερη τιμή παρουσιάζεται στην υψηλότερη συγκέντρωση ABA και η μικρότερη στη μεσαία. Τις μεγαλύτερες τιμές έλαβαν οι οίνοι της CHT και τις μικρότερες οι οίνοι BTH. Συγκεκριμένα ο οίνος CHT MEDIUM έχει τη μεγαλύτερη τιμή και διαφέρει στατιστικώς σημαντικά με το

CONTROL και την CHT LOW ενώ δεν διαφέρει από την CHT HIGH. Σε ότι αφορά τους οίνους BTH, σύμφωνα με το διάγραμμα μπορεί να παρατηρηθεί ότι ο οίνος BTH MEDIUM έχει την χαμηλότερη τιμή ολικών ανθοκυανών και διαφέρει στατιστικά από τον μάρτυρα και την BTH LOW.

### 3.2.8 Τανίνες BSA και MCP



**Διάγραμμα 12.** Συγκέντρωση τανινών των οίνων με δέσμευση από πρωτεΐνες (BSA) σε mg κατεχίνης ανά λίτρο (mgCE/L) μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).



**Διάγραμμα 13.** Συγκέντρωση τανινών των οίνων με προσθήκη μεθιλοκυταρίνης (MCP) σε mg κατεχίνης ανά λίτρο (mgCE/L) μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

Με τη BSA οι τανίνες κυμαίνονται μεταξύ 10.18-45.74 mg κατεχίνης/L με τους οίνους BTH να λαμβάνουν τις μεγαλύτερες τιμές και τους οίνους ABA τις χαμηλότερες (Διάγραμμα 12). Τα αποτελέσματα της BSA κατέδειξαν χαμηλό επίπεδο τανινών κάτι το οποίο συνάδει με το ότι οι οίνοι της ερυθρής ποικιλίας Μούχταρο δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως τανικοί. Με τη μέθοδο συμπλοκοποίησης με BSA παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης τανινών έπειτα από

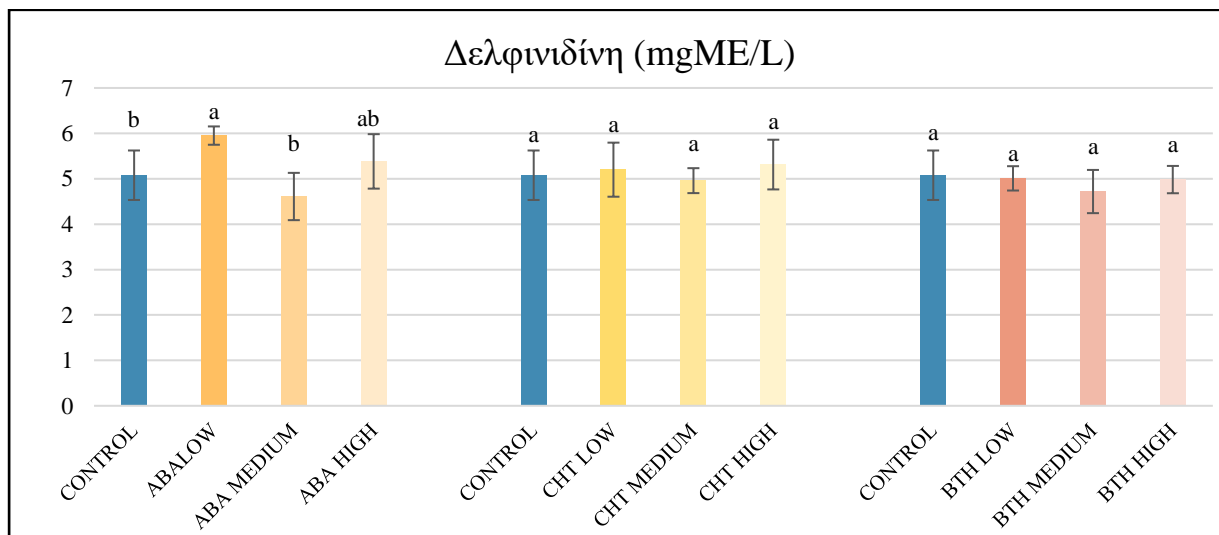
εφαρμογή ABA, με τον οίνο ABA LOW να παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή και τον ABA HIGH τη μικρότερη, χωρίς να διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους. Αντίστοιχα, η υψηλότερη συγκέντρωση CHT είχε τη χαμηλότερη τιμή ενώ η μεσαία την μεγαλύτερη τιμή, χωρίς όμως να παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Η μεγαλύτερη τιμή 45,74 mg κατεχίνης/L ανήκει στους οίνους BTH και συγκεκριμένα στην BTH LOW με διαφορά 26,61 μονάδες από τον μάρτυρα όπου και διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά. Οι υπόλοιπες συγκεντρώσεις δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Με τη μέθοδο MCP οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 562.5-935.33 mg κατεχίνης/L με τους οίνους BTH να σημειώνουν τις μεγαλύτερες και τους οίνους CHT τις μικρότερες (Διάγραμμα 13). Παρομοίως με τη μέθοδο BSA, το επίπεδο τανινών που μετρήθηκαν με την MCP ήταν χαμηλό, επιβεβαιώνοντας τον ισχυρισμό ότι το Μούχταρο είναι μια ποικιλία με χαμηλή τανικότητα. Με τη μέθοδο MCP παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης των τανινών σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Ειδικότερα η μεσαία δόση ABA εμφάνισε και την υψηλότερη τιμή τανινών με διαφορά 372,83 μονάδες από τον μάρτυρα, όμως οι τιμές όλων των εφαρμογών ABA δεν διαφέρουν στατιστικά. Επίσης παρατηρήθηκε ότι και υπό την επίδραση της CHT με την μεσαία δόση να έχει την μεγαλύτερη τιμή, δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους οι τιμές. Η BTH MEDIUM είχε υψηλότερη τιμή από τον μάρτυρα και από τις υπόλοιπες εφαρμογές αλλά δεν είχαν διαφορές μεταξύ τους.

### 3.2.9 Ανθοκυάνες με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης HPLC

Στα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζονται οι συγκεντρώσεις των μονομερών ανθοκυανών και των οξικών και κουμαρικών εστέρων τους σε ισοδύναμα μαλβιδίνης όπως προσδιορίστηκαν με HPLC και υπολογίστηκαν ως ισοδύναμα μαλβιδίνης (mgME/L).

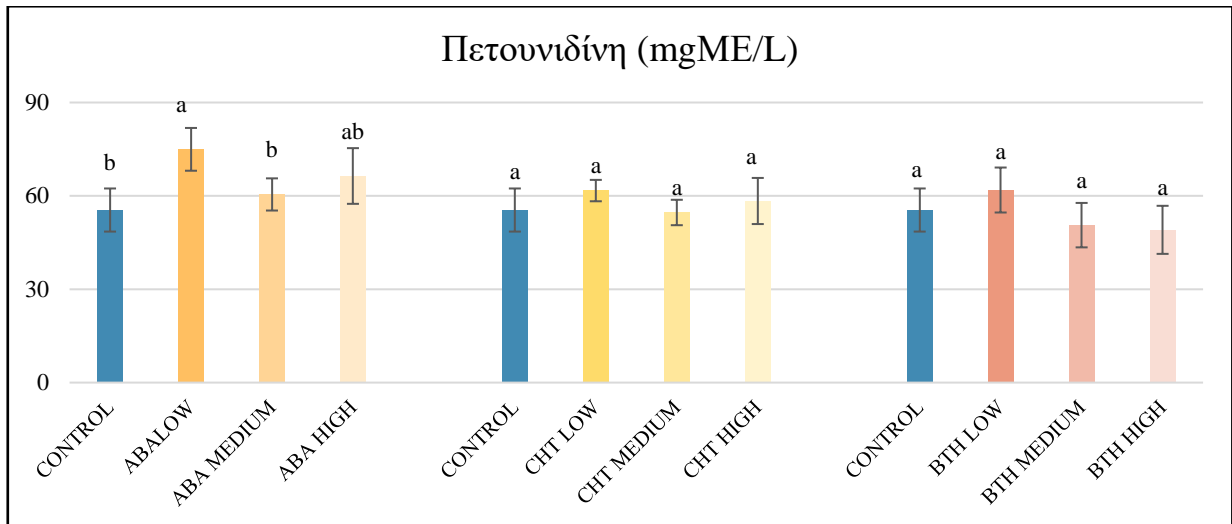
#### 3.2.9.1 Μονομερείς ανθοκυάνες



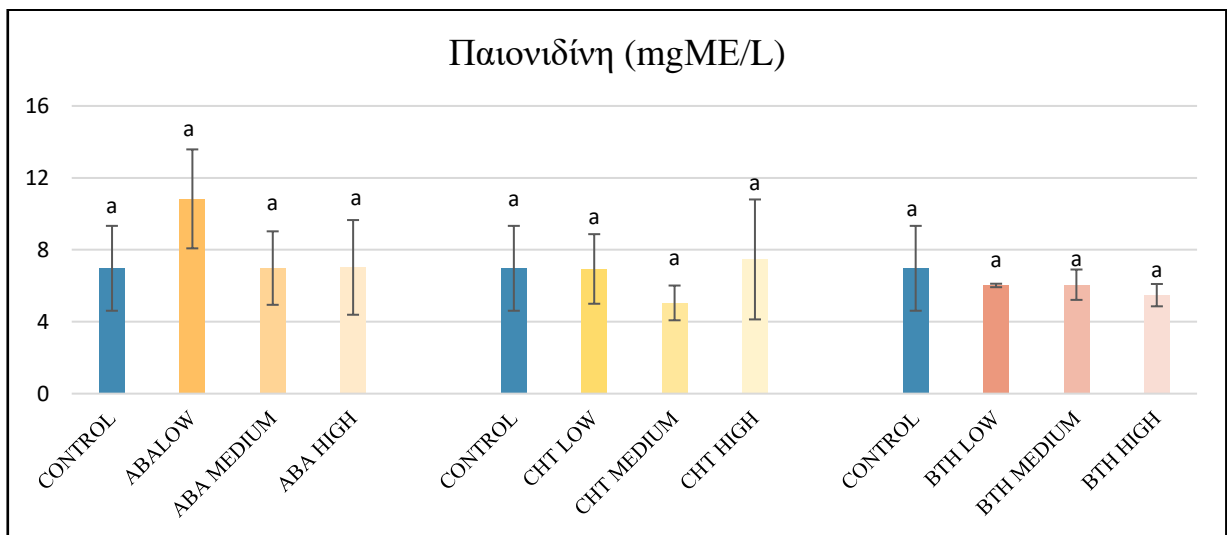
**Διάγραμμα 14.** Δελφινιδίνη σε ισοδύναμα μαλβιδίνης (mg/L) μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

Στην Δελφινιδίνη (Διάγραμμα 14), η υψηλότερη τιμή άνηκε στο ABA LOW και η χαμηλότερη στο ABA MEDIUM όπου και διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους. Ωστόσο η χαμηλή δόση του αμπισικού οξέος δεν διαφέρει σημαντικά από την υψηλή αλλά διαφέρει από τον μάρτυρα και το ABA MEDIUM. Σε ότι αφορά την CHT και την BTH, οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στην υψηλή συγκέντρωση και στον μάρτυρα αντίστοιχα. Ωστόσο δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Για την πετουινιδίνη (Διάγραμμα 15), οι χαμηλότερες δόσεις των φυτοορμονών είχαν και τις υψηλότερες τιμές. Συγκεκριμένα, το ABA LOW είχε και πάλι την υψηλότερη τιμή διαφέροντας σημαντικά από τον μάρτυρα και το ABA MEDIUM. Σε ότι αφορά την CHT και το BTH οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στην υψηλή συγκέντρωση και στον μάρτυρα αντίστοιχα. Ωστόσο δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.



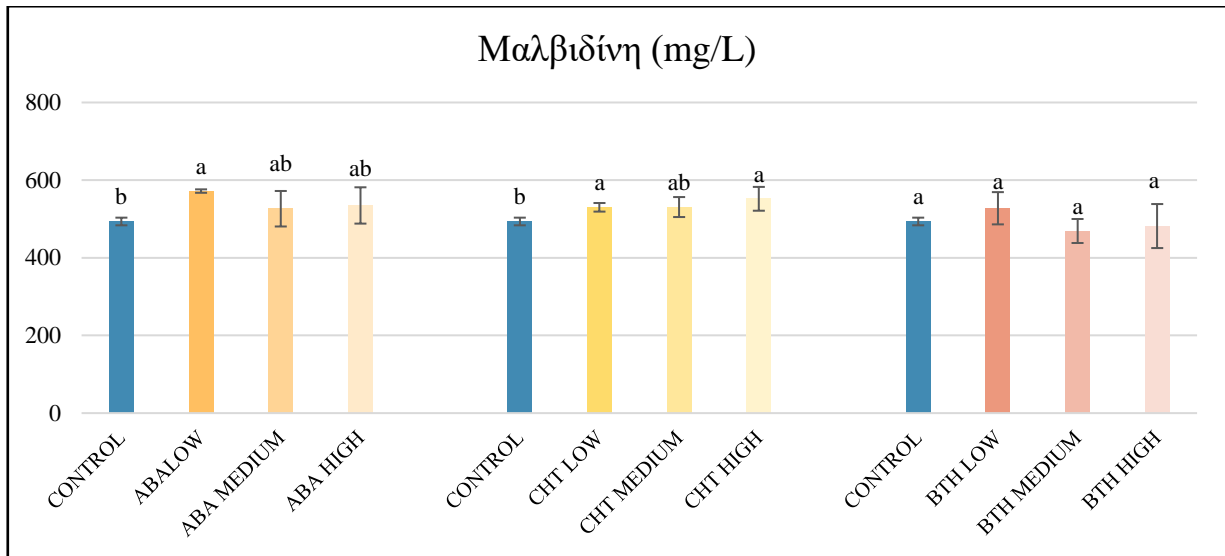
*Διάγραμμα 15.* Πετουινιδίνη σε ισοδύναμα μαλβιδίνης (mg/L) μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).



*Διάγραμμα 16.* Παιονιδίνη σε ισοδύναμα μαλβιδίνης (mg/L) μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

Στην παιονιδίνη (Διάγραμμα 16), το ABA LOW είχε την υψηλότερη τιμή διαφέροντας κατά 3,86 μονάδες από τον μάρτυρα που είχε την χαμηλότερη τιμή και σχεδόν ίση με τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις του ABA. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Στην CHT και στην BTH δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές με την χαμηλότερη τιμή να ανήκει στην CHT MEDIUM.

