



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΜΠΕΛΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΟΜΕΙΣ ΑΙΧΜΗΣ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
& ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ»**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση καλλιεργητικών επεμβάσεων στα ποιοτικά
και ποσοτικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας Ρομπόλα (*Vitis vinifera* L.)
στο terroir της Κεφαλονιάς

Σοφία Φ. Παπαηλίου

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Κατερίνα Μπινιάρη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

**ΑΘΗΝΑ
2025**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΜΠΕΛΟΛΟΓΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση καλλιεργητικών επεμβάσεων στα ποιοτικά
και ποσοτικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας Ρομπόλα (*Vitis vinifera* L.)
στο terroir της Κεφαλονιάς

“Effect of vineyard management practices on the qualitative and quantitative
characteristics of the Robola Variety’s grape berries (*Vitis vinifera* L.)
in the terroir of Kefalonia”

Σοφία Φ. Παπαηλίου

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Κατερίνα Μπινιάρη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Γ.Π.Α. (Επιβλέπουσα)

Μαριτίνα Σταυρακάκη, Επίκουρη Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

Δέσποινα Μπούζα, Μέλος Ε.ΔΙ.Π. Γ.Π.Α.

Επίδραση καλλιεργητικών επεμβάσεων στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας Ρομπόλα (*Vitis vinifera* L.) στο terroir της Κεφαλονιάς

Π.Μ.Σ. Τομείς Αιχμής & Καινοτόμες Εφαρμογές στην Παραγωγή & Συντήρηση Οπωροκηπευτικών & Ανθοκομικών Ειδών

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Αμπελογαίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή μελετήθηκε η επίδραση των καλλιεργητικών επεμβάσεων στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας Ρομπόλα, υπό τις συνθήκες του terroir της Κεφαλονιάς. Η συλλογή των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε το 2023, κατά το στάδιο της τεχνολογικής ωρίμανσης των ραγών από αμπελώνα στην περιοχή Λανού της Κεφαλονιάς.

Πραγματοποιήθηκαν μηχανικές αναλύσεις των ραγών (βάρος, μήκος, πλάτος ραγών, ποσοστό βάρους φλοιών, σάρκας, γιγάρτων και ποσοστό υγρασίας ραγών), αλλά και μετρήσεις των γλευκογραφικών χαρακτηριστικών (pH, Brix, ογκομετρούμενη οξύτητα). Στη συνέχεια, παρασκευάστηκαν τα εκχυλίσματα των φλοιών και των γιγάρτων και ακολούθησαν οι μετρήσεις των φαινολικών συστατικών. Οι μετρήσεις των ολικών φαινολικών συστατικών, φλαβονοειδών, φλαβονών και φλαβονολών, φλαβανολών, ορθο-διφαινολών και συμπυκνωμένων ταννινών πραγματοποιήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο, όπως επίσης και οι μετρήσεις των ολικών αντιοξειδωτικών με τις μεθόδους FRAP και DPPH. Τα μεμονωμένα οργανικά οξέα και τα σάκχαρα του γλεύκους μετρήθηκαν με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, οι καλλιεργητικές επεμβάσεις δεν επηρέασαν σημαντικά τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των σταφυλιών κατά το πρώτο έτος του πειράματος. Αν και απαιτείται η λήψη μετρήσεων για περισσότερες καλλιεργητικές περιόδους, οι παρατηρούμενες τάσεις υποδεικνύουν ότι είναι εφικτή η υιοθέτηση βιώσιμων και περιβαλλοντικά φιλικών καλλιεργητικών πρακτικών, χωρίς να υποβαθμίζεται η ποιότητα του σταφυλιού, άρα και του παραγόμενου οίνου.

Επιστημονική Περιοχή: Αμπελουργία

Λέξεις κλειδιά: *Vitis vinifera* L., Ρομπόλα, Φαινολικές ενώσεις, Αντιοξειδωτικά, Φωτοσύνθεση, Terroir

Effect of vineyard management practices on the qualitative and quantitative characteristics of the Robola variety's grape berries (*Vitis vinifera* L.) in the terroir of Kefalonia

MSc Top Sectors & Innovative Applications in Production & Maintenance of Fruit, Vegetable & Floricultural Species
Faculty of Crop Science
Laboratory of Viticulture

ABSTRACT

In the present thesis, the effect of viticultural practices on the qualitative and quantitative characteristics of Robola variety was studied, under the conditions of the terroir of Kefalonia. The samples were collected in 2023, during the technological ripening stage of the grape berries, from a vineyard in “Lanou” area of Kefalonia.

Mechanical analyses of the berries were conducted (weight, length, width of berries, percentage of skin, flesh, seeds and water content of berries), as well as measurements of the grape must (pH, Brix, titratable acidity). The extracts of the skins and seeds were then prepared, followed by the measurements of phenolic compounds. Measurements of total phenolic compounds, flavonoids, flavones and flavonols, flavanols, ortho-diphenols and concentrated tannins were carried out in a spectrophotometer, as well as measurements of total antioxidants by FRAP and DPPH methods. The must's main organic acids and sugars were measured by High Performance Liquid Chromatography (HPLC).

According to the study's results, the viticultural practices did not significantly affect the grapes' qualitative and quantitative characteristics during the first year of the experiment. Although measurements for more growing seasons are required, the observed trends indicate that it is possible to adopt sustainable and environmentally friendly viticultural practices, without compromising the quality of the grapes and therefore the quality of the wine produced.

Scientific area: Viticulture

Keywords: *Vitis vinifera* L., Robola, Phenolic compounds, Antioxidants, Photosynthesis, Terroir.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο Αμπελολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, υπό την επίβλεψη της Αναπληρώτριας Καθηγήτριας και Διευθύντριας του Εργαστηρίου Αμπελολογίας Κατερίνας Μπινιάρη. Θα ήθελα να την ευχαριστήσω θερμά για τις υποδείξεις και την υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου.

Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά την κα. Δέσποινα Μπούζα, μέλος Ε.ΔΙ.Π. του εργαστηρίου Αμπελολογίας, και την κα. Μαριτίνα Σταυρακάκη, Επίκουρη Καθηγήτρια του εργαστηρίου Αμπελολογίας για τις πολύτιμες συμβουλές και την αμέριστη υποστήριξή τους.

Ιδιαίτερος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διδάκτορα Ιωάννη Δασκαλάκη, για την ουσιαστική και αδιάκοπη καθοδήγησή του στο εργαστήριο, χωρίς την οποία δεν θα ήταν εφικτή η ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ από καρδιάς την οικογένεια, τους φίλους και τους δικούς μου ανθρώπους, για τη διαχρονική και σταθερή τους υποστήριξη, κατανόηση και ενθάρρυνση σε αυτό, αλλά και σε κάθε βήμα της ζωής μου.