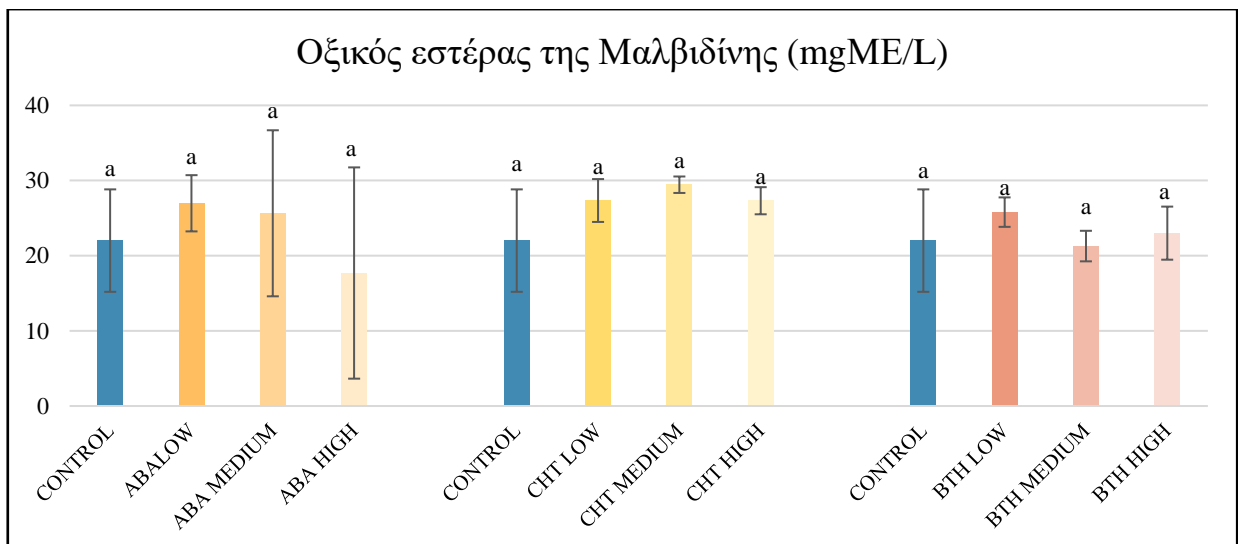




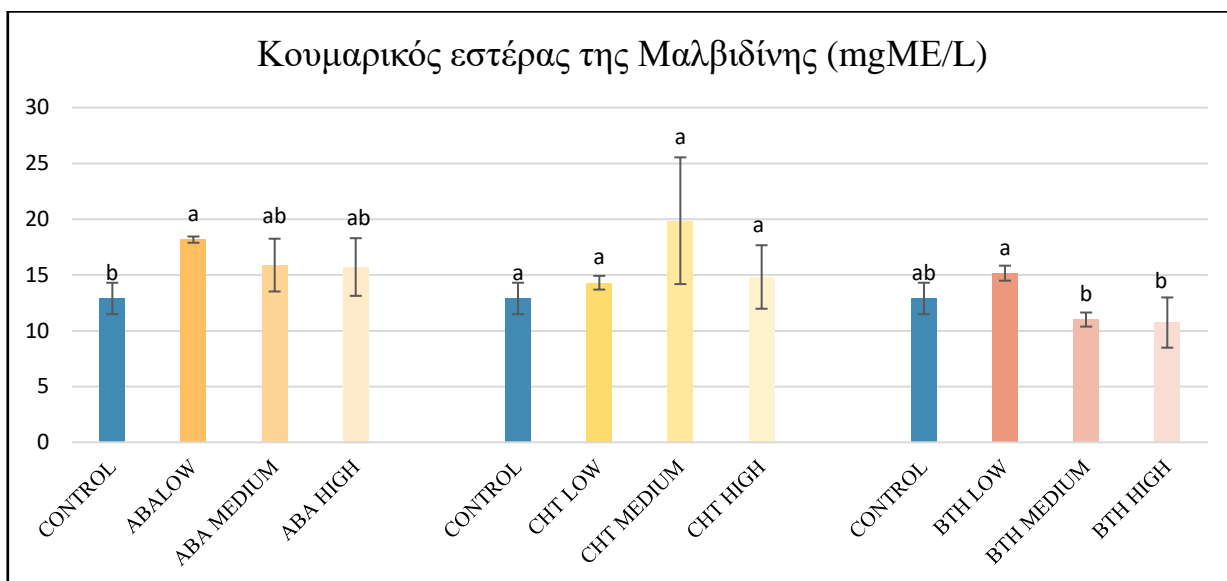
**Διάγραμμα 17.** Συγκέντρωση Μαλβιδίνης (mg/L) μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

Η κυρίαρχη ανθοκυάνη είναι ο μονογλυκοζιτής της μαλβιδίνης. Οι συγκεντρώσεις που προσδιορίστηκαν στους πειραματικούς οίνους παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 17. Η υψηλότερη συγκέντρωσή της σημειώθηκε στον οίνο ABA LOW και είχε στατιστικά σημαντικές διαφορές από το CONTROL αλλά όχι από τους υπόλοιπους οίνους ABA. Η υψηλή δόση της CHT, έχοντας και την μεγαλύτερη τιμή δεν διαφέρει στατιστικά από την χαμηλή και μεσαία δόση όμως διαφέρει σημαντικά από τον μάρτυρα. Σε ότι αφορά την BTH δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των οίνων.

### 3.2.9.2 Οξικός και κουμαρικός εστέρας της Μαλβιδίνης



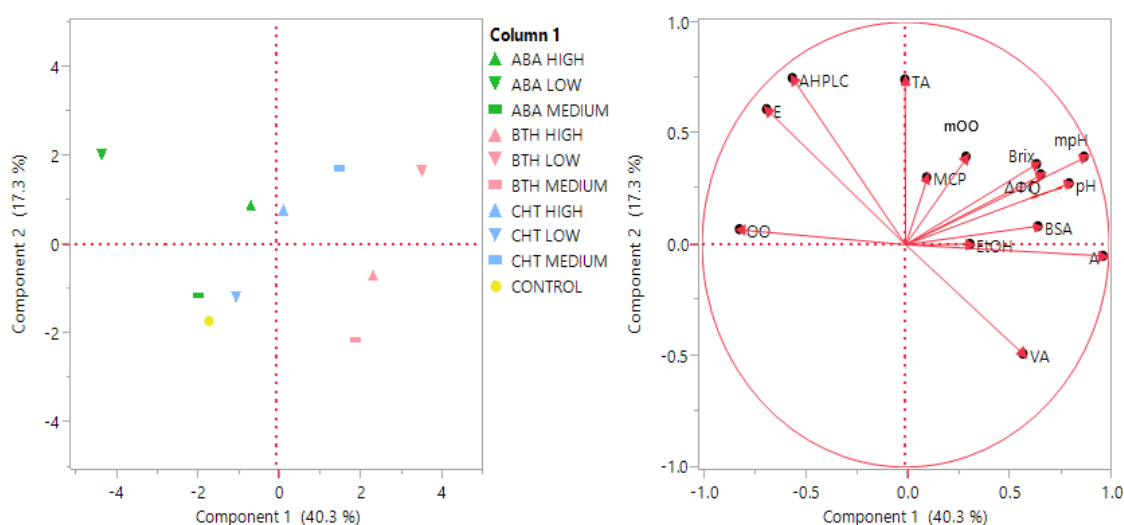
**Διάγραμμα 18.** Οξικός εστέρας της μαλβιδίνης σε ισοδύναμα μαλβιδίνης (mg/L) μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).



**Διάγραμμα 19.** Κουμαρικός εστέρας της μαλβιδίνης σε ισοδύναμα μαλβιδίνης (mg/L) μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

Στα Διαγράμματα 18 και 19 φαίνονται οι συγκεντρώσεις των δύο εστέρων της μαλβιδίνης, του οξικού και του κουμαρικού αντίστοιχα. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ουσιών και του μάρτυρα σε ό,τι αφορά τον οξικό εστέρα της μαλβιδίνης. Τις υψηλότερες τιμές τις είχαν οι δόσεις της χιτοζάνης και τις χαμηλότερες η BTH. Στον κουμαρικό εστέρα της μαλβιδίνης οι χαμηλότερες δόσεις ABA και BTH είχαν και τις υψηλότερες τιμές. Συγκεκριμένα, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών δόσεων ABA, όμως το ABA LOW, διαφέρει σημαντικά από τον μάρτυρα, ενώ η BTH LOW δεν διαφέρει σημαντικά από τον μάρτυρα, διαφέροντας όμως προς τη μεσαία και υψηλή δόση. Σε γενικές γραμμές παρατηρήθηκε αύξηση στις περισσότερες τιμές των οίνων συγκριτικά με τον μάρτυρα.

### 3.2.10 Πολυπαραγοντική ανάλυση χημικών αναλύσεων και ανθοκυανών HPLC



**Σχήμα 8.** Πολυπαραγοντική ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) των επεμβάσεων με φυτορμόνες/βιοδιεγέρτες ως προς τις χημικές αναλύσεις των οίνων που παράχθηκαν.

Μέσω της πολυπαραγοντικής ανάλυσης στο Σχήμα 8 φαίνεται η ανάλυση των κύριων συνιστωσών ανάμεσα στα δείγματα και στις χημικές αναλύσεις που προαναφέρθηκαν. Με βάση

το πώς αυτές οι παράμετροι επηρεάζουν τα συνολικά αποτελέσματα, δημιουργήθηκαν δυο άξονες, ο άξονας των x και των y. Ο άξονας x (Component 1) είναι η πρώτη συνιστώσα, αποτελεί το 40.3% της πληροφορίας και διαμορφώνεται με βάση τις βαρύτητες που παρουσιάζονται στο PRIN1 (Παράρτημα Πίνακας XI). Ο άξονας y (Component 2) είναι η δεύτερη συνιστώσα αποτελώντας το 17.3% της πληροφορίας με τις βαρύτητες να παρουσιάζονται στο PRIN2 (Παράρτημα Πίνακας XII). Παρατηρήθηκε ότι τα BTH ομαδοποιούνται στον θετικό άξονα της κύριας συνιστώσας, τα ABA στο αρνητικό κομμάτι του άξονα ενώ δεν υπάρχει σαφή τάση στα αποτελέσματα της CHT. Επίσης, το CONTROL εμφανίζει αρνητική συσχέτιση σχεδόν με όλες τις μεταβλητές

Ειδικότερα, οι τρεις δόσεις του ABA είναι στο αρνητικό κομμάτι του άξονα x και αυτό σημαίνει ότι έχουν υψηλά ποσοστά ανθοκυανών με HPLC, υψηλή ολική οξύτητα των οίνων και ένταση αλλά έχουν αρνητική συσχέτιση με τις τανίνες, την πτητική οξύτητα, το pH των οίνων, τα Brix, το pH του γλεύκου αλλά και με την απόχρωση. Το ABA LOW έχει την υψηλότερη ένταση από τις τρεις δόσεις ABA. Η επέμβαση με ABA επίσης δίνει κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά στους οίνους και συγκεκριμένα το ABA LOW δίνει περισσότερο έγχρωμους οίνους με υψηλές εντάσεις.

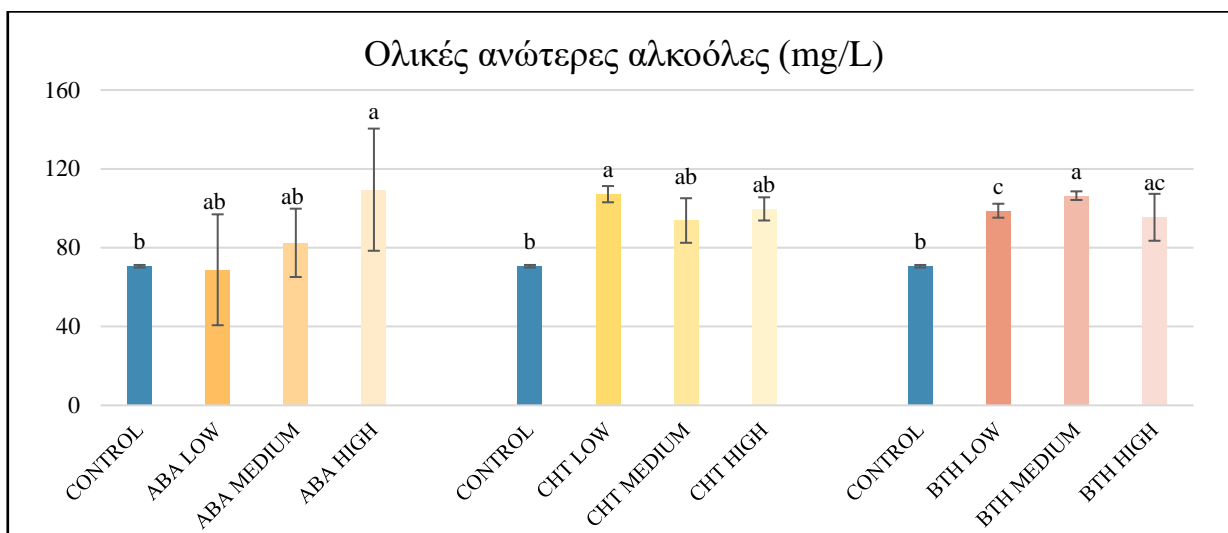
Υπό την επίδραση της BTH, οι τρεις δόσεις που προστέθηκαν βρίσκονται στο θετικό κομμάτι του άξονα x. Όλα τα BTH ομαδοποιήθηκαν, ανεξάρτητα από την ένταση της επέμβασης και οι οίνοι είχαν κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Αυτό σημαίνει ότι οι οίνοι με BTH, είναι θετικά συσχετισμένοι, έχοντας αυξημένες τιμές αιθανόλης, BSA, απόχρωσης, πτητικής οξύτητας, αυξημένα Brix, ΔΦΟ, pH οίνων και γλεύκου. Το BTH LOW εμφανίζεται να έχει τα υψηλότερα BRIX, υψηλότερο pH του γλεύκου και ΔΦΟ. Το BTH MEDIUM έχει υψηλές τιμές πτητικής οξύτητας ενώ, το BTH HIGH είχε υψηλή απόχρωση.

Παρατηρήθηκε ότι η CHT δεν έχει σαφή ομαδοποίηση ως προς την πρώτη συνιστώσα x. Επομένως, επηρεάζεται και θετικά και αρνητικά από τις διάφορες μεταβλητές και κατανέμεται και στο θετικό και στο αρνητικό κομμάτι του άξονα. Η CHT HIGH, λόγω της θέσης της στο σχήμα 8 διαμορφώνεται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τις ολικές ανθοκυανές. Η CHT MEDIUM εμφανίζεται να έχει τις περισσότερες τανίνες MCP και τα περισσότερα BRIX. Το γεγονός ότι βρίσκονται κοντά στην αρχή των αξόνων σημαίνει επίσης ότι δεν έχουν κάποια μεταβλητή με σχετικά υψηλή βαρύτητα.

Τέλος, το CONTROL, η BTH MEDIUM και η CHT HIGH βρίσκονται στην αρνητική περιοχή του άξονα x όπως και στην αρνητική περιοχή του άξονα y. Επομένως έχουν αρνητική συσχέτιση με ότι διαμορφώνει αυτούς τους δυο άξονες. Αυτό σημαίνει ότι έχουν και τις μικρότερες τιμές συγκριτικά με τις υπόλοιπες δόσεις των επεμβάσεων.

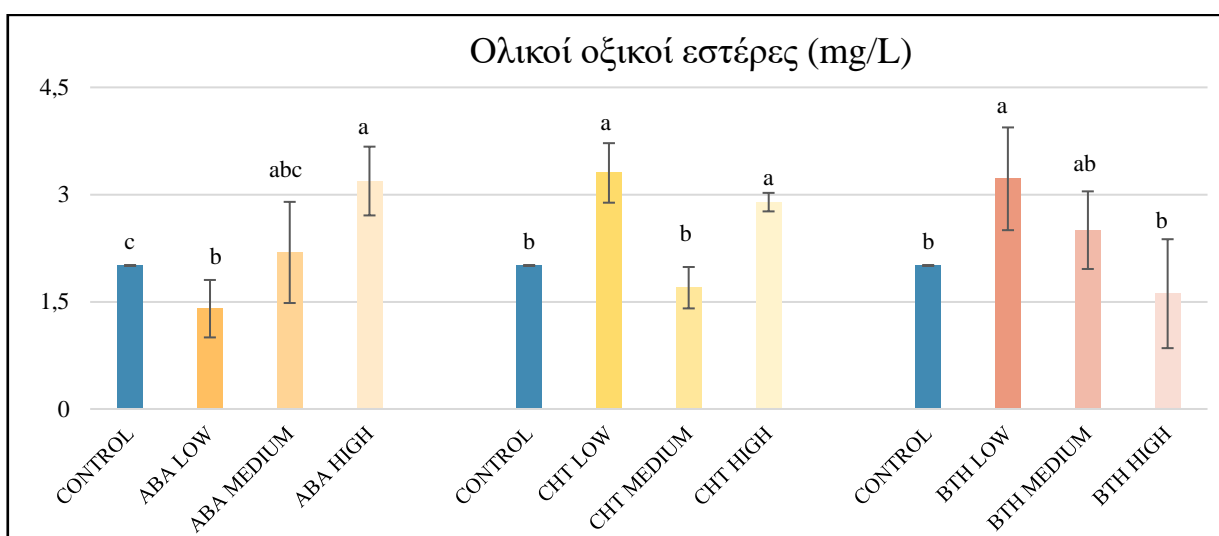
### 3.2.11 Πτητικά συστατικά του οίνου

Στο Διάγραμμα 20 απεικονίζεται το άθροισμα των ανώτερων αλκοολών για τους οίνους της ποικιλίας Μούχταρο. Οι κύριες ανώτερες αλκοόλες των οίνων είναι η 2-μέθυλ-1-προπανόλη, η 2-φαινυλαιθανόλη και η ισοαμυλική αλκοόλη. Οι άλλες δύο αλκοόλες που εντοπίζονται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις, αλλά επίσης σε μεγαλύτερη συγκέντρωση από το κατώφλι αντίληψής τους, είναι η μεθειονόλη και η (Z)-3-εξεν-1-όλη. Υπήρξαν μεγάλες διακυμάνσεις στις τιμές, όπου κυμάνθηκαν από 68,78 έως 109,42. Παρατηρήθηκε ότι και η υψηλότερη και η χαμηλότερη τιμή όλων των εφαρμογών ανήκει στο ABA και συγκεκριμένα στην χαμηλή και την υψηλή δόση, χωρίς όμως να διαφέρουν σημαντικά στατιστικά. Η υψηλή δόση ABA, όμως, είχε στατιστικά σημαντικές διαφορές με τον μάρτυρα. Στις άλλες δυο εφαρμογές, ο μάρτυρας έχει την χαμηλότερη τιμή διαφέροντας σημαντικά από την χαμηλή δόση χιτοζάνης ενώ δεν παρουσίασε διαφορές με τις υπόλοιπες δόσεις. Σε ότι αφορά την BTH ο μάρτυρας διαφέρει σημαντικά από όλες τις δόσεις BTH και η μεσαία δόση διαφέρει από την χαμηλή.