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

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	18
1.1. Ιστορία και εξάπλωση της αμπέλου	18
1.2. Το terroir της Κεφαλονιάς.....	20
1.3. Ρομπόλα	20
1.4. Αμπελογραφικοί χαρακτήρες και φαινολογικά στάδια	21
1.5. Ιδιότητες και καλλιεργητική συμπεριφορά	22
1.6. Φαινολικές ενώσεις.....	23
1.7. Φλαβονοειδείς φαινόλες	24
1.7.1. Φλαβόνες.....	24
1.7.2. Φλαβονόλες.....	25
1.7.3. Φλαβανόλες.....	25
1.7.4. Ανθοκυάνες	26
1.7.5. Συμπυκνωμένες Ταννίνες.....	26
1.7.6. Ορθο-διφαινόλες	27
1.8. Μη φλαβονοειδείς φαινόλες	28
1.9. Σάκχαρα	28
1.10. Οργανικά οξέα	30
1.11. Αντιοξειδωτικά	32
1.12. Καλλιεργητικές επεμβάσεις	34
1.12.1. Λίπανση.....	34
1.12.2. Κατεργασία εδάφους.....	36
1.12.3. Εφαρμογή κομπόστ οиноποίησης.....	37
1.13. Φωτοσύνθεση.....	38
2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	41
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	42

3.1. Ποικιλία – Πειραματικό Υλικό	42
3.2. Αμπελώνας	42
3.3. Δειγματοληψία – Χειρισμός του υλικού	43
3.4. Μηχανικές αναλύσεις ραγών	45
3.4.1. Μέσο βάρος ράγας	45
3.4.2. Μέσο μήκος και πλάτος ραγών	45
3.4.3. Ποσοστό υγρασίας και ξηράς ουσίας.....	45
3.5. Μέτρηση γλευκογραφικών χαρακτηριστικών.....	45
3.5.1. Μέτρηση σακχαροπεριεκτικότητας (°Brix) με χρήση διαθλασίμετρου	45
3.5.2. Μέτρηση ενεργού οξύτητας (pH)	47
3.5.3. Ποσοτικός προσδιορισμός της ολικής οξύτητας.....	48
Αρχή της μεθόδου	48
Αντιδραστήρια.....	48
Διαδικασία Μέτρησης.....	49
Έκφραση Αποτελεσμάτων	49
3.6. Προσδιορισμός φαινολικών συστατικών στους φλοιούς και στα γίγαρτα με τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας	49
3.6.1. Προετοιμασία δειγμάτων	49
Εκχύλιση φλοιών.....	49
Εκχύλιση γιγάρτων.....	51
Αραίωση.....	53
3.6.2. Μέτρηση φαινολικών ενώσεων με τη μέθοδο Hland	53
Αρχή της μεθόδου	53
Αντιδραστήρια.....	53
Προετοιμασία δειγμάτων	54

Διαδικασία μέτρησης	54
Υπολογισμός ολικών φαινολικών ενώσεων.....	55
3.6.3. Μέτρηση συμπυκνωμένων ταννινών με μεθυλική κυτταρίνη (Methyl-cellulose) .	55
Αρχή της μεθόδου	55
Αντιδραστήρια.....	56
Διαδικασία μέτρησης	56
Υπολογισμός συμπυκνωμένων ταννινών με μεθυλική κυτταρίνη.....	57
3.6.4. Μέτρηση των ολικών φλαβονοειδών ενώσεων με τη μέθοδο του χλωριούχου αργιλίου ($AlCl_3$)	58
Αρχή της μεθόδου	58
Αντιδραστήρια.....	58
Προετοιμασία δειγμάτων	59
Διαδικασία μέτρησης	59
Υπολογισμός ολικών φλαβονοειδών ενώσεων	60
3.6.5. Μέτρηση των ολικών φλαβανολών με τη μέθοδο της 4-διμεθυλ-αμμινοκινναμωνικής αλδεΐδης (4-DMACA).....	60
Αρχή της μεθόδου	60
Αντιδραστήρια.....	61
Προετοιμασία δειγμάτων	61
Διαδικασία μέτρησης	62
Υπολογισμός ολικών φλαβανολών	63
3.6.6. Μέτρηση των ολικών φλαβονών και φλαβονολών με τη μέθοδο του χλωριούχου αργιλίου ($AlCl_3$)	63
Αρχή της μεθόδου	63
Αντιδραστήρια.....	63
Προετοιμασία δειγμάτων	63

Διαδικασία μέτρησης	63
Υπολογισμός ολικών φλαβονών και φλαβονολών	64
3.6.7. Μέτρηση ολικών ο – διφαινολών με τη μέθοδο Roussos & Pontikis	65
Αρχή της μεθόδου	65
Αντιδραστήρια.....	65
Προετοιμασία δειγμάτων	65
Διαδικασία μέτρησης	65
3.6.8. Προσδιορισμός αντιοξειδωτικής ικανότητας με τη μέθοδο της αντιοξειδωτικής ισχύος αναγωγής τρισθενούς σιδήρου (FRAP).....	66
Αρχή της μεθόδου	66
Αντιδραστήρια.....	66
Προετοιμασία δειγμάτων	66
Διαδικασία μέτρησης	66
3.6.9. Προσδιορισμός αντιοξειδωτικής ικανότητας με τη μέθοδο DPPH	67
Αντιδραστήρια.....	67
Προετοιμασία δειγμάτων	67
Διαδικασία μέτρησης	68
3.6.10. Προσδιορισμός μεμονωμένων οργανικών οξέων με HPLC	68
Προετοιμασία δειγμάτων	68
Διαδικασία μέτρησης	68
3.6.11. Εκχύλιση και προσδιορισμός διαλυτών σακχάρων.....	69
Προετοιμασία δειγμάτων	69
Διαδικασία της μέτρησης.....	69
3.6.12. Μέτρηση της φωτοσύνθεσης των πρέμνων στον αμπελώνα	70
4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	71

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	72
5.1. Μηχανικές αναλύσεις ραγών	72
5.2. Γλυκογραφικά χαρακτηριστικά	74
5.3. Ολικές φαινολικές ενώσεις φλοιών και γιγάρτων.....	75
5.4. Ολικά φλαβονοειδή φλοιών και γιγάρτων	76
5.5. Ολικές φλαβόνες και φλαβονόλες φλοιών και γιγάρτων	77
5.6. Ολικές φλαβανόλες φλοιών και γιγάρτων	78
5.7. Ολικές ορθο-διφαινόλες φλοιών και γιγάρτων	79
5.8. Συμπυκνωμένες ταννίνες φλοιών και γιγάρτων.....	80
5.9. Αντιοξειδωτική ικανότητα φλοιών και γιγάρτων	81
5.9.1. Μέθοδος FRAP	81
5.9.2. Μέθοδος DPPH.....	82
5.10. Μεμονωμένα οξέα γλεύκους.....	83
5.11. Σάκχαρα γλεύκους.....	84
5.12. Φωτοσύνθεση.....	85
6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	86
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	92
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	94

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Κύλιξ (Βοιωτία, 520 – 510 π.Χ.). Τρύγος υπό την επίβλεψη του Διονύσου. (Bibliothèque nationale de France, n.d.).....	19
Εικόνα 2: Ρομπόλα (Πειραματικός αμπελώνας).....	21
Εικόνα 3: Σχηματική αναπαράσταση της βασικής δομής του φύλλου και απλοποιημένη εικόνα της φωτοσυνθετικής μετατροπής του νερού και του διοξειδίου του άνθρακα σε οξυγόνο και υδατάνθρακες. PSII: Φωτοσύστημα I, PSI: Φωτοσύστημα II, Fd: φερροδοξίνες, ADP: διφωσφορική αδενοσίνη, ATP: τριφωσφορική αδενοσίνη, P: ανόργανος φώσφορος (Fontana et al., 2024).	39
Εικόνα 4: Πειραματικός αμπελώνας, Κεφαλονιά.....	43
Εικόνα 5: Γλεύκος (Εργαστήριο Αμπελογολίας, Γ.Π.Α.)	44
Εικόνα 6: Γλεύκος (Εργαστήριο Αμπελογολίας, Γ.Π.Α.)	44
Εικόνα 7: Κονιορτοποιημένοι φλοιοί και γίγαρτα (Εργαστήριο Αμπελογολίας, Γ.Π.Α.)	44
Εικόνα 8: Διαθλάσιμετρο (Εργαστήριο Αμπελογολίας, Γ.Π.Α.).....	46
Εικόνα 9: Κλίμακα Διαθλασίμετρου (Εργαστήριο Αμπελογολίας, Γ.Π.Α.)	47
Εικόνα 10: Μέτρηση οξύτητας (Εργαστήριο Αμπελογολίας, Γ.Π.Α.).....	48
Εικόνα 11: Τοποθέτηση διαλυμάτων στη φυγόκεντρο (Εργαστήριο Αμπελογολίας, Γ.Π.Α.).....	51
Εικόνα 12: Εκχυλίσματα φλοιών (Εργαστήριο Αμπελογολίας, Γ.Π.Α.).....	51
Εικόνα 13: Διαλύματα αραιού εκχυλίσματος – HCl πριν τη μέτρηση στο φωτόμετρο (Εργαστήριο Αμπελογολίας, Γ.Π.Α.)	55
Εικόνα 14: Σύμπλοκα MC - ταννινών σε δοκιμαστικό σωλήνα φυγοκέντρου (Εργαστήριο Αμπελογολίας, Γ.Π.Α.)	58
Εικόνα 15: Εκχυλίσματα μετά από την προσθήκη AlCl ₃ (αριστερά) και NaOH (δεξιά) (Εργαστήριο Αμπελογολίας, Γ.Π.Α.)	60
Εικόνα 16: Διάλυμα αραιού εκχυλίσματος με 4 – DMACA πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) από την πάροδο της αναμονής των 10 λεπτών (Εργαστήριο Αμπελογολίας, Γ.Π.Α.).....	62
Εικόνα 17: Μέτρηση φωτοσύνθεσης στον αμπελώνα.....	71

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Μηχανικές αναλύσεις ραγών.....	72
Πίνακας 2: Μηχανικές αναλύσεις ραγών.....	73
Πίνακας 3: Γλυκογραφικά χαρακτηριστικά	74
Πίνακας 4: Ολικές φαινολικές ενώσεις φλοιών και γιγάρτων	75
Πίνακας 5: Ολικά φλαβονοειδή φλοιών και γιγάρτων	76
Πίνακας 6: Ολικές φλαβόνες και φλαβονόλες φλοιών και γιγάρτων	77
Πίνακας 7: Ολικές φλαβανόλες φλοιών και γιγάρτων.....	78
Πίνακας 8: Ορθο-διφαινόλες φλοιών και γιγάρτων.....	79
Πίνακας 9: Συμπυκνωμένες ταννίνες φλοιών και γιγάρτων	80
Πίνακας 10: Αντιοξειδωτικά φλοιών και γιγάρτων (μέθοδος FRAP).....	81
Πίνακας 11: Αντιοξειδωτικά φλοιών και γιγάρτων (μέθοδος DPPH).....	82
Πίνακας 12: Μεμονωμένα οξέα γλεύκους.....	83
Πίνακας 13: Σάκχαρα γλεύκους.....	84
Πίνακας 14: Φωτοσύνθεση πρέμνων στον περκασμό και στην ωρίμανση	85

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ιστορία και εξάπλωση της αμπέλου

Η άμπελος η οиноφόρος (*Vitis vinifera*, οικ. Vitaceae) αποτελεί τον κύριο εκπρόσωπο του γένους *Vitis* στη Μεσόγειο και στη Δυτική Ασία και περιλαμβάνει σημαντικό αριθμό ειδών, εκ των οποίων περισσότερα από τα μισά απαντώνται στη Β. Αμερική (McGovern et al., 2003, Terral et al., 2010). Παρόλο που υπάρχουν καταγεγραμμένες περισσότερες από 24.000 ονομασίες ποικιλιών, φαίνεται πως αυτές αντιστοιχούν σε περίπου 5.000 πραγματικές ποικιλίες (Banilas et al., 2009), αναδεικνύοντας την γενετική ποικιλομορφία από την οποία χαρακτηρίζεται το *Vitis vinifera*.

Η άμπελος αποτελεί μια καλλιέργεια βαθιά συνδεδεμένη με την κουλτούρα πολλών λαών (This et al., 2006). Ιστορικά στοιχεία αναφέρουν ότι οι πρώτες αμπελοκαλλιέργειες εμφανίστηκαν κατά την περίοδο μεταξύ 7.000 και 4.000 π.Χ. στην περιοχή ανάμεσα στη Μαύρη Θάλασσα και στο Ιράν, από όπου και ξεκίνησε η εξάπλωση στην Εγγύς Ανατολή, στη Μέση Ανατολή και στην Κεντρική Ευρώπη. Στη Μεσόγειο η εξάπλωση της καλλιέργειας της αμπέλου φαίνεται να πραγματοποιήθηκε σταδιακά από τα ανατολικά προς τα δυτικά, με τα πρώτα σημάδια στην Ελλάδα και στην Κρήτη να εμφανίζονται κατά το 5.000 π.Χ. (Terral et al., 2010).

Η μετάβαση της αμπέλου από την άγρια στην καλλιεργούμενη μορφή, η οποία είχε ως αποτέλεσμα την μεταβολή της αναπαραγωγικής της βιολογίας από δίοικη σε ερμαφρόδιτη (Banilas et al., 2009), φαίνεται να συνδέεται με την ανακάλυψη του οίνου, χωρίς όμως να είναι σαφές ποιο από τα δύο προηγήθηκε χρονικά (This et al., 2006). Οι πρώτες καταγραφές εξαγωγής χυμού σταφυλιών, άρα πιθανώς και των πρώτων οινοποιήσεων, τοποθετούνται χρονικά κατά τη διάρκεια του 6.000 π.Χ. στο Β. Ιράν και το 4.000 π.Χ. στη Γεωργία και την Αρμενία (Pagnoux et al., 2015). Στη Β. Ελλάδα, υπολείμματα τρυγικού οξέος σε κεραμικά σκεύη στο Ντικιλί Τας (Valamoti et al., 2007) επιβεβαιώνουν τη χρήση των σταφυλιών προς παραγωγή χυμού ή οίνου, υποδεικνύοντας την εξάπλωση των καλλιεργειών και της τεχνογνωσίας (Pagnoux et al., 2015) κατά τη διάρκεια της Νεολιθικής περιόδου (Valamoti et al., 2007).