**Διάγραμμα 20.** Ολικές ανώτερες αλκοόλες σε mg ανά λίτρο μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

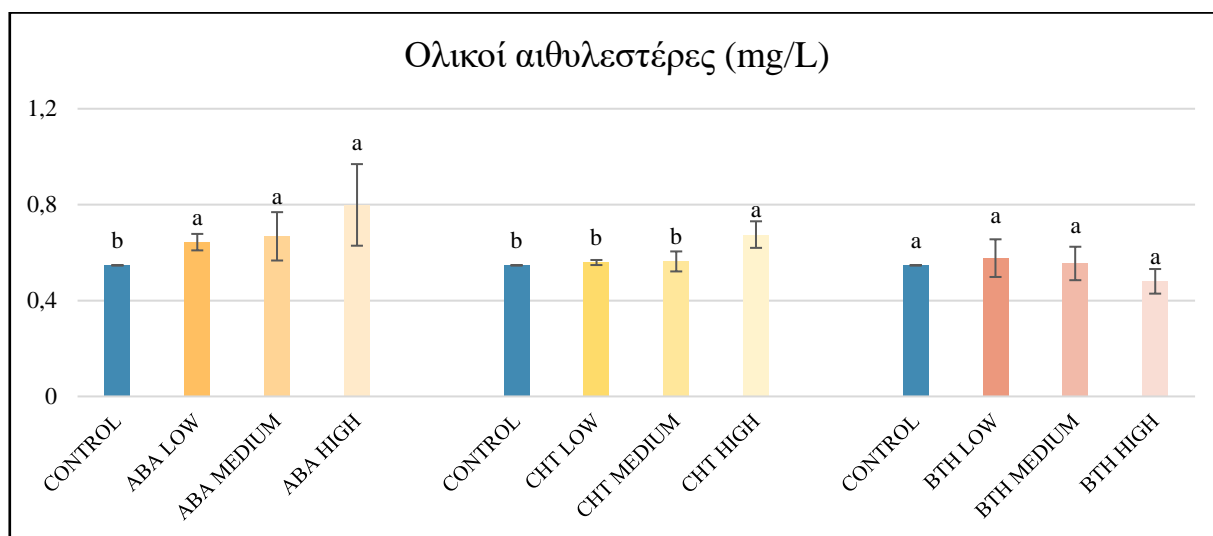
Σε ότι αφορά το Διάγραμμα 21, παρουσιάζεται το άθροισμα των συγκεντρώσεων των ολικών οξικών εστέρων και συγκεκριμένα οι συγκεντρώσεις του οξικού ισοαμυλεστέρα, του οξικού 2-φαινυλαιθυλεστέρα και του οξικού εξιλεστέρα, που μετρήθηκαν στους οίνους. Το ABA LOW είχε την χαμηλότερη τιμή (1,4), ενώ το ABA HIGH τη μεγαλύτερη (3,19) από όλες τις μετρήσεις των εφαρμογών που έγιναν διαφέροντας κατά 0,61 και 1,18 μονάδες αντίστοιχα από τον μάρτυρα. Ο μάρτυρας διαφέρει στατιστικώς σημαντικά και από τις δυο δόσεις αλλά και αυτές έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Οι χαμηλές δόσεις των CHT και BTH είχαν τις υψηλότερες τιμές στις μετρήσεις που έγιναν παρουσιάζοντας, στατιστικώς σημαντικές διαφορές προς τον μάρτυρα. Επιπροσθέτως, ο μάρτυρας είχε διαφορές προς τη CHT HIGH, ενώ, δεν είχε στατιστικώς σημαντικές διαφορές από τη μεσαία και υψηλή δόση της BTH.



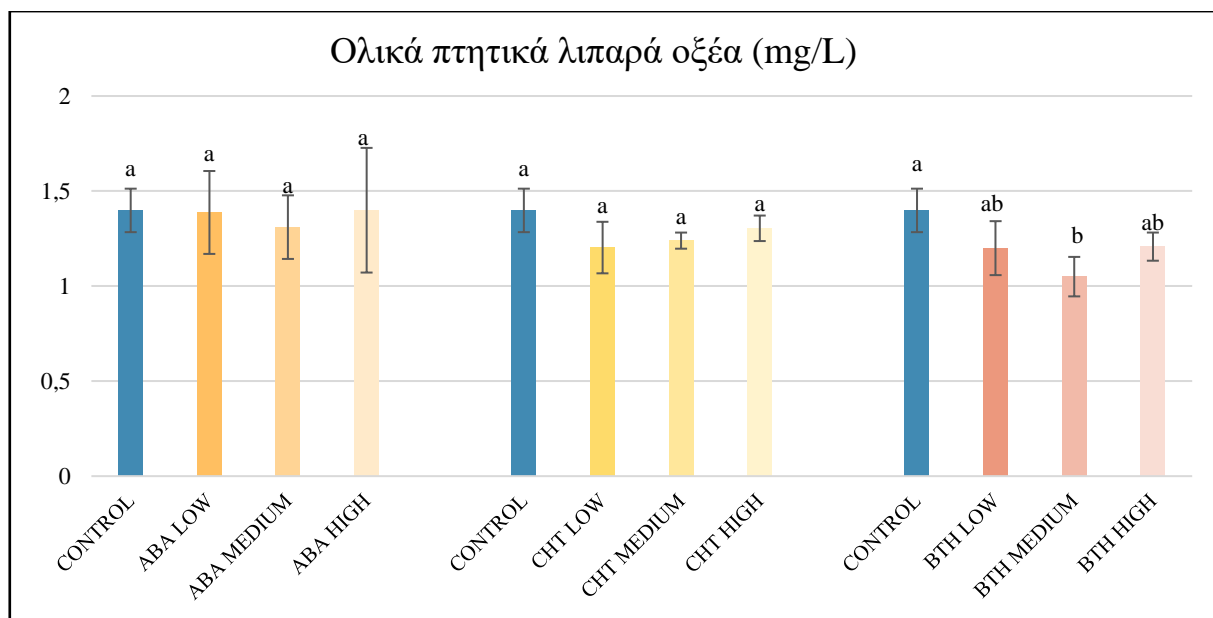
**Διάγραμμα 21.** Ολικοί οξικοί εστέρες σε mg ανά λίτρο μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

Στους οίνους προσδιορίστηκαν πέντε από τους πιο αντιπροσωπευτικούς εστέρες, με την μεγαλύτερη συνεισφορά στο τελικό άρωμα του οίνου. Στο Διάγραμμα 22 παρουσιάζονται οι

ολικοί αιθυλεστέρες και ειδικότερα οι συγκεντρώσεις του εξανοϊκού, οκτανοϊκού και βουτυρικού αιθυλεστέρα, του 2-μέθυλο-βουτυρικού αιθυλεστέρα και του 3-μέθυλο-βουτυρικού αιθυλεστέρα. Παρατηρήθηκε ότι στο ABA οι τιμές αυξάνονται αναλόγως της δόσης και ο μάρτυρας έχοντας τη χαμηλότερη τιμή διαφέρει στατιστικά σημαντικά και από τις τρεις δόσεις ABA. Παρομοίως για την CHT η υψηλή συγκέντρωση είχε και την μεγαλύτερη τιμή μεταξύ των τριών δόσεων της χιτοζάνης διαφέροντας στατιστικά σημαντικά και από τον μάρτυρα αλλά και από τις υπόλοιπες δύο δόσεις (CHT LOW και CHT MEDIUM). Αντιθέτως, στην BTH η χαμηλή δόση είχε την μεγαλύτερη τιμή από τις τρεις συγκεντρώσεις της εφαρμογής και η υψηλή δόση είχε τη χαμηλότερη τιμή. Ωστόσο, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.



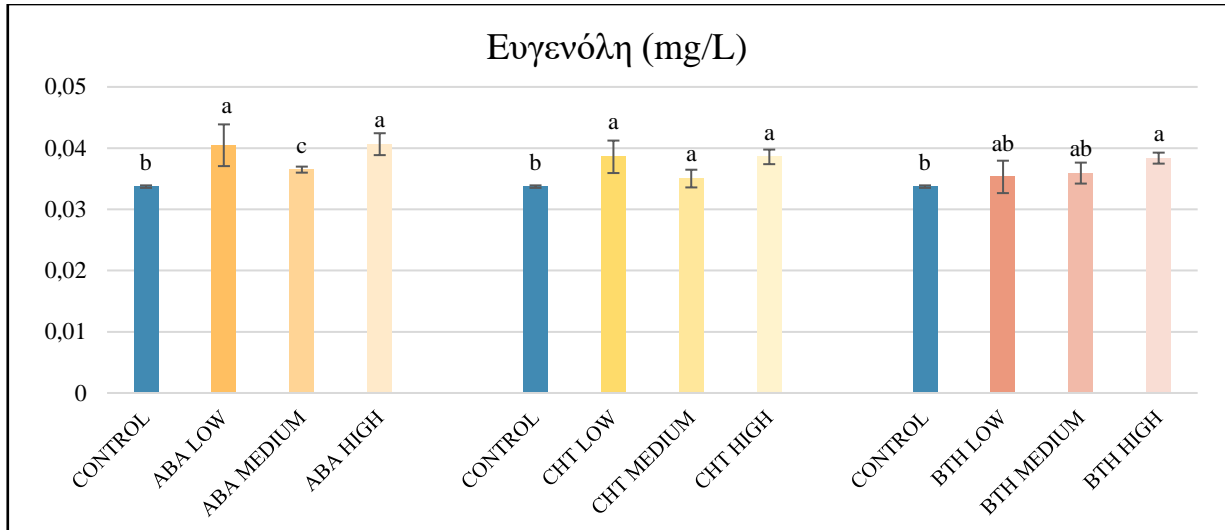
**Διάγραμμα 22.** Ολικοί αιθυλεστέρες σε mg ανά λίτρο μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).



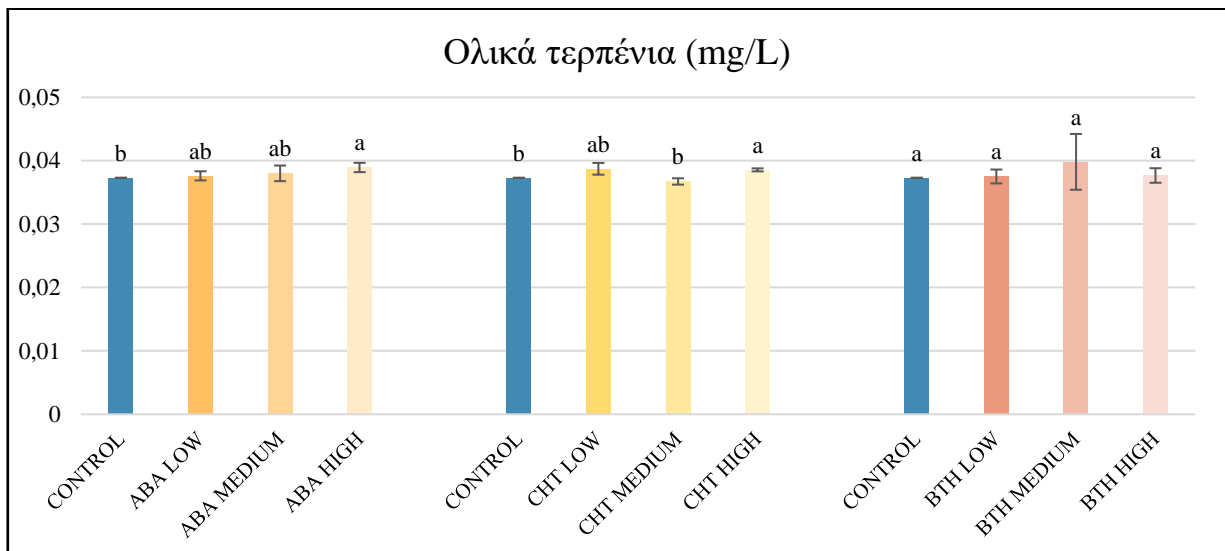
**Διάγραμμα 23.** Ολικά πτητικά λιπαρά οξέα σε mg ανά λίτρο μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

Στο Διάγραμμα 23 παρουσιάζονται το άθροισμα των συγκεντρώσεων των πτητικών λιπαρών οξέων που ανιχνεύθηκαν στους οίνους και συγκεκριμένα το βαλερικό, εξανοϊκό, βουτυρικό,

ισοβουτυρικό και ισοβαλερικό οξύ. Παρατηρήθηκε ότι τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από τις τρεις εφαρμογές είχαν χαμηλότερες τιμές συγκριτικά με τον μάρτυρα. Στο ABA η χαμηλότερη τιμή ανήκε στη μεσαία δόση και στην CHT οι τιμές αυξήθηκαν αναλογικά της δόσης χωρίς όμως να ξεπεράσουν τον μάρτυρα. Και στις δυο περιπτώσεις οι τιμές δεν είχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Η χαμηλότερη τιμή όλων των μετρήσεων παρουσιάστηκε στη μεσαία δόση της BTH έχοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές με τον μάρτυρα αλλά όχι με τις υπόλοιπες δόσεις της βενζοθειαζόλης.



**Διάγραμμα 24.** Συγκέντρωση ευγενόλης σε mg ανά μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).



**Διάγραμμα 25.** Ολικά τερπένια σε mg ανά λίτρο μετά από την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ABA, της CHT και της BTH σε σχέση με τον μάρτυρα. Τιμές με διαφορετικά γράμματα ανάμεσα στις συγκεντρώσεις διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους (Tukey's test,  $p < 0.05$ ).

Στο Διάγραμμα 24 παρουσιάζονται τα αναλυτικά αποτελέσματα της συγκέντρωσης της ευγενόλης στους οίνους. Οι τιμές κυμαίνονται σε σταθερά επίπεδα 0,03-0,04 με μικρές διακυμάνσεις. Οι τιμές αυξήθηκαν σε σχέση με τον μάρτυρα ο οποίος είχε την χαμηλότερη τιμή σε σχέση και με τις τρεις εφαρμογές ουσιών. Ειδικότερα, ο μάρτυρας είχε στατιστικώς διαφορές και με τις τρεις δόσεις του αμπισισικού οξέος και της χιτοζάνης. Το ABA MEDIUM εκτός από τον μάρτυρα, είχε στατιστικά σημαντικές διαφορές και από τη χαμηλή και υψηλή δόση ABA. Στην CHT και στην BTH παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των

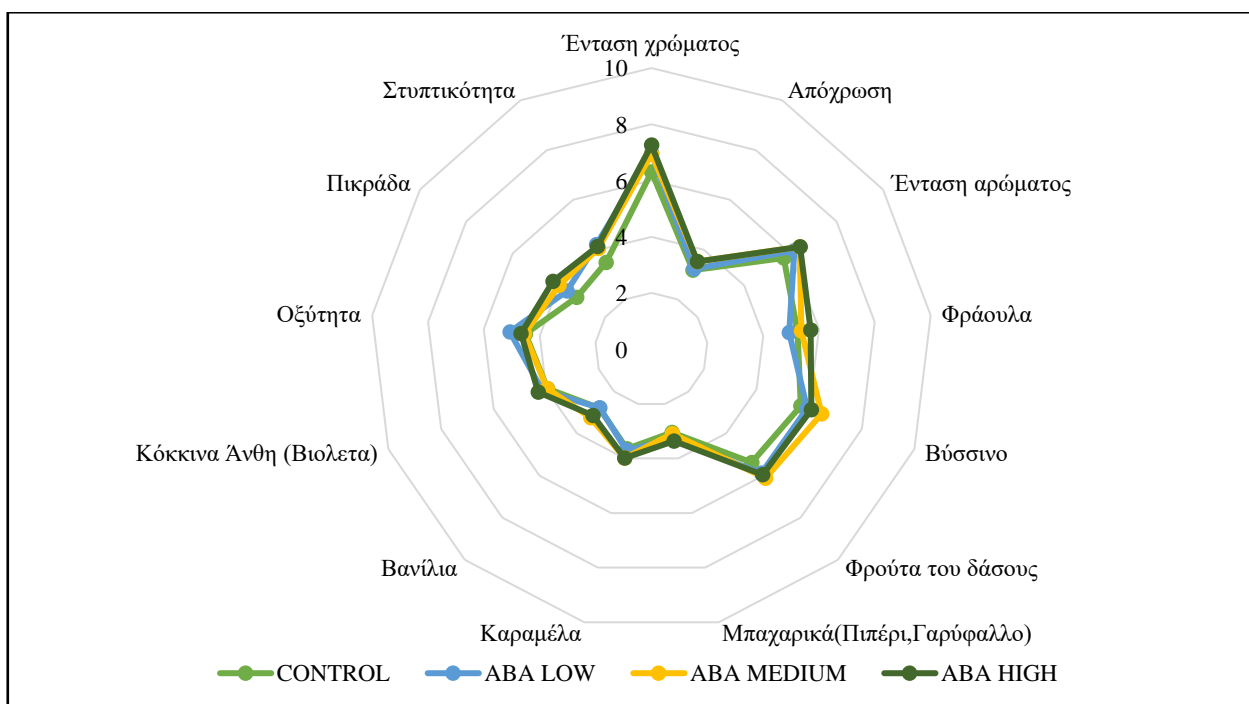
δόσεων. Στην εφαρμογή της BTH ο μάρτυρας είχε στατιστικώς σημαντικές διαφορές μόνο με την υψηλή δόση BTH.