Αντίστοιχα στοιχεία ενδεικτικά της εξάπλωσης της αμπέλου στην Ελλάδα εντοπίζονται και στο Αιγαίο. Οι Pagnoux et al., 2015, εξετάζοντας γίγαρτα από το ναό της Ήρας στη Σάμο,

διαπίστωσαν ότι η αμπελουργία στο νησί περιλάμβανε μεγάλο αριθμό ποικιλιών, τόσο άγριων όσο και καλλιεργούμενων, μεταξύ των οποίων αρκετές δεν ταυτοποιήθηκαν κατά την έρευνά τους. Εικάζεται ότι η επαφή της Σάμου κατά τον 7^ο αιώνα π.Χ. με το υπόλοιπο Αιγαίο και την Εγγύς Ανατολή ευθύνεται για την εμφάνιση αυτού του μεγάλου αριθμού ποικιλιών, εξαιτίας εμπορικών συναλλαγών και τοπικών πειραματισμών.

Η ελληνική ιστορία περιλαμβάνει πλήθος αναφορών στην άμπελο και στον οίνο. Ο Όμηρος και ο Ησίοδος περιέγραψαν για πρώτη φορά τη διαδικασία παραγωγής γλυκών οίνων με υψηλό αλκοολικό βαθμό και δυνατό άρωμα, μέσω της ηλιοξήρανσης των σταφυλών για μεγάλα χρονικά διαστήματα (8^{ος} αιώνας π.Χ.). Στα τέλη του 4^{ου} αιώνα π.Χ., ο Ξενοφών περιέγραψε αναλυτικά την διαδικασία της φύτευσης της αμπέλου, ενώ κατά τον 2^ο – 3^ο αιώνα π.Χ. ο Θεόφραστος διατύπωσε έμμεσα τον πρώτο ορισμό του terroir (Van Limberger, 2016), αναλύοντας τον βιολογικό κύκλο της αμπέλου στο έργο του «Περὶ φυτῶν αἰτιῶν».

Η σύνδεση της αμπέλου και του οίνου με την ελληνική ιστορία, αλλά και με τη μυθολογία, αποτυπώνεται έντονα σε αμφορείς, κύλικες και κεραμικά σκεύη της αρχαιότητας, με πρωταγωνιστή συνήθως τον θεό Διόνυσο.



Εικόνα 1: Κύλιξ (Βοιωτία, 520 – 510 π.Χ.). Τρύχος υπό την επίβλεψη του Διονύσου. (Bibliothèque nationale de France, n.d.)

1.2. Το terroir της Κεφαλονιάς

Η Κεφαλονιά και η Ιθάκη αποτελούν το μεγαλύτερο σύμπλεγμα του Ιονίου Πελάγους, με συνολική έκταση 786,58 km².

Πρόκειται για ένα τυπικό ετερογενές Μεσογειακό τοπίο, το οποίο χαρακτηρίζεται από Μεσογειακό κλίμα, με ήπιους υγρούς χειμώνες και ζεστά ξηρά καλοκαίρια (Kefalas et al., 2019). Οι βροχοπτώσεις είναι πιο πυκνές στο διάστημα μεταξύ Σεπτεμβρίου και Μαρτίου και ακολουθούνται από την ξηροθερμική περίοδο που διαρκεί από τον Απρίλιο έως και τον Αύγουστο (Bouchagier et al., 2018).

Οι κυριότερες καλλιέργειες του νησιού είναι η ελιά και το αμπέλι (Banilas et al., 2009, Bouchagier et al., 2018), με το 80% των αμπελώνων να προορίζονται για οينوπαραγωγή και το 20% για παραγωγή σταφίδας (Bouchagier et al., 2018). Οι αμπελώνες κατανέμονται ομοιόμορφα μεταξύ χαμηλών και ημι-ορεινών – ορεινών υψομέτρων της Κεφαλονιάς. Παρατηρείται ελαφρά τάση συγκέντρωσης των αμπελοκαλλιεργειών στις υψομετρικά υψηλότερες περιοχές, εξαιτίας των ευνοϊκότερων κλιματικών συνθηκών.

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του terroir της Κεφαλονιάς εντοπίζεται στη ζώνη Π.Ο.Π. παραγωγής της Ρομπόλας (Laghetti et al., 2008), στην οποία οι υψηλές συγκεντρώσεις CaCO₃, προερχόμενες από το ασβεστολιθικό γεωλογικό υπόβαθρο, δημιουργούν μοναδικές εδαφικές συνθήκες (Jones et al., 2005) για την παραγωγή οίνων υψηλής ποιότητας (Bouchagier et al., 2018). Όπως αναφέρεται και στις προδιαγραφές του προϊόντος σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) 1234/2007, τα εδάφη της Ζώνης Ρομπόλας, ως ασβεστολιθικά, κεκλιμένα και άγονα, σε συνδυασμό με τις κλιματικές συνθήκες, συντελούν στη δημιουργία χαμηλών αποδόσεων (5.000 – 6.000 kg σταφύλια ανά εκτάριο) και στην πρόωμη ωρίμανση των σταφυλών, εμποδίζοντας παράλληλα την εμφάνιση ασθενειών λόγω υγρασίας.

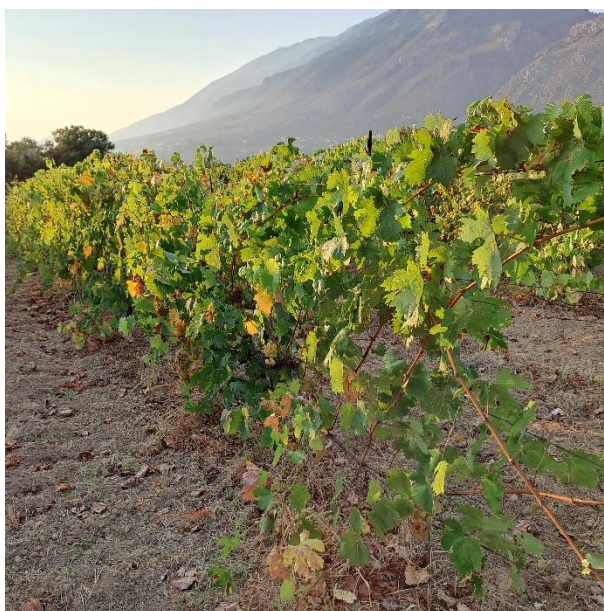
1.3. Ρομπόλα

Η οينوπαραγωγή της Κεφαλονιάς παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, με τη Ρομπόλα, τη Μαυροδάφνη και το Μοσχάτο να επικρατούν στις ετικέτες της (Banilas et al., 2009).

Η Ρομπόλα καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά στην Κεφαλονιά και στη Ζάκυνθο τον 13^ο αιώνα (Banilas et al., 2009). Αποτελεί τη σημαντικότερη ποικιλία της Δ. Ελλάδας,

καταλαμβάνοντας 4.100 στρέμματα στα Ιόνια νησιά, εκ των οποίων τα 3.200 στρέμματα βρίσκονται στην Κεφαλονιά και παράγουν αποκλειστικά τους οίνους ΠΟΠ «Ρομπόλα Κεφαλληνίας».

Η καλλιέργειά της συνίσταται για τα αμπελουργικά διαμερίσματα Ιόνιων νήσων, Πελοποννήσου και Στερεάς Ελλάδας και επιτρέπεται για τα αμπελουργικά διαμερίσματα Μακεδονίας και Θράκης (Σταυρακάκης, 2021).



Εικόνα 2: Ρομπόλα (Πειραματικός αμπελώνας)

1.4. Αμπελογραφικοί χαρακτήρες και φαινολογικά στάδια

Η κορυφή της νεαρής βλάστησης είναι ανοιχτή, πράσινη, χνοώδης, ενώ τα νεαρά φύλλα εμφανίζονται πράσινα, κιτρινοπράσινα με ερυθρωπή παρυφή, αραχνοϋφή στην άνω επιφάνεια και βαμβακώδη στην κάτω επιφάνεια του ελάσματος (Σταυρακάκης, 2021).

Το ανεπτυγμένο φύλλο είναι μέτριο, σφηνοειδές, συνήθως πεντάκολπο. Οι ανώτεροι κόλποι είναι μέτριου βάθους, κλειστοί, με συγκλίνοντα ή επικαλυπτόμενα χείλη, σχήματος V, συχνά με οδόντα στη βάση. Οι κατώτεροι κόλποι είναι αβαθείς, ανοιχτοί, σχήματος V. Ο μισχικός κόλπος έχει μέτριο βάθος και είναι κλειστός, σχήματος V, με συγκλίνοντα χείλη. Το έλασμα είναι μέτριου πάχους, μαλακό, κυματώδες, πομφολυγώδες, ελαφρώς μελικηρώδες, με συστροφή προς τα κάτω, βαθυπράσινο, αραχνοϋφές στην άνω επιφάνεια και ανοιχτοπράσινο χνοώδες στην κάτω επιφάνεια. Οι νευρώσεις εμφανίζονται κιτρινοπράσινες και λείες στην άνω επιφάνεια και

μεταξώδεις στην κάτω επιφάνεια του ελάσματος. Οι οδόντες είναι ανισομεγέθεις κατά κανόνα με κυρτές πλευρές. Ο μίσχος είναι μέτριου μήκους, βραχύτερος από την κεντρική νεύρωση, αραχνοϋφής και πράσινος (Σταυρακάκης, 2021).

Όσον αφορά στις έλικες, είναι πολυάριθμες, μικρού έως μέτριου μήκους, διαλείπουσες, δισχιδείς, πράσινες και αραχνοϋφείς. Το άνθος μορφολογικά είναι ερμαφρόδιτο, ενώ λειτουργικά θήλυ (Σταυρακάκης, 2021).

Η σταφυλή είναι μικρή έως μέτρια, κυλινδρική, απλή, μετρίως πυκνή έως πυκνή, με ράγες ανισομεγέθεις. Ο ποδίσκος εμφανίζεται βραχύς, καστανός, ξυλοποιούμενος πλήρως. Η ράγα είναι συνήθως μικρή και σφαιρική. Ο φλοιός είναι παχύς, ανθεκτικός, πλούσιος σε ταννοειδείς ουσίες, με κίτρινο χρώμα ήλεκτρου ή κιτρινοπράσινος, διαφανής, με άφθονη ανθηρότητα. Η σάρκα είναι μετρίως μαλακή, ενίοτε τραγανή, μετρίως χυμώδης, γλυκιά έως ελαφρώς υπόξινη, με ιδιάζουσα γεύση και λεπτό άρωμα. Ο ποδίσκος έχει μέτριο μήκος και πάχος και χαλαρή πρόσφυση. Τα γίγαρτα είναι 2 – 3, συνήθως 2, ανά ράγα, μικρά, απιοειδή, με ράμφος πλατύ και μακρύ. Η κληματίδα είναι καστανέρυθρη, κυκλικής τομής, πλευρώδης και λεία (Σταυρακάκης, 2021).

Στην περίπτωση της Ρομπόλας, η έναρξη της βλάστησης παρατηρείται το 1^ο δεκαήμερο του Απριλίου και η πλήρης βλάστηση το 3^ο δεκαήμερο του Απριλίου. Η έναρξη άνθησης έως την πλήρη άνθηση πραγματοποιείται στο διάστημα 18 – 23 Μαΐου. Η ωρίμανση ξεκινά κατά το 3^ο δεκαήμερο του Ιουλίου και ολοκληρώνεται από το 3^ο δεκαήμερο του Αυγούστου έως το 1^ο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου (Σταυρακάκης, 2021).

1.5. Ιδιότητες και καλλιεργητική συμπεριφορά

Η Ρομπόλα αποτελεί μία ποικιλία ζωηρή, εύρωστη και παραγωγική, με γόνιμο τον τυφλό οφθαλμό και καρποφόρο βλαστό που φέρει δύο σταφυλές στον 4^ο και στον 5^ο κόμβο. Μορφώνεται σε χαμηλά κύπελλα ή σε αμφίπλευρα γραμμικά Royat και δέχεται βραχύ κλάδεμα καρποφορίας (μία κεφαλή ανά βραχίονα, με 2 οφθαλμούς). Τα κυπελλοειδή σχήματα επικρατούν κατά κανόνα στους παλαιότερους αμπελώνες, ενώ τα γραμμικά στους νεότερους (Σταυρακάκης, 2021).

Η ποικιλία Ρομπόλα είναι εξαιρετικά προσαρμοστική και ευδοκιμεί σε ξηρά, φτωχά, χαλικώδη, πετρώδη, θερμά εδάφη των ημιορεινών περιοχών. Δίνει οίνους υψηλής ποιότητας όταν καλλιεργείται στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της Κεφαλονιάς, όπου οι διαμορφωμένες πεζούλες

στις πλαγιές του Αίνου σε υψόμετρο 300 – 700 m επιτρέπουν στη Ρομπόλα να εκφράσει πλήρως το δυναμικό της (Σταυρακάκης, 2021).

Παρουσιάζει έντονη ευαισθησία στην παθολογική ανθόρροια, στο ωίδιο, στη φαιά σήψη και στον μολυσματικό εκφυλισμό και μέτρια ευαισθησία στον περονόσπορο, στην ίσκα και στη φόμωση (Σταυρακάκης, 2021).

Το γλεύκος της ποικιλίας χαρακτηρίζεται από περιεκτικότητα σε σάκχαρα 210 – 220 g/L, οξύτητα 6,5 – 7 g/L και pH 3,3 – 3,4, οδηγώντας στην παραγωγή λευκών ξηρών οίνων ΠΟΠ «Ρομπόλα Κεφαλληνίας», με υψηλό αλκοολικό βαθμό, ικανοποιητική έως υψηλή οξύτητα, λεπτή γεύση, χαρακτηριστικό άρωμα λεμονιού και δυνατότητα παλαίωσης έως 6 – 7 χρόνια (Σταυρακάκης, 2021).