Τα τερπένια που προσδιορίστηκαν στα πλαίσια αυτής της μελέτης είναι η γερανιόλη, η λιναλόλη και η νερόλη. Στο Διάγραμμα 25 έχει καταγραφεί η συγκέντρωση των ολικών τερπενίων σε mg/L. Παρατηρήθηκε αύξηση συγκριτικά με τον μάρτυρα και ειδικότερα στην εφαρμογή του ABA οι τιμές αυξήθηκαν αναλογικά της δόσης με την μεγαλύτερη συγκέντρωση ABA HIGH να διαφέρει στατιστικά από τον μάρτυρα. Παρομοίως, και στην CHT η υψηλότερη συγκέντρωση είχε διαφορές από τον μάρτυρα αλλά και από την μεσαία δόση χιτοζάνης η οποία είχε και την χαμηλότερη τιμή συγκέντρωσης. Στην BTH η μεσαία δόση είχε την υψηλότερη τιμή (0,04) διαφέροντας κατά 0,003 μονάδες από τον μάρτυρα. Ωστόσο δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε ότι αφορά τις δόσεις της BTH.

### 3.3 Οργανοληπτική αξιολόγηση

Τα παρακάτω αραχνογράμματα παρουσιάζουν τους μέσους όρους των βαθμολογιών που έλαβαν οι οίνοι στα κριτήρια που κλήθηκαν να αξιολογήσουν κατά τοις γευσιγνωσίες των οίνων.

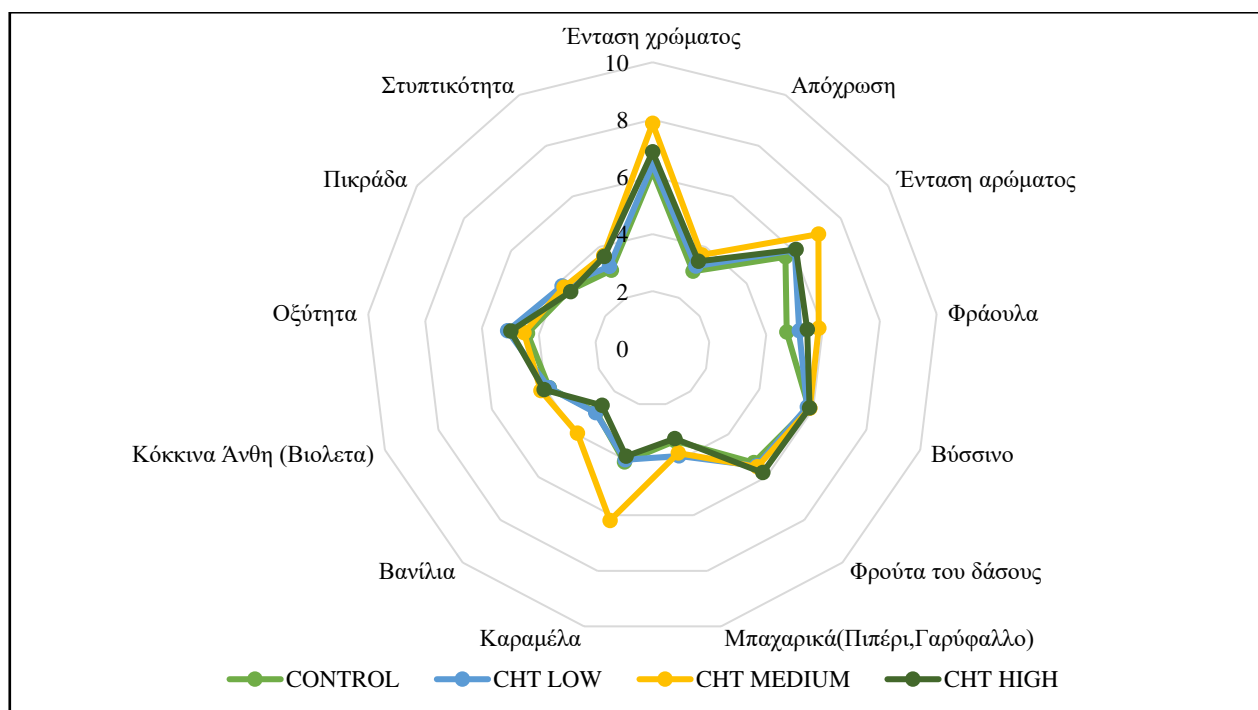
Στο Διάγραμμα 26, όπου αξιολογούνται οι επεμβάσεις με ABA, σε ότι αφορά την οπτική αξιολόγηση των οίνων, η εφαρμογή ABA συνέβαλε σε μεγαλύτερη ένταση χρώματος και απόχρωσης σε σχέση με τον μάρτυρα (CONTROL) με τις μέγιστες τιμές να παρατηρούνται στα δείγματα που περιείχαν τη μεγαλύτερη συγκέντρωση της φυτοορμόνης (ABA HIGH). Αντίστοιχα κατά την οσφρητική αξιολόγηση η ένταση του αρώματος στις συγκεντρώσεις ABA MEDIUM και ABA HIGH αξιολογήθηκε ως ίση από τους δοκιμαστές και ως η μεγαλύτερη.



Διάγραμμα 26. Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου των οίνων έπειτα από την εφαρμογή αμπισσικού οξέος (ABA) σε σύγκριση με τον μάρτυρα (CONTROL).

Ειδικότερα, τα παραπάνω δείγματα συγκέντρωσαν τις υψηλότερες τιμές στα οσφρητικά χαρακτηριστικά με το ABA MEDIUM να έχει αρώματα βύσσινου, φρούτων του δάσους και το ABA HIGH να έχει τις υψηλότερες τιμές συνολικά σε όλα τα υπόλοιπα αρώματα όπως φράουλα, μπαχαρικά, καραμέλα και κόκκινα άνθη. Τις μικρότερες τιμές σε όλα τα αρωματικά

χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν είχε ο μάρτυρας (CONTROL) με εξαίρεση την φράουλα η οποία αξιολογήθηκε στην εφαρμογή ABA LOW ως η χαμηλότερη. Τέλος, σε ότι αφορά την γευστική αξιολόγηση των δειγμάτων, η οξύτητα, η πικράδα και η στυπτικότητα έλαβαν τις χαμηλότερες βαθμολογίες στον μάρτυρα και τις υψηλότερες είχε το ABA HIGH με εξαίρεση την οξύτητα που εμφανίστηκε υψηλότερη στο ABA LOW.



Διάγραμμα 27. Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου των οίνων έπειτα από την εφαρμογή χιτοζάνης (CHT) σε σύγκριση με τον μάρτυρα (CONTROL).

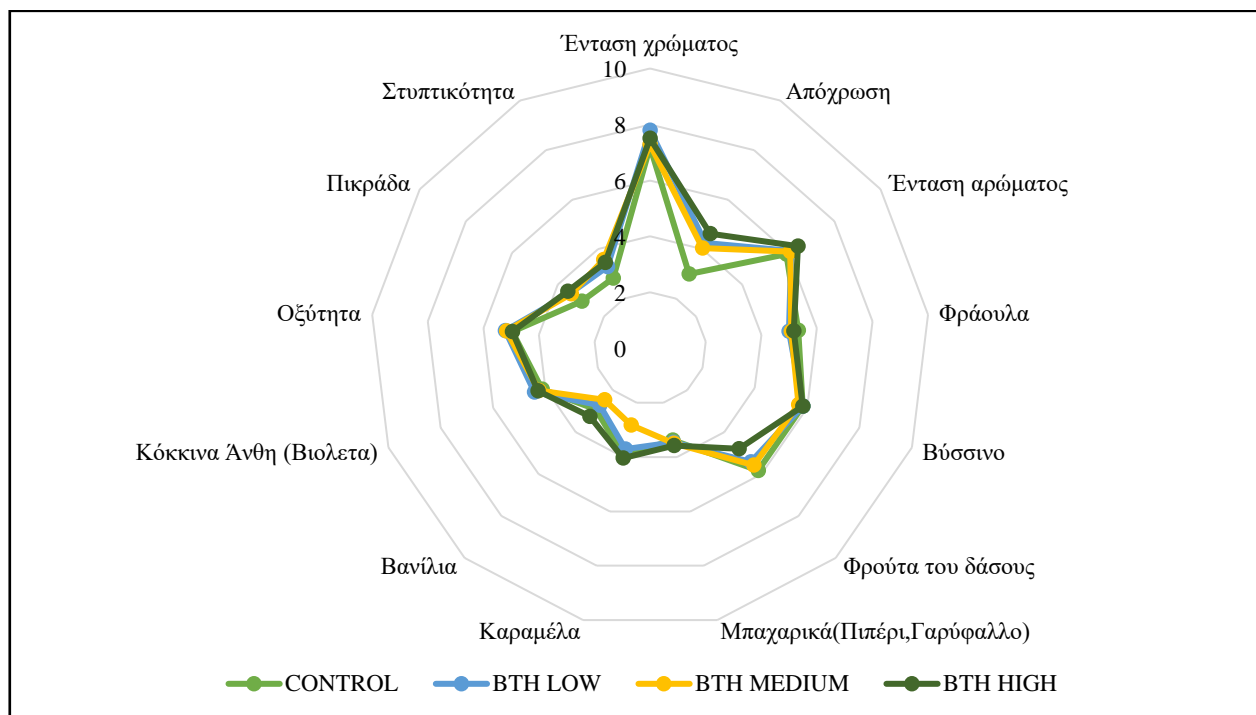
Κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο των δειγμάτων που είχαν ψεκαστεί με χιτοζάνη (διάγραμμα 27) παρατηρήθηκε ότι ο μάρτυρας είχε τη χαμηλότερη βαθμολογία σε ότι αφορά την ένταση χρώματος όπως και την απόχρωση ενώ η CHT MEDIUM έλαβε και στις δυο παραμέτρους την υψηλότερη βαθμολογία. Η CHT MEDIUM είχε τις υψηλότερες βαθμολογίες στην πλειοψηφία των αρωματικών χαρακτηριστικών, όπως φράουλα, καραμέλα, βύσσινο, βανίλια, κόκκινα άνθη ενώ οι χαμηλότερες παρουσιάστηκαν στον μάρτυρα. Τα μπαχαρικά έγιναν πιο εύκολα αντιληπτά στην CHT LOW, ενώ τα φρούτα του δάσους στην CHT HIGH.

Οι δοκιμαστές αξιολόγησαν με χαμηλότερα ποσοστά τον μάρτυρα σε ότι αφορά την φράουλα, φρούτα του δάσους, κόκκινα άνθη και CHT HIGH με χαμηλότερα μπαχαρικά και βανίλια. Επίσης η CHT LOW είχε έντονη οξύτητα και πικράδα ενώ η CHT MEDIUM είχε την υψηλότερη στυπτικότητα. Τα χαμηλότερα ποσοστά και στα τρία αυτά γευστικά χαρακτηριστικά την είχε ο μάρτυρας.

Σύμφωνα με τα συνοπτικά αποτελέσματα και το διάγραμμα 28, που αφορά την εφαρμογή του BTH, έγινε αντιληπτό ότι εκτός από τις εφαρμογές του ABA και της CHT και σε αυτή την εφαρμογή, η ένταση του χρώματος, η απόχρωση και η ένταση του αρώματος παρουσίασαν χαμηλότερα σκορ στον μάρτυρα ενώ τα μεγαλύτερα σκορ συγκέντρωσε η εφαρμογή BTH LOW. Ειδικότερα, η εφαρμογή BTH MEDIUM συγκέντρωσε μικρότερα ποσοστά σε βύσσινο, καραμέλα και βανίλια, σε αντίθεση με την εφαρμογή BTH HIGH που εμφάνισε μπαχαρικά, καραμέλα και βανίλια στα υψηλότερα ποσοστά ενώ εμφάνισε μόνο χαμηλή περιεκτικότητα σε φρούτα του δάσους. Ο μάρτυρας είχε υψηλότερη αξιολόγηση για το χαρακτηριστικό της

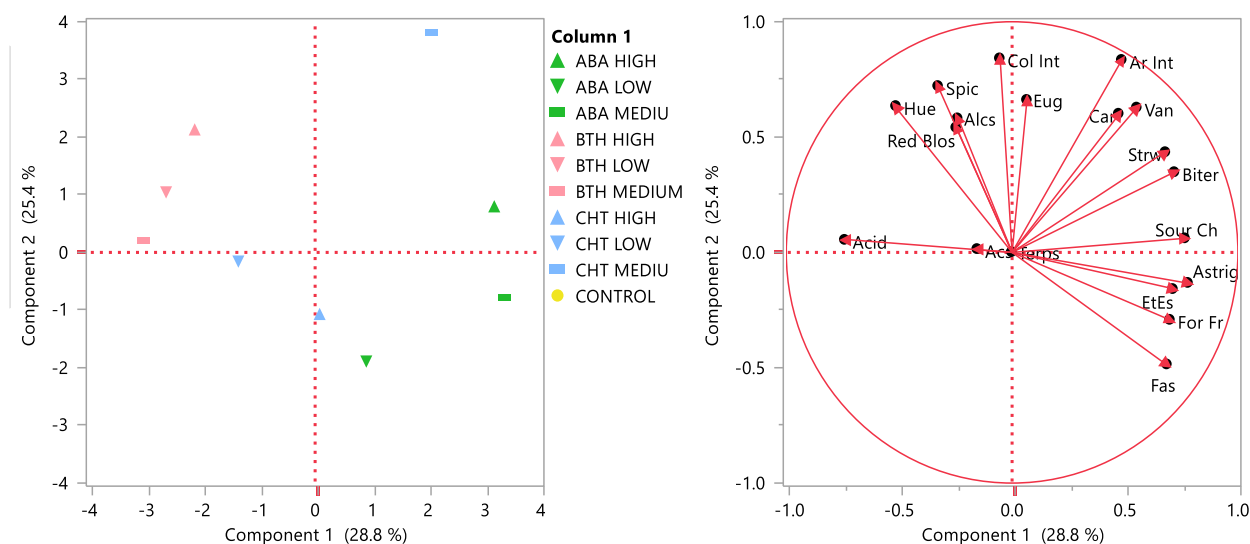


φράουλας και την χαμηλότερη στα μπαχαρικά και τα κόκκινα άνθη. Τέλος, η BTH LOW είχε περισσότερα κόκκινα άνθη και τη λιγότερη φράουλα.



Διάγραμμα 28. Αποτελέσματα οργανοληπτικού ελέγχου των οίνων έπειτα από την εφαρμογή BTH σε σύγκριση με τον μάρτυρα (CONTROL).

### 3.4 Πολυπαραγοντική ανάλυση πτητικών συστατικών και οργανοληπτικής αξιολόγησης



Σχήμα 9. Πολυπαραγοντική ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) πτητικών συστατικών και οργανοληπτικής αξιολόγησης οίνων ποικιλίας Μούχταρο που προήλθαν από σταφύλια μετά από επεμβάσεις στον αμπελώνα με φυτορμόνες και βιοδιεγέρτες.

Ανακεφαλαιώνοντας τις μεταβλητές που μελετήθηκαν παραπάνω, με ανάλυση κύριων συνιστωσών η οποία προέκυψε από πολυπαραγοντική ανάλυση των αποτελεσμάτων των πτητικών συστατικών και της οργανοληπτικής αξιολόγησης έγινε ο χαρακτηρισμός των επεμβάσεων (Σχήμα 9).

Συγκεκριμένα, τα ABA χαρακτηρίστηκαν από οσμή φράουλας, βύσσινου και φρούτων του δάσους, υψηλή στυπτικότητα και αίσθηση πικράδας ενώ, η χημική ανάλυση των πτητικών συστατικών έδωσε αυξημένες συγκεντρώσεις ολικών λιπαρών οξέων και ολικών οξικών αιθυλεστέρων.

Οι οίνοι που δέχτηκαν επέμβαση με ΒΤΗ χαρακτηρίστηκαν από άρωμα κόκκινων ανθέων και μπαχαρικών και γευστικά από υψηλές οξύτητες. Είχαν τις πιο έντονα καφετί αποχρώσεις ενώ η χημική ανάλυση έδειξε αυξημένες συγκεντρώσεις πτητικών αλκοολών.

Επιπροσθέτως, οι οίνοι της CHT δεν ομαδοποιήθηκαν σε αντίθεση με τις άλλες επεμβάσεις. Η μεσαία δόση της χιτοζάνης χαρακτηρίστηκε από υψηλές αρωματικές εντάσεις, ενώ η υψηλή και χαμηλή δόση από υψηλές συγκεντρώσεις πτητικών οξέων, τερπενίων και γευστικά από υψηλές οξύτητες.

## 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη ασχολήθηκε με την διερεύνηση της επίδρασης της φυτοορμόνης ABA και των βιοδευγερτών CHT και BTH σε φυτά της αμπέλου της ερυθρής ποικιλίας Μούχταρο, τα οποία βρίσκονται στο Κτήμα Μουσών στην Βοιωτία. Μελετήθηκε η επίδραση τους στη χημική σύνθεση του γλεύκους αλλά και στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων οίνων.

Έγιναν προζυμωτικές μετρήσεις pH, ολικής οξύτητας και σακχαροπεριεκτικότητας για να διερευνηθεί η επίδραση των επεμβάσεων στο σταφύλι και στο γλεύκος. Μετά το πέρας της αλκοολικής ζύμωσης έγιναν οι βασικές οινολογικές αναλύσεις για τη διαμόρφωση του ποιοτικού χαρακτήρα των οίνων και τη σύγκριση των διαφορετικών επεμβάσεων. Τέλος, οι παραγόμενοι οίνοι εξετάστηκαν οργανοληπτικά από πάνελ δοκιμαστών για να διαπιστωθούν οι διαφορές τους στα οπτικά, οσφρητικά και γευστικά χαρακτηριστικά.

### 4.1 Γλεύκος

Η ποιότητα των σταφυλιών επηρεάζεται από τις βροχοπτώσεις, το φως, τη θερμοκρασία και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Ταυτόχρονα, άλλες πρακτικές καλλιέργειας, όπως οι επεμβάσεις με εξωγενείς ορμόνες, επηρεάζουν επίσης άμεσα την ποιότητα των σταφυλιών (Ju *et al.*, 2016).

Παρατηρήθηκε αύξηση του pH αλλά και της ολικής οξύτητας σε όλες τις εφαρμογές. Συγκεκριμένα, στο pH τα γλεύκη των ABA είχαν την μικρότερη αύξηση, ακολούθησαν αυτά της CHT και τέλος της BTH. Παρομοίως στην ολική οξύτητα οι μικρότερες τιμές ανήκαν στην εφαρμογή του ABA, έπειτα στην BTH και οι υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν στα γλεύκη της CHT. Η έρευνα του Hoffman (2019) και των Gutiérrez-Gamboa *et al.* (2019) συμφωνεί εν μέρει με τα αποτελέσματα όπου ο πρώτος κατέδειξε ότι η εφαρμογή ABA σε σταφύλια Pinot noir αύξησε το pH και μείωσε την ολική οξύτητα, ενώ οι δεύτεροι εξετάζοντας τη CHT στην ποικιλία Tempranillo κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μειώνεται το pH και αυξάνεται η ολική οξύτητα του μούστου. Στο ABA, η υψηλή δόση είχε την μεγαλύτερη αύξηση pH χωρίς να διαφέρει από τον μάρτυρα. Στην CHT και στην BTH υπήρξαν οι μεγαλύτερες αυξήσεις του pH και συγκεκριμένα στην μεσαία δόση της χιτοζάνης και στην χαμηλή της βενζοθειαζόλης. Στην ολική οξύτητα οι αυξήσεις όλων των τιμών κινήθηκαν σε παρόμοια επίπεδα, με το ABA LOW, CHT HIGH, BTH MEDIUM να έχουν τις υψηλότερες τιμές αύξησης σε κάθε μια εφαρμογή. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τη μελέτη του Gil (2017), όπου με την εφαρμογή BTH σε σταφύλια της ποικιλίας Monastrell και Syrah η ολική οξύτητα παρουσίασε αύξηση σε σχέση με τον μάρτυρα.

Σε ότι αφορά τα Brix των γλευκών υπήρξε αύξηση σε όλες τις εφαρμογές εκτός από τη μεσαία δόση του ABA, η οποία όμως δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τον μάρτυρα. Μεγαλύτερη αύξηση είχαν τα γλεύκη στην εφαρμογή BTH και συγκεκριμένα στην χαμηλή του δόση και μικρότερη σε αυτή του ABA. Αυτά τα αποτελέσματα ταυτίζονται με την έρευνα των Zhu *et al.*, (2016), οι οποίοι διαπίστωσαν αύξηση των Brix αλλά και μερική μείωση αναλόγως την συγκέντρωση της δόσης ABA που προστέθηκε σε σταφύλια της ποικιλίας Merlot και Cabernet Sauvignon. Επιπλέον, και η μελέτη των Ruiz Garcia *et al.* (2012), έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα που προέκυψαν διότι υποστήριξαν ότι το BTH αύξησε τα Brix των σταφυλιών της ποικιλίας Monastrell.

## 4.2 Οίνοι

Η ολική οξύτητα και το pH είναι δύο αλληλένδετες έννοιες στην ανάλυση τροφίμων και είναι καθοριστικοί παράγοντες της οξύτητας. Η οξύτητα είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία ενός κρασιού, απαραίτητη τόσο για την συντήρησή του στο χρόνο, όσο και για τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του. Προσδιορίζονται αναλυτικά με διαφορετικές μεθόδους, επηρεάζοντας τα χρωματικά και αρωματικά συστατικά, την μικροβιακή σταθερότητα και την αντιοξειδωτική ικανότητα. Η ολική οξύτητα μετρά την ποσότητα των οξέων στο κρασί, ενώ το pH την ισχύ αυτών των οξέων (Cambuti *et al.*, 2022, Nielsen, 2017).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, ο μάρτυρας είχε αρχικό pH 3,84 και ολική οξύτητα 7,23 g τρυγικού οξέος/L. Η μεγαλύτερη αύξηση της οξύτητας ήταν στο ABA ενώ στο pH σημειώθηκε στους οίνους BTH. Ειδικότερα, στο ABA υπήρξε αύξηση στις τιμές της ολικής οξύτητας των οίνων εκτός της μεσαίας δόσης. Η διατύπωση αυτή, δεν ταυτίζεται με την μελέτη του Omran (2011) όπου η εφαρμογή του ABA μείωσε σημαντικά την ολική οξύτητα, κατά 18%, σε σχέση με τον μάρτυρα σε επιτραπέζια σταφύλια. Στη CHT και στην BTH οι τιμές της ολικής οξύτητας ήταν μειωμένες σε σχέση με τον μάρτυρα. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τους Gutierrez *et al.* (2019) και τους Castro Marin & Chinnici (2020), σύμφωνα με τους οποίους η εφαρμογή της CHT εμφάνισε χαμηλότερο pH από τον μάρτυρα. Οι χαμηλότερες τιμές, οι οποίες ήταν και ίσες, παρουσιάστηκαν στη μεσαία και υψηλή δόση της ουσίας BTH και είχαν μείωση 1,6 g/L. Αντιθέτως, σε ό,τι αφορά την αύξηση του pH το ABA είχε συνολικά τις χαμηλότερες τιμές και ο οίνος BTH LOW είχε την υψηλότερη τιμή pH, αυξημένη κατά 0,33 μονάδες. Επομένως, μόνον έπειτα από την εφαρμογή της χαμηλής και υψηλής δόσης ABA παρατηρείται αύξηση της ολικής οξύτητας, ενώ, αύξηση του pH έγινε αντιληπτή σε όλους τους οίνους εκτός από τις χαμηλές δόσεις του ABA και της CHT. Σε ότι αφορά την BTH, τα αποτελέσματα συμφωνούν μερικώς με την έρευνα των Vitalini *et al.* (2014), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η BTH και η CHT αυξάνουν το pH και μειώνουν την ολική οξύτητα των παραγόμενων οίνων της ποικιλίας Gropello Gentile.

Η αλκοόλη έχει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του οίνου, στην αντοχή του στις βακτηριακές προσβολές και στην αξιολόγησή του από εμπορική, αγορανομική και φορολογική σκοπιά. Το υψηλό ποσοστό αλκοόλης δηλώνει καλύτερη ωρίμανση της πρώτης ύλης, περισσότερο στερεό υπόλειμμα και συμπίπτει σχεδόν με τις σοδειές υψηλής ποιότητας οίνου. Για να θεωρηθεί επίσης ο οίνος εμπορεύσιμος, πρέπει να περιέχει ένα ελάχιστο ποσοστό αλκοόλης που καθορίζεται νομοθετικά ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες κάθε χώρας ή περιοχής.

Ο μάρτυρας είχε αλκοολικό τίτλο 14,6 %v/v με τη μεγαλύτερη αύξηση να παρατηρείται στην BTH και συγκεκριμένα στην χαμηλή του συγκέντρωση (15 % v/v). Σε γενικές γραμμές υπήρχαν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των τιμών των αλκοολικών τίτλων των ουσιών και του μάρτυρα. Στο ABA οι τιμές αυξήθηκαν αναλογικά με την συγκέντρωση των δόσεων, αλλά μόνο το ABA HIGH αυξήθηκε σε σχέση με τον μάρτυρα. Αντιθέτως, στην CHT όσο αυξανόταν η δόση της χιτοζάνης, μειωνόταν οι τιμές του αλκοολικού τίτλου, χωρίς όμως να ξεπερνούν την τιμή του μάρτυρα, με την υψηλή δόση της CHT να έχει μειωθεί κατά 0,87 μονάδες. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με την μελέτη που διεξήχθη από τους Gutierrez *et al.* (2019), όπου παρατήρησαν χαμηλότερα επίπεδα αλκοολικού τίτλου σε σχέση με τον μάρτυρα και διαφωνούν με τους Fanzone *et al.* (2021) όπου παρατήρησαν αύξηση του αλκοολικού

τίτλου στις ποικιλίες Malbec και Bonarda έπειτα από εφαρμογή CHT. Μείωση της τιμής του αλκοολικού τίτλου έγινε αντιληπτή στην μεσαία και υψηλή δόση της BTH συμφωνώντας με την μελέτη των Vitalini *et al.* (2014) όπου παρατηρήθηκε μείωση του αλκοολικού τίτλου έπειτα από εφαρμογή BTH στην ποικιλία Gropello Gentile. Επίσης μείωση σημειώθηκε στη χαμηλή και μεσαία δόση του ABA, όπως και σε όλες τις εφαρμογές της CHT.

Η πτητική οξύτητα είναι πολύ σημαντική ποιοτική παράμετρος των οίνων καθώς η παρουσία της πτητικής οξύτητας πάνω από ορισμένα όρια υποβαθμίζει τον οίνο οργανοληπτικά δημιουργώντας αίσθηση του ξηρού και στεγνού στο στόμα καθώς και όξινη οσμή και γεύση ειδικά όταν αυτό βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της πτητικής οξύτητας που ελήφθησαν, παρατηρήθηκε μείωση της πτητικής οξύτητας στην εφαρμογή του ABA έως 0,06 g οξικού οξέος ανά λίτρο, χωρίς όμως να παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των τριών δόσεων. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με την μελέτη των Xi *et al.* (2012), όπου κατά την εφαρμογή του ABA σε οίνους Cabernet Sauvignon και στην ερυθρή ποικιλία Yan73 (*Vitis Vinifera*), παρατηρήθηκε μείωση της πτητικής οξύτητας συγκριτικά με τον μάρτυρα, χωρίς όμως να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Αντιθέτως, στις εφαρμογές της CHT και της BTH υπήρξε αύξηση, πλην, της χαμηλής δόσης του BTH όπου εμφάνισε την ίδια πτητική οξύτητα με τον μάρτυρα. Στην CHT η μεγαλύτερη αύξηση ήταν στη χαμηλή δόση κατά 0,05 μονάδες και στην BTH η μεσαία δόση, έχοντας και την υψηλότερη τιμή όλων των μετρήσεων, αυξήθηκε κατά 0,06 μονάδες. Τα αποτελέσματα της έρευνας των Fanzone *et al.* (2021) συμφωνούν μερικώς με τα παραπάνω συμπεράσματα καθώς έδειξαν η εφαρμογή CHT στην ποικιλία Bonarda προκάλεσε αύξηση της πτητικής οξύτητας ενώ στην ποικιλία Malbec προκλήθηκε μείωση της τιμής. Οι Vitalini *et al.* (2014), διαπίστωσαν μείωση της πτητικής οξύτητας με την εφαρμογή CHT και αύξηση υπό την επίδραση της BTH στην ποικιλία Gropello Gentile.

Η χρωματική ένταση αντιπροσωπεύει την ποσότητα του χρώματος. Η απόχρωση αντιπροσωπεύει την εξέλιξη του χρώματος προς το πορτοκαλί και εκφράζει το βαθμό οξειδωσης των οίνων. Όσο πιο οξειδωμένος είναι ο οίνος, τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της απόχρωσης. Οι νέοι οίνοι παρουσιάζουν τιμές απόχρωσης μεταξύ 0,5-0,7 που αυξάνεται κατά τη παλαίωση.

Παρατηρήθηκε ότι η ένταση στους οίνους ABA αυξήθηκε και συγκεκριμένα στην χαμηλή της δόση ενώ, η ένταση των οίνων CHT και BTH παρουσίασε μείωση της τάξεως έως 1,96 AU. Αντιθέτως, η απόχρωση στους οίνους ABA μειώθηκε, και στις άλλες δυο εφαρμογές παρουσιάστηκε μια σχετική αύξηση. Συμπερασματικά, μόνο η ένταση της χαμηλής δόσης του ABA αυξήθηκε, με όλες τις υπόλοιπες μετρήσεις να είναι μειωμένες σε σχέση με τον μάρτυρα. Επιπλέον, οι μετρήσεις που αφορούν την απόχρωση επέδειξαν μείωση εκτός από την CHT MEDIUM και τις τρεις δόσεις της BTH. Σύμφωνα τους Castro Marin & Chinnici, (2020) η προσθήκη χιτοζάνης στην ποικιλία Sagniovese είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της απορρόφησης που σχετίζεται με τις κίτρινες αποχρώσεις (420 nm) ανεξάρτητα από τη φυσική μορφή της προσθήκης (διαλυμένη ή στερεή). Καταγράφηκαν επίσης χαμηλότερες τιμές οπτικών πυκνοτήτων στα 520 και 620 nm. Κατά συνέπεια, η απόχρωση και η ένταση του χρώματος μειώθηκαν μετά την προσθήκη χιτοζάνης.

Σε ότι αφορά τον δείκτη φαινολικών ουσιών οι οίνοι BTH έλαβαν τις μεγαλύτερες τιμές φαινολικών συστατικών και οι οίνοι ABA τις χαμηλότερες. Παρατηρήθηκε ότι οι μεγαλύτερες δόσεις των τριών εφαρμογών είχαν και την μεγαλύτερη αύξηση έως και

12,7 AU. Η χαμηλή και μεσαία δόση του ABA παρουσίασε μείωση ενώ, στην CHT και στην BTH αύξηση σε σχέση με τον μάρτυρα. Η εφαρμογή της CHT φαίνεται να αύξησε τη τιμή του δείκτη κατ'αναλογία με τη δόση.

Σε γενικά πλαίσια, οι τιμές των ολικών ανθοκυανών παρουσίασαν αύξηση έπειτα από την εφαρμογή της κάθε ουσίας. Παρουσιάστηκε μείωση από την μεσαία και την υψηλή δόση του ABA. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Paladines *et al.* (2021) μερικές από αυτές τις ανθοκυάνες, έπειτα από εφαρμογή των φυτοδιεγερτών παρακρατούνται και δεν εξέρχονται από τα κύτταρα των φλοιών διότι οι κυτταρικές μεμβράνες τα εμποδίζουν, με αποτέλεσμα να μην εκχυλίζονται κατά τη διάρκεια της οινοποίησης. Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν συμφωνούν με τη μελέτη των Xi *et al.* (2012), όπου απέδειξαν ότι κατά την εφαρμογή ABA, οι ολικές ανθοκυάνες επιτραπέζιων σταφυλιών αυξάνονται συγκριτικά με τον μάρτυρα. Στην εφαρμογή της CHT παρατηρείται αύξηση των ολικών ανθοκυανών, με την υψηλότερη τιμή να ανήκει στην μεσαία δόση της χιτοζάνης. Τα αποτελέσματα δεν συμφωνούν με την μελέτη των Fanzone *et al.* (2021) καθώς υποστηρίζουν ότι με την εφαρμογή CHT στην ποικιλία Malbec οι ολικές ανθοκυάνες θα μειωθούν. Η μεγαλύτερη μείωση ήταν στην μεσαία δόση της βενζοθειαδιαζόλης με διαφορά 77,43 mg ανθοκυανών ανά λίτρο. Στην BTH παρατηρήθηκε αύξηση στην χαμηλή δόση της ουσίας και μείωση στην μεσαία και υψηλή. Η μελέτη των Paladines-Quezada *et al.* (2018) συμφωνεί εν μέρει με αυτό το αποτέλεσμα καθώς μέσω της μελέτης τους απέδειξαν ότι η εφαρμογή BTH στην ερυθρή ποικιλία Merlot, συνέβαλε στην αύξηση των ολικών ανθοκυανών.

Οι τανίνες του κρασιού είναι απαραίτητες για τη στυπτικότητα και τη σταθεροποίηση του χρώματος στο κόκκινο κρασί (Herderich & Smith, 2005). Η στυπτικότητα προκύπτει από αλληλεπιδράσεις τανινών με πρωτεΐνες και γλυκοπρωτεΐνες του σάλιου ή/και από επακόλουθη προσρόφηση περίσσειας τανινών στο στοματικό επιθήλιο (Cheynier & Sarni-Manchado, 2010).