1.6. Φαινολικές ενώσεις

Φαινολικές ονομάζονται οι ενώσεις που περιέχουν έναν αρωματικό δακτύλιο συνδεδεμένο με ένα ή περισσότερα μόρια υδροξυλίου. Πρόκειται για κατά κανόνα υδατοδιαλυτές ενώσεις, οι οποίες παρουσιάζουν έντονη απορρόφηση στο φάσμα της υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας (Harborne, 1973). Αποτελούν τη δεύτερη πιο συνηθισμένη κατηγορία οργανικών ενώσεων που απαντώνται στη φύση μετά την κυτταρίνη και σχετίζονται άμεσα με τις ποιοτικές και γευστικές παραμέτρους των φρούτων και των λαχανικών (de la Rosa et al., 2018). Κατέχοντας πολλαπλά οφέλη για την ανθρώπινη υγεία (Stavridou et al., 2016 & Bayram et al., 2018) (αντιμικροβιακά, αντιοξειδωτικά κ.ά.), οι φαινολικές ενώσεις συχνά χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα σε τρόφιμα και καλλυντικά, καθώς επίσης και σε φαρμακευτικά σκευάσματα (Miliordos et al., 2023).

Οι φαινολικές ενώσεις είναι σημαντικά οργανικά συστατικά των ραγών και διακρίνονται στις μη φλαβονοειδείς και στις φλαβονοειδείς φαινόλες (Σταυρακάκης, 2019), σύμφωνα με την πολυπλοκότητα της μοριακής τους δομής (de la Rosa et al., 2018). Οι μη φλαβονοειδείς φαινόλες εντοπίζονται κυρίως στη σάρκα του σταφυλιού, ενώ οι φλαβονοειδείς στους φλοιούς, στα γίγαρτα και στους μίσχους (Σταυρακάκης, 2019).

Οι φαινολικές ενώσεις αποτελούν έναν από τους πιο σημαντικούς δείκτες της ποιότητας ενός οίνου, καθώς σχετίζονται άμεσα με οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Vašková et al., 2023 & Komes et al., 2007) όπως το χρώμα (Miliordos et al., 2023 & Stavridou et al., 2016), η

στυπτικότητα και η πικρία (Miliordos et al., 2023 & Monagas et al., 2005 a), αλλά και με τη σταθερότητα του οίνου μέσω ενζυμικών και χημικών οξειδωτικών διεργασιών (Miliordos et al., 2023).

Η περιεκτικότητα του σταφυλιού σε φαινολικές ενώσεις εξαρτάται από την ποικιλία, τις καλλιεργητικές πρακτικές και τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Miliordos et al., 2023). Ειδικότερα, το ηλιακό φως και η θερμοκρασία φαίνεται να είναι οι παράγοντες που ασκούν τη μεγαλύτερη επιρροή στη φαινολική σύσταση των σταφυλιών (Σταυρακάκης, 2019). Σημαντική επίδραση έχουν επίσης η διαθεσιμότητα του νερού, η θρεπτική κατάσταση και η γενική υγεία του πρέμνου, όσον αφορά σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις (Lampíř et al., 2013). Ιδιαίτερα ισχυρή είναι η συσχέτιση της φαινολικής σύστασης του σταφυλιού με το *terroir* (Bayram et al., 2018), δηλαδή με το σύνολο των εδαφικών, περιβαλλοντικών και τοπογραφικών συνθηκών που απαρτίζουν τον αμπελότοπο (Li et al., 2011). Οι Marlon et al. (2017) τονίζουν ότι δεν είναι αμελητέα και η επίδραση του υποκειμένου, αναφέροντας ότι τα λιγότερο ανθεκτικά υποκείμενα συχνά έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερες συγκεντρώσεις ανθοκυανών και φαινολικών ενώσεων στους φλοιούς των σταφυλιών.

Το φαινολικό προφίλ ενός οίνου, εκτός από τους παραπάνω παράγοντες, σχετίζεται και με ορισμένες επιπλέον παραμέτρους που σχετίζονται με τις συνθήκες που επικρατούν κατά τη ζύμωση και την παλαίωση (Li et al., 2011). Στους λευκούς οίνους οι συγκεντρώσεις των φαινολικών ενώσεων κυμαίνονται σε σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα συγκριτικά με τους ερυθρούς (Vašková et al., 2023 & Komes et al., 2007).

1.7. Φλαβονοειδείς φαινόλες

1.7.1. Φλαβόνες

Οι φλαβόνες κατέχουν την πιο βασική δομή των φλαβονοειδών ενώσεων. Περιλαμβάνουν μία κετονομάδα στη θέση C4, έναν διπλό δεσμό ανάμεσα στην C2 και την C3 και ένας δεύτερος αρωματικός δακτύλιος είναι συνδεδεμένος με την C2 (de la Rosa et al., 2018). Οι φλαβόνες δεν εντοπίζονται συχνά στο σταφύλι. Στα φύλλα ποικιλιών *vinifera* έχουν εντοπιστεί οι γλυκοζίτες 7-Ο της απιγενίνης και της λουτεολίνης (Goufo et al., 2020).

1.7.2. Φλαβονόλες

Οι φλαβονόλες είναι φλαβόνες υδροξυλιωμένες στη θέση C3. Είναι γνωστές για την ισχυρή αντιοξειδωτική τους δράση και είναι οι πιο συχνές φλαβονοειδείς φαινόλες που απαντώνται σε φρούτα και λαχανικά (de la Rosa et al., 2018). Αποτελούν τη μεγαλύτερη ομάδα των φλαβονοειδών ενώσεων, εντοπίζονται στα φύλλα και στους μίσχους της αμπέλου και περιλαμβάνουν περισσότερες από 35 ενώσεις, οι οποίες προκύπτουν από 4 βασικές αγλυκόνες: μυρικετίνη, κερκετίνη, καεμφερόλη, ισοραμεντίνη (Goufo et al., 2020).

Οι φλαβονόλες, και ειδικά η κερκετίνη (Braidot et al., 2008), είναι γνωστές για την προστασία που παρέχουν απέναντι στην UV ακτινοβολία, αλλά και για τη χρωστική τους δράση παρουσία ανθοκυανών (Braidot et al., 2008 & Downey et al., 2003). Συντίθενται κυρίως στην εξωτερική στιβάδα της επιδερμίδας του φλοιού (Downey et al., 2003 & Flamini et al., 2013) και ο σχηματισμός τους εξαρτάται από το στάδιο του βιολογικού κύκλου της αμπέλου. Πιο συγκεκριμένα, οι Downey et al. (2003) αναφέρουν ότι υπάρχουν δύο διακριτές χρονικές περίοδοι κατά τις οποίες συντίθενται φλαβονόλες στα σταφύλια: κατά την περίοδο της άνθισης και κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης.

Υπάρχουν σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση των φλαβονολών μεταξύ διαφορετικών γενοτύπων αμπέλου. Ταυτόχρονα, βιοτικοί και αβιοτικοί παράγοντες συντελούν στο σχηματισμό τους. Για παράδειγμα, σταφυλές που είναι εκτεθειμένες στον ήλιο έχει παρατηρηθεί ότι περιέχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις φλαβονολών, διότι η ηλιακή ακτινοβολία ενισχύει τη βιοσύνθεση των φλαβονοειδών ενώσεων. Επίσης, διαφορετικές φλαβονόλες συναντώνται σε διαφορετικούς τύπους οίνων. Η κερκετίνη είναι η πιο συνηθισμένη φλαβονόλη σε λευκές και ροζέ ποικιλίες, ενώ η μυρικετίνη επικρατεί στις ερυθρές ποικιλίες (Braidot et al., 2008).