Με τη μέθοδο BSA, η μεγαλύτερη αύξηση της συγκέντρωσης των τανινών παρατηρήθηκε στην BTH, έπειτα στην CHT και η μικρότερη αύξηση ήταν στο ABA. Ειδικότερα, αυτή η αύξηση της BTH ήταν διπλάσια από τις άλλες δυο ουσίες, με την χαμηλή συγκέντρωση της βενζοθειαδιαζόλης να έχει αυξηθεί κατά 26,61 mg κατεχίνης ανά λίτρο και να διαφέρει σημαντικά από τον μάρτυρα. Στο ABA, η χαμηλή δόση είχε μια μικρή αύξηση της τάξεως των 0,49 μονάδων, ενώ στην BTH, η μεσαία δόση παρουσίασε μόνο αύξηση. Μείωση της συγκέντρωσης τανινών με τη μέθοδο BSA, παρουσιάστηκε στην μεσαία και χαμηλή δόση ABA όπως και στην χαμηλή και υψηλή δόση του BTH. Άρα, με γνώμονα τη μέθοδο BSA, η εφαρμογή BTH, η χαμηλή δόση ABA και η μεσαία δόση CHT θα προσδώσουν υψηλή τανικότητα στους οίνους.

Παρομοίως, βάσει της μεθόδου MCP, οι οίνοι της BTH είχαν συνολικά τη μεγαλύτερη συγκέντρωση τανινών, μετά οι οίνοι CHT και τέλος οι οίνοι ABA. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, αύξηση παρουσιάστηκε και στις τρεις δόσεις όλων των εφαρμογών, ωστόσο δεν είχαν διαφορές από τον μάρτυρα. Το ABA LOW είχε την μεγαλύτερη αύξηση τανινών με διαφορά 372,83 mg κατεχίνης ανά λίτρο, αλλά και τη μικρότερη αύξηση στην μεσαία τη δόση με 7,43 μονάδες διαφορά από τον μάρτυρα. Στην CHT και στην BTH οι τανίνες της μεσαίας δόσης αυξήθηκαν σε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι αυτές της χαμηλής και υψηλής δόσης.

Στα χρωματογραφήματα που συλλέχθηκαν με την HPLC για τους ερυθρούς οίνους της ποικιλίας Μούχταρο, έγινε αντιληπτό ότι για όλες τις μονομερείς ανθοκυάνες η μεγαλύτερη αύξηση παρουσιάστηκε στις χαμηλές δόσεις των τριών εφαρμογών. Ειδικότερα, οι μεγαλύτερες αυξήσεις παρατηρήθηκαν στις χαμηλές και υψηλές δόσεις

των ABA και CHT. Στην δελφινιδίνη, οι μεσαίες συγκεντρώσεις των ουσιών ήταν αυτές οι οποίες μειώθηκαν περισσότερο με διαφορά έως και 0,47 mg/L. Στην BTH, εκτός της μεσαίας δόσης, μειώθηκαν και η BTH LOW και η BTH HIGH. Για την πετουινιδίνη, διαπιστώθηκε μια γενική αύξηση στα επίπεδα ανθοκυανών, εκτός από την μεσαία δόση της CHT και την μεσαία και υψηλή δόση του BTH. Σε ότι αφορά την παιονιδίνη μείωση καταγράφηκε στην CHT LOW και CHT HIGH, ενώ στην BTH καμία δόση δεν επέφερε αύξηση ανθοκυανών. Η μαλβιδίνη είχε τις υψηλότερες τιμές ανθοκυανών σε mg/L με την χαμηλή δόση του ABA να έχει την μεγαλύτερη αύξηση διαφέροντας σημαντικά από τον μάρτυρα κατά 78,27 μονάδες. Οι υπόλοιπες δόσεις του ABA αλλά και της CHT είχαν επίσης σημαντική αύξηση ανθοκυανών. Μικρή μείωση διαπιστώθηκε στη χαμηλή και υψηλή δόση της BTH χωρίς όμως να διαφέρουν στατιστικά από τον μάρτυρα.

Για τον οξικό εστέρα της μαλβιδίνης το υψηλότερο επίπεδο αύξησης ανθοκυανών είχαν οι χαμηλές δόσεις των ABA και BTH όπως και η μεσαία δόση της CHT. Οι μόνες μειώσεις σημειώθηκαν στην υψηλή και μεσαία δόση των ABA και BTH αντίστοιχα. Στον κουμαρικό εστέρα της μαλβιδίνης παρατηρήθηκαν ως επί το πλείστον αυξήσεις με την μεσαία δόση της χιτοζάνης και την χαμηλή δόση του ABA να έχουν αύξηση ανθοκυανών έως και 6,96 mg/L. Στην βενζοθειαζόλη, υπήρξε αύξηση μόνο στην χαμηλή δόση, ενώ παρατηρήθηκε μείωση των ανθοκυανών όσο αυξανόταν η δόση της ουσίας.

Συμπερασματικά, τα καλύτερα αποτελέσματα για τις μονομερείς ανθοκυανές έδωσαν οι οίνοι ABA, και για τον οξικό και κουμαρικό εστέρα της μαλβιδίνης οι οίνοι CHT. Αντιθέτως, οι οίνοι BTH και για τις δυο περιπτώσεις παρουσίασαν συνολικά την μεγαλύτερη μείωση ανθοκυανών. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με την μελέτη των Ju *et al.* (2016), οι οποίοι υποστήριξαν ότι η περιεκτικότητα σε ανθοκυανές στην ποικιλία Cabernet Sauvignon με εφαρμογή ABA αυξήθηκε και βελτίωσε την έκφραση των γονιδίων σύνθεσης της δομής και τη ρύθμιση των γονιδίων στο μονοπάτι της ανθοκυανίνης. Έτσι, η σταθερότητα της χρωστικής αυξήθηκε, επηρεάζοντας άμεσα την ποιότητα του κρασιού. Επίσης τα αποτελέσματα ταυτίζονται και με την έρευνα των Luan *et al.* (2013), όπου η διερεύνηση της επίδρασης του ABA στις ανθοκυανές των ποικιλιών Yan 73 και Cabernet Sauvignon κατέδειξε αύξηση.

Τα πτητικά συστατικά του οίνου παρουσίασαν μια γενική αύξηση συγκριτικά με τον μάρτυρα, με εξαίρεση την εφαρμογή της CHT και της BTH στα ολικά λιπαρά οξέα. Συγκεκριμένα, η υψηλή συγκέντρωση του ABA είχε και την μεγαλύτερη αύξηση πτητικών συστατικών.

Στις ανώτερες αλκοόλες μείωση παρατηρήθηκε μόνο στο ABA LOW και στις υπόλοιπες ουσίες, υπήρξε αύξηση με τη μεγαλύτερη να καταγράφεται στην CHT LOW και στο BTH MEDIUM. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με την μελέτη των Vitalini *et al.* (2014) οι οποίοι παρατήρησαν αύξηση των ολικών αλκοολών στην ποικιλία Gropello Gentile έπειτα από κατεργασία με CHT και BTH.

Στους ολικούς οξικούς εστέρες, μείωση σημείωσε το ABA LOW ενώ οι υπόλοιπες δόσεις αυξήθηκαν έως και 1,18 μονάδες. Η CHT MEDIUM και η BTH HIGH μειώθηκαν αισθητά, με τις υπόλοιπες δόσεις να αυξάνονται. Στους αιθυλεστέρες υπήρξε αύξηση σε όλες τα τιμές εκτός από την BTH HIGH χωρίς όμως να διαφέρει σημαντικά από τον μάρτυρα. Στο ABA η αύξηση έγινε κατ' αναλογία της δόσης με την μεγαλύτερη αύξηση να καταγράφεται στην υψηλή συγκέντρωση του ABA.

Στα ολικά λιπαρά οξέα μικρή μείωση είχε η χαμηλή και μεσαία δόση του ABA. Η μελέτη των Ju *et al.* (2016) κατέδειξε ότι τα λιπαρά οξέα με την επίδραση του ABA αυξήθηκαν σε σταφύλια της ποικιλίας Cabernet Sauvignon. Μείωση υπήρξε και στις τρεις δόσεις της CHT και της BTH, με την μεσαία δόση της BTH να έχει την μεγαλύτερη μείωση έως και 0,35 μονάδες.

Στην ευγενόλη όλες οι δόσεις και των τριών φυτοορμονών αυξήθηκαν διαφέροντας στατιστικά από τον μάρτυρα στην περίπτωση του ABA, της CHT και της BTH HIGH.

Παρομοίως και τα ολικά τερπένια στους οίνους αυξήθηκαν χωρίς όμως να έχουν σημαντικές διαφορές με τον μάρτυρα. Στο ABA η χαμηλή και η μεσαία δόση αυξήθηκαν το ίδιο ενώ η υψηλή αυξήθηκε κατά 0,002 μονάδες από τον μάρτυρα. Οι Huang *et al.* (2022) υποστήριξαν επίσης ότι η εφαρμογή ABA αύξησε τα επίπεδα των τερπενίων στους οίνους Pinot noir. Στους οίνους της CHT αυξήθηκαν τα ολικά τερπένια εκτός από την μεσαία δόση που δεν επηρεάστηκε. Σε ότι αφορά την επίδραση της BTH παρατηρήθηκε ότι και οι τρεις δόσεις της ουσίας αυξήθηκαν. Τα αποτελέσματα της μελέτης των Gómez-Plaza *et al.* (2012) συμφωνούν με τα παραπάνω αποτελέσματα καθώς η επίδραση της BTH σε οίνους της ποικιλίας Monastrell λειτούργησε ευεργετικά και οδήγησε σε αύξηση των ολικών τερπενίων.

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων οίνων της ερυθρής ποικιλίας Μούχταρο. Σκοπός της οργανοληπτικής εξέτασης ενός κρασιού είναι η αξιολόγηση και ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών του με σκοπό να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την ποιότητά του.

Οι οίνοι ABA χαρακτηρίστηκαν ως ιδιαίτερα αρωματικοί με έντονες αποχρώσεις συγκριτικά με τον μάρτυρα. Την μεγαλύτερη βαθμολογία για τα χαρακτηριστικά της φράουλας, των μπαχαρικών, της καραμέλας, τα κόκκινα άνθη απέσπασαν οι οίνοι με την υψηλή δόση ABA. Στους οίνους της μεσαίας δόσης επικράτησε το βύσσινο, τα φρούτα του δάσους και η βανίλια. Οι οίνοι με τη χαμηλή δόση της ουσίας απέσπασαν συνολικά την χαμηλότερη βαθμολογία στα παραπάνω χαρακτηριστικά, όμως είχαν τη μεγαλύτερη ένταση χρώματος. Την μεγαλύτερη οξύτητα, πικράδα και στυπτικότητα είχαν οι οίνοι με την υψηλή δόση του αμπισισικού οξέος.

Σύμφωνα με τους δοκιμαστές, η ένταση του χρώματος, του αρώματος και η απόχρωση των οίνων έπειτα από εφαρμογή με CHT παρουσίασε αύξηση σε σχέση με τον μάρτυρα, με τη μεσαία δόση της χιτοζάνης να συγκεντρώνει τις υψηλότερες βαθμολογίες. Οι οίνοι με τη χαμηλή δόση της CHT έλαβαν μεγαλύτερες τιμές σε ότι αφορά τα μπαχαρικά όπως και απέδωσαν υψηλότερη οξύτητα και πικράδα. Οι οίνοι της μεσαίας δόση της CHT εκτός από την υψηλότερη αξιολόγηση στα οπτικά χαρακτηριστικά των οίνων, βαθμολογήθηκαν υψηλά για τα περισσότερα αρώματα εκτός από τα μπαχαρικά και τα φρούτα του δάσους. Η υψηλή δόση της CHT απέδωσε αρώματα φρούτων στους οίνους.

Τέλος, και σε ότι αφορά τους οίνους BTH η οπτική αξιολόγηση απέδωσε υψηλές βαθμολογίες, με τους οίνους της χαμηλής δόσης να έχουν μεγαλύτερη ένταση χρώματος και αυτοί με την υψηλή δόση να έχουν μεγαλύτερη ένταση χρώματος και απόχρωση. Στον μάρτυρα εμφανίστηκαν πιο έντονα τα αρώματα της φράουλας και των φρούτων του δάσους, ενώ το άρωμα του βύσσινου δεν παρουσίασε διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των οίνων της χαμηλής και υψηλής δόσης. Οι οίνοι της χαμηλής δόσης BTH είχαν την υψηλότερη οξύτητα και την υψηλότερη βαθμολογία στα αρώματα των κόκκινων άνθεων. Οι οίνοι της μεσαίας δόσης βαθμολογήθηκαν χαμηλά και στην οπτική αλλά και στην οσφρητική αξιολόγηση, έχοντας μόνο την μεγαλύτερη



στυπτικότητα. Οι δοκιμαστές βαθμολόγησαν υψηλά για τα αρώματα μπαχαρικών, βανίλιας και καραμέλας τους οίνους όπως και για το χαρακτηριστικό της πικράδας στην υψηλή δόση της εφαρμογής ΒΤΗ.

Με βάση όσα προαναφέρθηκαν, είναι εμφανές ότι η χρήση ορμονών έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει τόσο τα χημικά όσο και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων οίνων. Το pH, η ολική οξύτητα, ο αλκοολικός τίτλος και η πτητική οξύτητα των παραγόμενων οίνων από τις τρεις ορμόνες παρουσίασαν μικρές αποκλίσεις μεταξύ τους. Οι οίνοι ΑΒΑ είχαν μεγαλύτερες εντάσεις και τις πιο έντονες καφετί αποχρώσεις και ως μέτρια τανικοί μπορούν να χαρακτηριστούν οι οίνοι ΒΤΗ. Τα αρώματα της φράουλας, του βύσσινου και των φρούτων του δάσους κυριάρχησαν στους οίνους ΑΒΑ, ενώ στους οίνους ΒΤΗ τα μπαχαρικά και τα κόκκινα φρούτα. Στην CHT δεν πραγματοποιήθηκε σαφής ομαδοποίηση σε ότι αφορά τον οργανοληπτικό χαρακτήρα των οίνων.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### 5.1 Διεθνής βιβλιογραφία

Allen M.S & Lacey M.J. (1999). «Methoxypyrazines of grapes and wines». Chapter 3. In *Chemistry of wine flavor*. ACS Symposium Series 714. *American Chemical society, Washington*. pp. 31-38.

Bakker, J. & Clarke, R.J. (2012). *Wine flavour chemistry*. 2nd edition. *Chichester: Wiley-Blackwell*.

Basra, A. S. (2000). *Plant growth regulators in agriculture and horticulture: Their role and commercial uses*. *Food Products Press*.

Bellandi, D.M. & Dorffling, K. (1974) “Effect of abscisic acid and other plant hormones on growth of apical and lateral buds of seedlings,” *Physiologia Plantarum*, 32(4), pp. 369–372.

Berger Ralf Günter. (2007) *Flavours and fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*. Berlin: Springer.

Blanco, V.Z. et al. (1998). «Effect of Processing on Phenolics of Wines». In: Shahidi, F., Ho, C.T., van Chuyen, N. (eds) *Process-Induced Chemical Changes in Food*. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol 434. Springer, Boston, MA.

Canti C.M. et al. (2007). Application of abscisic acid (ABA) at veraison advanced red color development and maintained quality of «Crimson seedless» grapes. *Postharvest. Biol. Tehnol. in press*

Carpena, M. et al. (2020) “Secondary aroma: Influence of wine microorganisms in their Aroma Profile,” *Foods*, 10(1), p. 51.

Castro Marin, A. & Chinnici, F. (2020) “Physico-chemical features of sangiovese wine as affected by a post-fermentative treatment with chitosan,” *Applied Sciences*, 10(19), p. 6877.

Cirillo, C. et al. (2021) “Counteracting the negative effects of copper limitations through the biostimulatory action of a tropical plant extract in grapevine under Pedo-climatic constraints,” *Frontiers in Environmental Science*, 9.

Chatonnet P. (1999). «Volatile and odoriferous compounds in barrel-aged wines: Impact of cooperage techniques and aging conditions». Chapter 14. *In Chemistry of wine flavor. ACS Symposium Series 714. American Chemical Society, Washington.* pp 180-207

Cheynier, V. & Sarni-Manchado, P. (2010) “Wine taste and Mouthfeel,” *Managing Wine Quality*, pp. 29–72.

Chidi, B.S. et al. (2018) “Organic acid metabolism and the impact of fermentation practices on wine acidity: A Review,” *South African Journal of Enology and Viticulture*, 39(2).

Chidi, S.B. (2016) “Organic acid metabolism: Genetic and Metabolic regulations.”

Chinnici, F., Natali, N. and Riponi, C. (2014) “Efficacy of chitosan in inhibiting the oxidation of (+)-catechin in White Wine Model Solutions,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(40), pp. 9868–9875.

Christofi, S. et al. (2021) “Reducing SO<sub>2</sub> content in wine by combining high pressure and glutathione addition,” *OENO One*, 55(1), pp. 235–252.

Clarke R.J & Bakker J.(2004).Wine flavour chemistry. Blackwell Publishing Ltd. Oxford. United Kingdom.

Colangelo, D. et al. (2018) “The use of chitosan as alternative to bentonite for wine fining: Effects on heat-stability, proteins, organic acids, colour, and volatile compounds in an aromatic white wine,” *Food Chemistry*, 264, pp. 301–309.