1.7.3. Φλαβανόλες

Οι φλαβανόλες (ή φλαβαν-3-όλες) δεν έχουν διπλό δεσμό μεταξύ των θέσεων C2 και C3 του δακτυλίου, ούτε οξυγονο-ομάδα στη θέση C4, αλλά ένα μόριο OH στη θέση C3 (de la Rosa et al., 2018). Είναι υπεύθυνες για οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του οίνου όπως η πικρία και η στυπτικότητα, αλλά και για την οξειδωτική του σταθερότητα. Έχουν επίσης πολλαπλά οφέλη για την ανθρώπινη υγεία, εξαιτίας της ισχυρής αντιοξειδωτικής τους δράσης (Vašková et al., 2023).

Μέχρι στιγμής, έχουν καταγραφεί 8 μονομερή σε φύλλα, μίσχους και κληματίδες, με κυριότερες την κατεχίνη και την επικατεχίνη (Goufo et al., 2020). Ορισμένα από τα μονομερή αυτά εντοπίζονται και στους φλοιούς των σταφυλιών, υποδεικνύοντας τον πιθανό τους ρόλο ως πρόδρομες ενώσεις των ταννινών (Braidot et al., 2008).

1.7.4. Ανθοκυάνες

Οι ανθοκυάνες είναι υπεύθυνες για το κόκκινο χρώμα των ερυθρών οίνων και βρίσκονται κατά κανόνα συγκεντρωμένες στον φλοιό των ραγών (Monagas et al., 2005 b). Παράγονται κατά την περίοδο της ωρίμανσης, η συγκέντρωσή τους στους οίνους εξαρτάται τόσο από την παλαίωση όσο και από τις συνθήκες ανάπτυξης στον αμπελώνα, ενώ η εκχύλισή τους φτάνει στο μέγιστο μέχρι και την ολοκλήρωση της ζύμωσης και έπειτα αρχίζει να ελαττώνεται (Kennedy et al., 2006).

Οι ανθοκυάνες έχουν παρόμοια χημική δομή με τις υπόλοιπες φλαβονοειδείς φαινολικές ενώσεις. Αποτελούνται από έναν ετεροκυκλικό βενζοπυρανικό δακτύλιο, έναν αρωματικό δακτύλιο και έναν φαινυλικό δακτύλιο (Goufo et al., 2020).

Οι ανθοκυάνες που εντοπίζονται στους φλοιούς και στους οίνους των ποικιλιών *Vitis vinifera* είναι οι 3-O-γλυκοζίτες των πέντε βασικών ανθοκυανιδινών: της δελφινιδίνης, της κυανιδίνης, της πετουνιδίνης, της πεονιδίνης και της μαλδιβίνης, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον αριθμό και τη θέση των υδροξυλομάδων και των μεθοξυλομάδων στον φαινυλικό δακτύλιο του μορίου (Monagas et al., 2005 b).

Οι λευκές ποικιλίες αμπέλου δεν συνθέτουν ανθοκυάνες και το χρώμα τους οφείλεται κατά κύριο λόγο στην παρουσία καροτενοειδών και φλαβονολών (Σταυρακάκης, 2019). Για τον λόγο αυτό, δεν θα γίνει περεταίρω ανάλυση για αυτές στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης.

1.7.5. Συμπυκνωμένες Ταννίνες

Οι συμπυκνωμένες ταννίνες ή προανθοκυανιδίνες (Geny et al., 2003) εντοπίζονται στους φλοιούς και στα γίγαρτα των σταφυλιών (Vašková et al., 2023) και αποτελούν πολυμερή διαφόρων συμπυκνωμένων μονομερών φλαβαν-3-ολών (Geny et al., 2003), κυρίως αποτελούμενων από επικατεχίνη (EC) και επιγαλλοκατεχίνη (EGC) (Braidot et al., 2008).

Τα εκχυλίσματα των φλοιών χαρακτηρίζονται κυρίως από ταννίνες που περιέχουν EGC (Versari et al., 2013). Οι ταννίνες των φλοιών ονομάζονται προκυανιδίνες και αποτελούνται από (+) - κατεχίνη, (-) - επικατεχίνη και (-) - επικατεχίνη-3-O-γαλλικό (Vidal et al., 2004). Τα εκχυλίσματα των γιγάρτων συνήθως περιλαμβάνουν ταννίνες χωρίς EGC στο μόριό τους, οι οποίες αποτελούνται από μονομερείς φλαβαν-3-όλες με χαμηλότερο μέσο βαθμό πολυμερισμού (Versari et al., 2013). Οι ταννίνες των γιγάρτων αναφέρονται και ως προδελφινιδίνες (Vidal et al., 2004).

Οι συμπυκνωμένες ταννίνες είναι υπεύθυνες για την πικρία και τη στυπτικότητα των οίνων, ιδιαίτερα των ερυθρών, εξαιτίας της αντίδρασής τους με πρωτεΐνες του σάλιου (Stavridou et al., 2016).

Οι ταννίνες συντίθενται αμέσως μετά την καρπόδεση, με το μέγιστο να παρατηρείται κοντά στην έναρξη της ωρίμανσης (Downey et al., 2006). Κατά την ωρίμανση των σταφυλιών, οι ταννίνες σχηματίζουν ενώσεις με πρωτεΐνες και πολυσακχαρίτες (Geny et al., 2003). Από την περίοδο του γυαλίσματος έως τη συγκομιδή, ο σχηματισμός των ταννινών ελαττώνεται, τόσο στους φλοιούς όσο και στα γίγαρτα., προκαλώντας αντίστοιχη μείωση στην πικρία και στην στυπτικότητα του σταφυλιού (Downey et al., 2006).

1.7.6. Ορθο-διφαινόλες

Οι ορθο-διφαινόλες είναι οι φαινολικές ενώσεις που καθορίζουν τη σταθερότητα και τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά των οίνων (García-Guzmán et al., 2015). Οι κυριότερες ορθο-διφαινόλες που εντοπίζονται στους οίνους των ποικιλιών *Vitis vinifera* είναι υδροξυ-βενζοϊκά οξέα (πρωτοκατεχικό και γαλλικό οξύ), υδροξυ-κινναμικά οξέα και ορισμένα παράγωγά τους (παράγωγα του καφεϊκού οξέος), φλαβονόλες (παράγωγα κερκετίνης και μυρικετίνης), δι-υδρο-φλαβονόλες (παράγωγα δι-υδρο-κερκετίνης και δι-υδρο-μυρικετίνης), μονομερείς, олиγομερείς και πολυμερείς φλαβονόλες (προκυανιδίνες και προδελφινιδίνες), αλλά και ανθοκυάνες (παράγωγα κυανιδίνης, δελφινιδίνης και πετουνιδίνης) (Monagas et al., 2006).

Το μεγαλύτερο ποσοστό των ορθο-διφαινολών που επικρατούν κατά την παλαίωση ενός οίνου στη φιάλη απαρτίζεται από φλαβανόλες και ανθοκυάνες (Monagas et al., 2006). Οι ανθοκυάνες και οι ανθοκυανιδίνες που βρίσκονται υπό μορφή ορθο-διφαινόλης συχνά

υποβαθμίζονται, εξαιτίας ενζυμικών ή μη ενζυμικών οξειδωτικών αντιδράσεων (Garrido et al., 2013).