Dal Santo, S. et al. (2020) “Auxin treatment of grapevine (*Vitis vinifera* L.) berries delays ripening onset by inhibiting cell expansion,” *Plant Molecular Biology*, 103(1-2), pp. 91–111.

Darriet, P. et al (2012).“Aroma and aroma precursors in Grape Berry,” *The Biochemistry of the Grape Berry*, pp. 111–136.

Deis L. et al (2011). Water deficit and exogenous ABA significantly affect grape and wine phenolic composition under in field and in-vitro conditions. *Plant Growth Regul* 65:11–21.

Deytieux, C. et al. (2007). Possible roles of both abscisic acid and indol-acetic acid in controlling grape berry ripening process. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 4: 141-148.

Dos Santos, I. et al. (2022) “Direct quantification of red wine phenolics using fluorescence spectroscopy with chemometrics,” *Talanta*, 236, p. 122857.

Duan, W.P. et al. (2018) “Volatile composition and aromatic attributes of wine made with vitisvinifera l.cv cabernet sauvignon grapes in the Xinjiang region of China: Effect of different commercial yeasts,” *International Journal of Food Properties*, 21(1), pp. 1423–1441.

Duxbury, M. et al. (2004) Effect of chitosan and 5- chlorosalicylic acid on total phenolic content of grapes and wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55, 191–194.

Faqir, Y. et al. (2021) “Chitosan in modern agriculture production,” *Plant, Soil and Environment*, 67(No. 12), pp. 679–699. *Journal of Agriculture & Food Chemistry* 24331-336

Gambutu, A. et al. (2022) “How the management of ph during winemaking affects acetaldehyde, polymeric pigments and color evolution of red wine,” *Applied Sciences*, 12(5), p. 2555.

Gil, R. (2017) “Improving phenolic and chromatic characteristics of monastrell, merlot and syrah wines by using two elicitors,” *OENO One*, 51(1

Gómez-Plaza, E. et al. (2012) “Effect of benzothiadiazole and methyl jasmonate on the volatile compound composition of vitis vinifera L. Monastrell grapes and wines,” *American Journal of Enology and Viticulture*, 63(3), pp. 394–401

Gómez-Plaza, E. et al. (2016) “Effect of elicitors on the evolution of grape phenolic compounds during the ripening period,” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(3), pp. 977–983.

González, R. et al. (2018) “Abscisic acid and ethephon treatments applied to ‘verdejo’ white grapes affect the quality of wine in different ways,” *Scientia Agricola*, 75(5), pp. 381–386

Grainger, K. (2009) *Wine quality: Tasting and selection*. Chichester, U.K.: Wiley-Blackwell.

Griesser, M. et al. (2020) “Phytohormone profiles are strongly altered during induction and symptom development of the physiological ripening disorder Berry Shivel in grapevine,” *Plant Molecular Biology*, 103(1-2), pp. 141–157.

Gutiérrez-Escobar, R., et al. (2021) “Wine polyphenol content and its influence on wine quality and properties: A Review,” *Molecules*, 26(3), p. 718.

Gutiérrez-Gamboa, G. et al. (2017). Effects on grape amino acid concentration through foliar application of three different elicitors. *Food Research International*, 99, 688-692.

Gutiérrez-Gamboa, G. et al. (2019) “Changes on grape volatile composition through elicitation with methyl jasmonate, chitosan, and a yeast extract in Tempranillo (*Vitis Vinifera* L.) grapevines,” *Scientia Horticulturae*, 244, pp. 257–262.

Herderich, M.J. and Smith, P.A. (2005) “Analysis of grape and wine tannins: Methods, applications and challenges,” *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11(2), pp. 205–214.

Huang, L. et al. (2022) “Composition of pinot noir wine from grapevine red blotch disease-infected vines managed with exogenous abscisic acid applications,” *Molecules*, 27(14), p. 4520.

Iriti, M. et al. (2011). New chitosan formulation prevents grapevine powdery mildew infection and improves polyphenol content and free radical scavenging activity of grape and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17, 263–269.

Jackson R.S. (2002). *Wine tasting: a professional handbook*. Elsevier Academic Press. San Diego, California

Jackson, R. S. (2008). *Wine science: principles and applications*. Academic press.

Jiang, Y. et al. (2022) “Pre-harvest benzothiadiazole spraying promotes the cumulation of phenolic compounds in grapes,” *Foods*, 11(21), p. 3345.

Ju, Y.-L. et al. (2016) “Effect of exogenous abscisic acid and methyl jasmonate on anthocyanin composition, fatty acids, and volatile compounds of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grape berries,” *Molecules*, 21(10), p. 1354.

Kennedy, J.A., et al. (2006) “Grape and wine phenolics: History and perspective,” *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), pp. 239–248.

Kerem, Z. et al. (2004) “Rapid liquid chromatography–ultraviolet determination of organic acids and phenolic compounds in red wine and must,” *Journal of Chromatography A*, 1052(1-2), pp. 211–215.

Lacampagne S. et al. (2010). Involvement of abscisic acid in controlling the proanthocyanidin biosynthesis pathway in grape skin: New elements regarding the regulation of tannin composition and leucoanthocyanidin reductase (LAR) and anthocyanidin reductase (ANR) activities and expression. *J. Plant Growth Regul* 29:81–90.

Lacey, M.J. et al. (1991) “Methoxypyrazines in sauvignon blanc grapes and wines,” *American Journal of Enology and Viticulture*, 42(2), pp. 103–108.

Lalit M. (2022). Plant Growth and Development Hormones and Environment. *Elsevier Science* ISBN 0-12-660570-X

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

Li, J. et al. (2021) “Exogenous abscisic acid mediates berry quality improvement by altered endogenous plant hormones level in ‘ruiduhongyu’ grapevine,” *Frontiers in Plant Science*, 12.

Luan, L.Y. (2014) “Study on the Regulation of Anthocyanin Synthesis of Grape and the Quality of Wine after Brassinolide and Abscisic Acid Treatment”; *Northwest A&F University: Yangling, Shaanxi, China*, 2014.

Luan, L.Y. et al. (2014) “Comparing the effects of exogenous abscisic acid on the phenolic composition of yan 73 and cabernet sauvignon (*vitis vinifera* L.) wines,” *European Food Research and Technology*, 239(2), pp. 203–213.

Maarse H. (1991). Volatile compounds in foods and beverage. New York, Marcel Dekker

Mato, I., et al. (2005) “A review of the analytical methods to determine organic acids in grape juices and wines,” *Food Research International*, 38(10), pp. 1175–1188.

Mazza, G. et al. (1999) “Anthocyanins, phenolics, and color of cabernet franc, merlot, and pinot noir wines from British Columbia,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), pp. 4009–4017.

Monagas, M., Bartolome, B. and Gomez-Cordoves, C. (2005) “Updated knowledge about the presence of phenolic compounds in wine,” *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(2), pp. 85–118

Mujtaba, M. et al. (2020) “Chitosan-based delivery systems for plants: A brief overview of recent advances and future directions,” *International Journal of Biological Macromolecules*, 154, pp. 683–697.

Nielsen, M. & Arneborg, N. (2007) “The effect of citric acid and pH on growth and metabolism of anaerobic *saccharomyces cerevisiae* and *zygosaccharomyces bailii* cultures,” *Food Microbiology*, 24(1), pp. 101–105.

Nielsen, S.S. (2017) *Food analysis*. Cham, Switzerland: Springer.

OIV-MA-AS312-01A, Alcoholic strength by volume (Resolution Oeno 566/2016)

OIV-MA-AS313-01, Total acidity (Oeno 551/2015)

OIV-MA-AS313-02, Volatile acidity (A 11, revised by 377/2009),

Omran, Y.A.M.M. (2011) “Enhanced yield and fruit quality of redglobe grapevines by abscisic acid (ABA) and ethanol applications,” *OENO One*, 45(1), p. 13.

Orzali, L. et al. (2017) “Chitosan in agriculture: A new challenge for managing plant disease,” *Biological Activities and Application of Marine Polysaccharides*

Owens, C. (2008). «Grapes». In: Hancock, J.F. (eds) *Temperate Fruit Crop Breeding*. Springer, Dordrecht.

Paladines-Quezada, D. F et al. (2018). Influence of Methyl Jasmonate and Benzothiadiazole on the composition of grape skin cell walls and wines. *Food Chemistry*.

Paladines-Quezada, D. F et al. (2021). Application of Elicitors in Two Ripening Periods of *Vitis vinifera* L. cv Monastrell: Influence on Anthocyanin Concentration of Grapes and Wines. *Molecules*, 26(6), 1689.

Peppi, M.C et al. (2006) “Abscisic acid application timing and concentration affect firmness, pigmentation, and color of ‘Flame seedless’ grapes,” *HortScience*, 41(6), pp. 1440–1445.

Peres, R.G. et al. (2009) “Rapid method for the determination of organic acids in wine by capillary electrophoresis with indirect UV detection,” *Food Control*, 20(6), pp. 548–552.

Rademacher, W. (2015). Plant growth regulators: Backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34(4), 845–872.

Rapp, A. & Mandery, H. (1986) “Wine aroma,” *Experientia*, 42(8), pp. 873–884.

Ribéreau-Gayon Pascal et al. (2006) Handbook of Enology. the chemistry of Wine: Stabilization and treatments. Chichester: John Wiley & Sons.

Ribéreau-Gayon Pascal et al. (2006) Handbook of Enology. the microbiology of wine and Vinifications. Chichester: John Wiley & Sons.

Robles, A. et al. (2019) “Determination and identification of organic acids in wine samples. problems and challenges,” *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 120, p. 115630.

Rosenberger, C.L. and Chen, J. (2018) “To grow or not to grow: Tor and SnRK2 coordinate growth and stress response in Arabidopsis,” *Molecular Cell*, 69(1), pp. 3–4.

Ruiz-García, Y. et al. (2012) “Improving grape phenolic content and wine chromatic characteristics through the use of two different elicitors: Methyl jasmonate versus benzothiadiazole,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(5), pp. 1283–1290.

Salifu, R. et al. (2022) “Influence of benzothiadiazole on the amino acids and aroma compositions of ‘cabernet gernischt’ grapes (*vitis vinifera* L.),” *Horticulturae*, 8(9), p. 812.

Salifu, R. et al. (2022) “Application of elicitors in grapevine defense: Impact on volatile compounds,” *Horticulturae*, 8(5), p. 451



Shakirova, F.M. (2010) “Role of hormonal system in the manifestation of growth promoting and antistress action of salicylic acid,” *Salicylic Acid: A Plant Hormone*, pp. 69–89.

Shimono, M. et al. (2007) “Rice WRKY45 plays a crucial role in benzothiadiazole-inducible blast resistance,” *The Plant Cell*, 19(6), pp. 2064–2076.

Smeriglio, A. et al. (2016) “Proanthocyanidins and hydrolysable tannins: Occurrence, dietary intake and pharmacological effects,” *British Journal of Pharmacology*, 174(11), pp. 1244–1262.

Suehiro, Y. et al. (2019) “Effects of gibberellic acid/cytokinin treatments on Berry development and maturation in the yellow-green skinned ‘shine muscat’ grape,” *The Horticulture Journal*, 88(2), pp. 202–213.

Tun, O.M. et al. (2013) “The plant activator BTH promotes *Ornithogalum dubium* and *O. thyrsoides* differentiation and regeneration in vitro,” *Biologia plantarum*, 57(1), pp. 41–48.

Venkitasamy, C. et al. (2019) “Grapes,” *Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products*, pp. 133–163.

Villamor, R.R. and Ross, C.F. (2013) “Wine matrix compounds affect perception of wine aromas,” *Annual Review of Food Science and Technology*, 4(1), pp. 1–20..

Vitalini, S. et al. (2014) “The application of Chitosan and benzothiadiazole in vineyard (*Vitis vinifera* L. CV Gropello Gentile) changes the aromatic profile and sensory attributes of wine,” *Food Chemistry*, 162, pp. 192–205.

Wang, J. Y et al. (2021). On the biosynthesis and evolution of apocarotenoid plant growth regulators. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 109, 3–11

Waterhouse, A.L. (2002) “Wine phenolics,” *Annals of the New York Academy of Sciences*, 957(1), pp. 21–36.

Xi, Z.-M. et al. (2012) “Exogenously applied abscisic acid to yan73 (*V. Vinifera*) grapes enhances phenolic content and antioxidant capacity of its wine,” *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(4), pp. 444–451.

Yao, X. et al. (2022) “A one-step polyphenol removal approach for detection of multiple phytohormones from grape berry,” *Horticulturae*, 8(6), p. 548.

Zhu, L. et al. (2016) “Effects of exogenous abscisic acid on phenolic characteristics of red vitis vinifera grapes and wines,” *Food Science and Biotechnology*, 25(2), pp. 361–370.

Zoecklein, B.W. et al. (1990) “Phenolic compounds and wine color,” *Production Wine Analysis*, pp. 129–168

## 5.2 Ελληνική Βιβλιογραφία

Κοτσερίδης Γιώργος (2019). Σημειώσεις μαθήματος Οινολογία Ι, Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών Οινολογίας ΓΠΑ.

Ρούσσοι Πέτρος Α., Εργαστήριο Δενδροκομίας Γ.Π.Α., Φωτορυθμιστικές ουσίες. Παρουσιάσεις θεωρίας 5<sup>ου</sup> εξαμήνου.

Σεχάντε Α. (2021) Χημεία Οίνου. Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής. Σχολή Επιστημών Τροφίμων. Τμήμα Επιστημών Οίνου, Αμπέλου και Ποτών.

Σουφλερός Ε. (2015). Οινολογία, Επιστήμη και τεχνολογία. 3<sup>η</sup> έκδοση, Θεσσαλονίκη.

Τσακίρης, Α. (2020) Οινολογία. Από το σταφύλι στο κρασί, 4<sup>η</sup> Έκδοση. Αθήνα: Εκδόσεις Ψύχαλου.

## 5.3 Ιστοσελίδες

[www.musesestate.com](http://www.musesestate.com).

<http://www.botilia.gr>

[www.oinotipo.gr](http://www.oinotipo.gr)

## 6. Παράρτημα

Πίνακας I. Μετρήσεις στο γλεύκος

	pH		Ολική Οξύτητα (g τρυγικού οξέος/L)		Περιεκτικότητα Σακχάρων (°Brix)	
CONTROL	3,37	± 0,10 a	7,6	± 0,25 b	23,93	± 1,03 a
ABA LOW	3,37	± 0,10 a	8,73	± 0,62 a	23,93	± 1,14 a
ABA MEDIUM	3,46	± 0,11 a	8,53	± 0,53 ab	23,5	± 0,57 a
ABA HIGH	3,5	± 0,09 a	8,1	± 0,16 ab	24,4	± 0,24 a
CONTROL	3,37	± 0,10 b	7,6	± 0,25 b	23,93	± 1,03 a
CHT LOW	3,41	± 0,15 ab	8,3	± 0,18 c	24,33	± 0,71 a
CHT MEDIUM	3,63	± 0,09 a	8,83	± 0,43 ac	24,3	± 0,50 a
CHT HIGH	3,52	± 0,19 ab	8,88	± 0,35 a	23,9	± 0,92 a
CONTROL	3,37	± 0,10 c	7,6	± 0,25 b	23,93	± 1,03 a
BTH LOW	3,79	± 0,08 a	8,58	± 0,31 a	24,83	± 0,90 a
BTH MEDIUM	3,51	± 0,08 bc	8,78	± 0,80 a	24,17	± 0,97 a
BTH HIGH	3,62	± 0,07 b	8,6	± 0,19 a	24,17	± 0,26 a

Πίνακας II. Μετρήσεις στον οίνο

	pH		Ολική Οξύτητα (g /L)	
CONTROL	3,84	± 0,17 a	7,23	± 0,89 a
ABA LOW	3,64	± 0,23 a	8,15	± 0,95 a
ABA MEDIUM	3,87	± 0,15 a	7,13	± 0,60 a
ABA HIGH	3,92	± 0,24 a	7,33	± 0,98 a
CONTROL	3,84	± 0,17 a	7,23	± 0,89 a
CHT LOW	3,67	± 0,31 a	6,7	± 0,86 ab
CHT MEDIUM	4,03	± 0,11 a	5,63	± 0,06 b
CHT HIGH	3,85	± 0,36 a	5,63	± 1,06 ab
CONTROL	3,84	± 0,17 b	7,23	± 0,89 a
BTH LOW	4,17	± 0,09 a	6,33	± 0,04 a
BTH MEDIUM	3,84	± 0,18 b	6,1	± 0,57 ab
BTH HIGH	3,98	± 0,05 b	5,65	± 0,19 b

Πίνακας III. Αλκοολικός Τίτλος και Πτητική Οξύτητα των οίνων

	Αλκοολικός Τίτλος (v/v%)		Πτητική Οξύτητα (g οξικού οξέος/L)	
CONTROL	14,6	± 0,16 a	0,27	± 0,03 a
ABA LOW	13,87	± 0,62 a	0,21	± 0,10 a
ABA MEDIUM	14	± 0,28 a	0,24	± 0,01 a
ABA HIGH	14,73	± 0,41 a	0,25	± 0,01 a
CONTROL	14,6	± 0,16 a	0,27	± 0,03 a
CHT LOW	14,47	± 0,41 ab	0,32	± 0,05 a
CHT MEDIUM	14,2	± 0,43 ab	0,28	± 0,04 a
CHT HIGH	13,73	± 0,41 b	0,31	± 0,04 a
CONTROL	14,6	± 0,16 ab	0,27	± 0,03 b
BTH LOW	15	± 0,43 a	0,27	± 0,02 b
BTH MEDIUM	14,27	± 0,68 ab	0,33	± 0,01 a
BTH HIGH	13,93	± 0,19 b	0,29	± 0,01 b

Πίνακας IV. Ένταση και Απόχρωση των οίνων

	Ένταση (AU)		Απόχρωση (AU)	
CONTROL	15,94	± 4,59 a	0,61	± 0,09 a
ABA LOW	17,84	± 0,25 a	0,51	± 0,10 a
ABA MEDIUM	14,52	± 2,59 a	0,58	± 0,06 a
ABA HIGH	15,91	± 1,50 a	0,61	± 0,08 a
CONTROL	15,94	± 4,59 a	0,61	± 0,09 a
CHT LOW	15,12	± 0,29 a	0,59	± 0,14 a
CHT MEDIUM	15,38	± 2,48 a	0,72	± 0,07 a
CHT HIGH	15,63	± 1,65 a	0,65	± 0,16 a
CONTROL	15,94	± 4,59 a	0,61	± 0,09 b
BTH LOW	15,1	± 1,32 a	0,75	± 0,03 ab
BTH MEDIUM	13,98	± 0,71 a	0,73	± 0,07 a
BTH HIGH	14,55	± 2,05 a	0,76	± 0,03 ab

Πίνακας V. Δείκτης φαινολικών ουσιών και Ολικές ανθοκυάνες των οίνων

	Δείκτης Φαινολικών Ουσιών (AU)		Ολικές Ανθοκυάνες (mg ανθοκυανών/L)	
CONTROL	36,25	± 3,80 b	303,18	± 21,80 a
ABA LOW	34,62	± 3,01 b	330,6	± 28,90 a
ABA MEDIUM	33,98	± 0,02 b	293,27	± 65,70 a
ABA HIGH	46,97	± 2,61 a	331,04	± 46,06 a
CONTROL	36,25	± 3,80 b	303,18	± 21,80 b
CHT LOW	37,88	± 2,36 b	304,78	± 55,55 b
CHT MEDIUM	42,25	± 1,76 b	442,6	± 25,52 a
CHT HIGH	48,95	± 2,94 a	387,19	± 36,81 ab
CONTROL	36,25	± 3,80 a	303,18	± 21,80 a
BTH LOW	44,97	± 6,67 a	325,64	± 35,77 a
BTH MEDIUM	40,75	± 7,15 a	225,75	± 32,49 b
BTH HIGH	46,38	± 4,40 a	285,25	± 37,70 ab

Πίνακας VI. Συγκέντρωση τανινών BSA- MCP

	Συγκέντρωση τανινών με δέσμευση απο πρωτείνες- BSA (mg κατεχίνης/L)		Συγκέντρωση τανινών με προσθήκη μεθυλοκυτταρίνης – MCP (mg κατεχίνης/L)	
CONTROL	19,13	± 11,35 a	562,5	± 159,63 a
ABA LOW	19,62	± 1,67 a	935,33	± 432,21 a
ABA MEDIUM	16,18	± 5,52 a	555,07	± 204,85 a
ABA HIGH	10,18	± 1,24 a	780,72	± 57,14 a
CONTROL	19,13	± 11,35 a	562,5	± 159,63 a
CHT LOW	17,27	± 4,65 a	615,59	± 94,62 a
CHT MEDIUM	20,66	± 1,61 a	713,84	± 215,09 a
CHT HIGH	11,92	± 0,67 a	613,55	± 148,13 a
CONTROL	19,13	± 11,35 b	562,5	± 159,63 a
BTH LOW	45,74	± 6,77 a	735,5	± 253,82 a
BTH MEDIUM	29,89	± 5,80 ab	889,43	± 170,51 a
BTH HIGH	25,32	± 6,46 b	815,59	± 42,21 a

Πίνακας VIIa. Ανθοκάνες με HPLC

	Δελφινιδίνη (σε ισοδύναμα μαλβιδίνης σε mg/L)		Πετουνιδίνη (σε ισοδύναμα μαλβιδίνης σε mg/L)		Πεονιδίνη (σε ισοδύναμα μαλβιδίνης σε mg/L)		Μαλβιδίνη (σε ισοδύναμα μαλβιδίνης σε mg/L)	
CONTROL	5,08	± 0,55 b	55,45	± 6,92 b	6,97	± 2,36 a	493,53	± 9,84 b
ABA LOW	5,95	± 0,20 a	74,95	± 6,88 a	10,83	± 2,75 a	571,8	± 4,43 a
ABA MEDIUM	4,61	± 0,52 b	60,46	± 5,17 b	6,98	± 2,04 a	526,34	± 45,70 ab
ABA HIGH	5,38	± 0,60 ab	66,39	± 8,95 ab	7,02	± 2,63 a	534,81	± 46,76 ab
CONTROL	5,08	± 0,55 a	55,45	± 6,92 a	6,97	± 2,36 a	493,53	± 9,84 b
CHT LOW	5,2	± 0,60 a	61,7	± 3,44 a	6,93	± 1,93 a	530,02	± 11,08 a
CHT MEDIUM	4,96	± 0,27 a	54,66	± 4,08 a	5,05	± 0,97 a	530,69	± 25,74 ab
CHT HIGH	5,31	± 0,55 a	58,36	± 7,41 a	7,46	± 3,34 a	551,9	± 30,69 a
CONTROL	5,08	± 0,55 a	55,45	± 6,92 a	6,97	± 2,36 a	493,53	± 9,84 a
BTH LOW	5,01	± 0,27 a	61,88	± 7,22 a	6,02	± 0,10 a	527,59	± 41,52 a
BTH MEDIUM	4,72	± 0,48 a	50,59	± 7,14 a	6,06	± 0,84 a	469,04	± 30,94 a
BTH HIGH	4,98	± 0,30 a	49,09	± 7,72 a	5,48	± 0,62 a	481,74	± 56,68 a

Πίνακας VIIb. Ανθοκάνες με HPLC

	Οξικός εστέρας της Μαλβιδίνης (σε ισοδύναμα μαλβιδίνης σε mg/L)		Κουμαρικός εστέρας της Μαλβιδίνης (σε ισοδύναμα μαλβιδίνης σε mg/L)	
CONTROL	22,01	± 6,82 a	12,9	± 1,41 b
ABA LOW	26,97	± 3,74 a	18,17	± 0,28 a
ABA MEDIUM	25,64	± 11,05 a	15,89	± 2,37 ab
ABA HIGH	17,69	± 14,05 a	15,71	± 2,58 ab
CONTROL	22,01	± 6,82 a	12,9	± 1,41 a
CHT LOW	27,34	± 2,85 a	14,31	± 0,62 a
CHT MEDIUM	29,44	± 1,09 a	19,86	± 5,68 a
CHT HIGH	27,31	± 1,81 a	14,82	± 2,85 a
CONTROL	22,01	± 6,82 a	12,9	± 1,41 ab
BTH LOW	25,8	± 1,96 a	15,16	± 0,67 a
BTH MEDIUM	21,28	± 2,03 a	11	± 0,63 b
BTH HIGH	23	± 3,53 a	10,73	± 2,25 b

Πίνακας VIIIa. Πτητικά συστατικά του οίνου

	Ολικές Ανώτερες Αλκοόλες		Ολικοί Οξικοί εστέρες		Ολικοί Αιθυλεστέρες	
CONTROL	70,57	± 0,65 b	2,01	± 0,00 c	0,55	± 0,00 b
ABA LOW	68,78	± 28,14 ab	1,4	± 0,40 b	0,64	± 0,03 a
ABA MEDIUM	82,45	± 17,33 ab	2,19	± 0,71 abc	0,67	± 0,10 a
ABA HIGH	109,42	± 30,99 a	3,19	± 0,48 a	0,8	± 0,17 a
CONTROL	70,57	± 0,65 b	2,01	± 0,00 b	0,55	± 0,00 b
CHT LOW	107,14	± 4,13 a	3,3	± 0,42 a	0,56	± 0,01 b
CHT MEDIUM	93,78	± 11,31 ab	1,7	± 0,29 b	0,56	± 0,04 b
CHT HIGH	99,67	± 5,88 ab	2,89	± 0,13 a	0,68	± 0,06 a
CONTROL	70,57	± 0,65 b	2,01	± 0,00 b	0,55	± 0,00 a
BTH LOW	98,74	± 3,55 c	3,22	± 0,72 a	0,58	± 0,08 a
BTH MEDIUM	106,38	± 2,20 a	2,5	± 0,54 ab	0,55	± 0,07 a
BTH HIGH	95,4	± 11,91 ac	1,61	± 0,76 b	0,48	± 0,05 a

Πίνακας VIIIb. Πτητικά συστατικά του οίνου

	Ολικά Λιπαρά Οξέα		Πτητικές Φαινόλες (Ευγενόλη)		Ολικά τερπένια	
CONTROL	1,4	± 0,11 a	0,03	± 0,000 b	0,037	± 1,2E-05 b
ABA LOW	1,39	± 0,22 a	0,04	± 0,003 a	0,038	± 7,2E-04 ab
ABA MEDIUM	1,31	± 0,17 a	0,04	± 0,000 c	0,038	± 1,2E-03 ab
ABA HIGH	1,4	± 0,33 a	0,04	± 0,002 a	0,039	± 7,4E-04 a
CONTROL	1,4	± 0,11 a	0,03	± 0,000 b	0,037	± 1,2E-05 b
CHT LOW	1,2	± 0,14 a	0,04	± 0,003 a	0,039	± 9,2E-04 ab
CHT MEDIUM	1,24	± 0,04 a	0,04	± 0,001 a	0,037	± 5,0E-04 b
CHT HIGH	1,3	± 0,07 a	0,04	± 0,001 a	0,039	± 2,4E-04 a
CONTROL	1,4	± 0,11 a	0,03	± 0,000 b	0,037	± 1,2E-05 a
BTH LOW	1,2	± 0,14 ab	0,04	± 0,003 ab	0,038	± 1,1E-03 a
BTH MEDIUM	1,05	± 0,10 a	0,04	± 0,002 ab	0,04	± 4,4E-03 a
BTH HIGH	1,21	± 0,07 ab	0,04	± 0,001 a	0,038	± 1,1E-03 a

Πίνακας ΙΧ. Οργανοληπτική αξιολόγηση, βαθμολογία περιγραφικών κριτηρίων.

	Ένταση χρώματος	Απόχρωση	Ένταση αρώματος	Φράουλα	Βύσσινο	Φρούτα του δάσους	Μπαχαρικά (Πιπέρι, Γαρύφαλλο)	Καραμέλα	Βανίλια	Κόκκινα Άνθη (Βιολέτα)	Οξύτητα	Πικράδα	Στυπτικότητα
CON	6,31	3,17	5,71	5,23	5,68	5,38	3,05	3,64	2,8	3,95	4,51	3,24	3,48
ABA L	6,98	3,23	6,17	4,93	5,92	5,89	3,28	3,7	2,78	4,15	5,07	3,65	4,2
ABA M	6,94	3,52	6,41	5,37	6,47	6,12	3,09	3,98	3,25	3,96	4,55	4	4,05
ABA H	7,26	3,52	6,42	5,7	6,08	5,96	3,36	3,99	3,14	4,31	4,67	4,25	4,13
CON	6,19	3,04	5,64	4,73	5,84	5,33	3,33	4,09	2,97	3,86	4,4	3,55	3,09
CHT L	6,43	3,25	6,04	5,16	5,78	5,48	3,87	4,01	3,00	3,87	5,1	3,84	3,24
CHT M	7,86	3,69	7,04	5,85	5,88	5,52	3,77	6,19	3,96	4,17	4,52	3,76	3,67
CHT H	6,87	3,44	6,09	5,45	5,87	5,8	3,25	3,88	2,65	4,05	4,99	3,48	3,63
CON	7,21	3,00	5,92	5,33	5,83	5,83	3,38	3,96	2,92	4,13	4,96	2,96	2,83
BTH L	7,79	4,25	6,13	5,00	5,83	5,42	3,46	3,71	2,71	4,42	5,21	3,46	3,29
BTH M	7,29	4,04	6,08	5,08	5,67	5,58	3,50	2,83	2,46	4,25	5,17	3,42	3,58
BTH H	7,50	4,63	6,42	5,17	5,83	4,79	3,58	4,04	3,25	4,29	4,96	3,58	3,46



Πίνακας X. Συνολική βαθμολογία των τριών εφαρμογών στον οργανοληπτικό έλεγχο.

	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ
CONTROL	56,15
ABA LOW	59,95
ABA MEDIUM	61,71
ABA HIGH	62,79
CONTROL	56,06
CHT LOW	59,07
CHT MEDIUM	65,88
CHT HIGH	59,45
CONTROL	58,26
BTH LOW	60,68
BTH MEDIUM	58,95
BTH HIGH	61,5

Πίνακας XI. Αποτελέσματα πολυπαραγοντικής ανάλυσης στις χημικές αναλύσεις και στις ανθοκύανες με HPLC των συνιστωσών του γλεύκους και των οίνων PRIN1 και PRIN2.

	PRIN1	PRIN2
mpH	0,37165	0,25153
Brix	0,27096	0,23212
mOO	0,12653	0,2511
pH	0,33989	0,17692
OO	-0,34382	0,04288
EtOH	0,13411	0,0017
VA	0,24302	-0,31488
A	0,41049	-0,03244
E	-0,28647	0,38903
ΔΦΟ	0,28172	0,20093
MCP	0,0452	0,19215
BSA	0,27411	0,05347
TA	-0,0008	0,47408
AHPLC	-0,23354	0,4798

Πίνακας XII. Αποτελέσματα πολυπαραγοντικής ανάλυσης στα πτητικά συστατικά και στην οργανοληπτική αξιολόγηση των συνιστωσών των οίνων PRIN1 και PRIN2.

	PRIN1	PRIN2
Col Int	-0,02259	0,38178
Hue	-0,22064	0,28697
Ar Int	0,20794	0,38025
Strw	0,28977	0,19836
Sour Ch	0,32884	0,02795
For Fr	0,29795	-0,13282
Spic	-0,14044	0,32835
Car	0,20305	0,27331
Van	0,23611	0,2855
Red Blos	-0,10594	0,24692
Acid	-0,31639	0,02566
Biter	0,3073	0,15862
Astrig	0,33294	-0,06081
Alcs	-0,10183	0,2639
Acs	-0,06605	0,00526
EtEs	0,30393	-0,07141
Fas	0,29238	-0,22175
Eug	0,02826	0,30179
Terps	0	0

Πίνακας XIII. Επεξήγηση συμβόλων της πολυπαραγοντικής ανάλυσης στις χημικές αναλύσεις και στις ανθοκυάνες με HPLC του γλεύκους και των οίνων.

<b>Γλεύκος</b>	
<b>mpH</b>	pH
<b>Brix</b>	Brix
<b>mOO</b>	Ολική οξύτητα
<b>Οίνοι</b>	
<b>pH</b>	pH
<b>OO</b>	Ολική οξύτητα
<b>EtOH</b>	Αλκοολικός τίτλος
<b>VA</b>	Πτητική οξύτητα
<b>A</b>	Απόχρωση
<b>E</b>	Ένταση
<b>ΔΦΟ</b>	Δείκτης φαινολικών ουσιών
<b>MCP</b>	Τανίνες MCP
<b>BSA</b>	Τανίνες BSA
<b>TA</b>	Ολικές ανθοκυάνες
<b>ΔHPLC</b>	Ανθοκυάνες με HPLC

Πίνακας XIV. Επεξήγηση συμβόλων της πολυπαραγοντικής ανάλυσης στα πτητικά συστατικά και στην οργανοληπτική αξιολόγηση των οίνων.

Οίνοι	
<b>Col Int</b>	Ένταση χρώματος
<b>Hue</b>	Απόχρωση
<b>Ar Int</b>	Ένταση αρώματος
<b>Strw</b>	Φράουλα
<b>Sour Ch</b>	Βύσσινο
<b>For Fr</b>	Φρούτα του δάσους
<b>Spic</b>	Μπαχαρικά (πιπέρι, γαρύφαλλο)
<b>Car</b>	Καραμέλα
<b>Van</b>	Βανίλια
<b>Red Blos</b>	Κόκκινα άνθη (Βιολέτα)
<b>Acid</b>	Οξύτητα
<b>Biter</b>	Πικράδα
<b>Astrig</b>	Στυπτικότητα
<b>Alcs</b>	Αλκοόλες
<b>Acs</b>	Οξικοί αιθυλεστέρες
<b>EtEs</b>	Αιθυλεστέρες
<b>Fas</b>	Λιπαρά οξέα
<b>Eug</b>	Ευγενόλη
<b>Terps</b>	Τερπένια