1.8. Μη φλαβονοειδείς φαινόλες

Οι πιο σημαντικές μη φλαβονοειδείς φαινολικές ενώσεις που αφορούν το σταφύλι και τους οίνους είναι τα φαινολικά οξέα, τα οποία περιλαμβάνουν το βενζοϊκό οξύ, το κινναμικό οξύ και πολλά παράγωγά τους (Vašková et al., 2023). Αποτελούνται από έναν αρωματικό δακτύλιο, με υποκαταστάτες μία καρβοξυλομάδα και μία φαινυλομάδα (de la Rosa et al., 2018). Τα μόρια αυτά εντοπίζονται ως υδροξυ-βενζοϊκά και υδροξυ-κινναμικά οξέα (Garrido et al., 2013). Τα υδροξυ-κινναμικά οξέα βρίσκονται στο σταφύλι εστεροποιημένα με ταρταρικό οξύ και αποτελούν τις κυριότερες φαινολικές ενώσεις των λευκών οίνων, καθορίζοντας σε σημαντικό βαθμό το χρώμα τους (Kennedy et al., 2006).

Από τα υδροξυ-βενζοϊκά οξέα, τα πιο άφθονα στο σταφύλι είναι το para-υδροξυ-βενζοϊκό, το πρωτοκατεχικό, το βανιλλικό, το γαλλικό και το συρινγικό οξύ. Το γαλλικό οξύ θεωρείται η σημαντικότερη φαινόλη, καθώς αποτελεί την πρόδρομη ένωση όλων των υδρολυόμενων ταννινών και βρίσκεται ενσωματωμένο και σε αρκετές συμπυκνωμένες ταννίνες (Garrido et al., 2013).

Τα υδροξυ-κινναμικά οξέα είναι τα πιο αντιπροσωπευτικά φαινολικά οξέα που απαντώνται στο σταφύλι και στους οίνους. Πιο συχνά εντοπίζονται το para-κουμαρικό, το καφεϊκό, το φερουλικό και το σιναπικό οξύ. Τα κινναμικά οξέα σχετίζονται επίσης με την καφέ απόχρωση των οίνων και αποτελούν πρόδρομες ενώσεις ορισμένων πτητικών φαινολικών ενώσεων (Garrido et al., 2013).

1.9. Σάκχαρα

Τα γλεύκη που προέρχονται από ώριμα σταφύλια περιέχουν κυρίως γλυκόζη και φρουκτόζη (Muñoz-Robredo et al., 2011) σε περίπου ίσες ποσότητες, με τον λόγο γλυκόζης προς φρουκτόζη (G/F) να κυμαίνεται από 0,95 (Σουφλερός, 2009) έως 1 (Νικολάου, 2011). Η γλυκόζη και η φρουκτόζη συντίθενται κατά τη φωτοσύνθεση και αποτελούν τους κυριότερους μονοσακχαρίτες σε φρούτα και λαχανικά (Sensoy, 2015). Η σακχαρόζη είναι ο δισακχαρίτης που προκύπτει από την ένωση της γλυκόζης με τη φρουκτόζη και η συγκέντρωσή της στο γλεύκος είναι κατά κανόνα εξαιρετικά χαμηλή (Νικολάου, 2011), της τάξης των 2-5 g/L (Σουφλερός,

2009), εξαιτίας της υδρόλυσής της. Η συνολική περιεκτικότητα ενός γλεύκους σε γλυκόζη και φρουκτόζη είναι συνήθως 150 – 250 g/L (Jakabová et al., 2021).

Για δεδομένη ποικιλία, η περιεκτικότητα των ραγών σε σάκχαρα κατά την ωρίμανση δεν είναι σταθερή (Νικολάου, 2011) και εξαρτάται σημαντικά από το στάδιο ανάπτυξης των ραγών (Sabir et al., 2010). Η συσσώρευση των σακχάρων στις ράγες αυξάνεται σταδιακά κατά την έναρξη της ωρίμανσης, ενώ φτάνει στα μέγιστα επίπεδα κατά το στάδιο III της ανάπτυξης των ραγών (ωρίμανση), περίοδο κατά την οποία οι ράγες αποτελούν ισχυρούς δέκτες των φωτοσυνθετικών προϊόντων (Σταυρακάκης, 2019). Στο στάδιο της πράσινης ράγας υπερτερεί η γλυκόζη και κατά το γυάλισμα η τιμή του λόγου G/F κυμαίνεται μεταξύ του 3 και του 10. Κατά την πλήρη ωρίμανση, η τιμή του λόγου φτάνει κοντά στη μονάδα, ενώ κατά την υπερ-ωρίμανση ξεκινά να υπερτερεί η φρουκτόζη, οπότε και ο λόγος G/F λαμβάνει τιμές χαμηλότερες της μονάδας (Σταυρακάκης, 2019).

Η συγκέντρωση των σακχάρων στις ράγες επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων, όπως είναι οι εδαφοκλιματικές συνθήκες, οι καλλιεργητικές πρακτικές, η λίπανση, η άρδευση, τα κλαδέματα (Νικολάου, 2011), αλλά και το γενετικό υλικό της καλλιεργούμενης ποικιλίας (Σταυρακάκης, 2019). Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία φαίνεται να αποτελούν τους πιο σημαντικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες που σχετίζονται με τη σύνθεση και συσσώρευση σακχάρων στις ράγες. Πιο συγκεκριμένα, θερμοκρασίες άνω των 32 – 35 ° C κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης μειώνουν το ρυθμό συσσώρευσης των σακχάρων. Επιπλέον, έχει διαπιστωθεί ότι συνθήκες ήπιας υδατικής καταπόνησης έχουν ως αποτέλεσμα ελαφρά αύξηση της σακχαροπεριεκτικότητας των ραγών και επιτάχυνση της ωρίμανσης (Σταυρακάκης, 2019).

Κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης, οι ζυμομύκητες καταναλώνουν τη γλυκόζη, (Jakabová et al., 2021), με αποτέλεσμα η τιμή του λόγου G/F να ελαττώνεται σταδιακά (Νικολάου, 2011). Στο στάδιο αυτό, η γλυκόζη καταναλώνεται με γρηγορότερους ρυθμούς σε σχέση με τη φρουκτόζη, η οποία εμφανίζει αυξημένες συγκεντρώσεις κατά τη διάρκεια της ζύμωσης (Jakabová et al., 2021). Η υπέρμετρη επικράτηση της φρουκτόζης έναντι της γλυκόζης είναι πιθανό να επιβραδύνει ή να αναστείλει τη ζύμωση, δημιουργώντας προβλήματα κατά την οиноποίηση, ιδιαίτερα των λευκών ποικιλιών (Gnilomedova et al., 2018).

Η γλυκαντική ικανότητα της γλυκόζης είναι μικρότερη από αυτή της φρουκτόζης. Στους γλυκείς οίνους, οι οποίοι περιέχουν σάκχαρα της τάξεως μερικών δεκάδων g/L, η φρουκτόζη είναι

περίπου 2-4 φορές περισσότερη από τη γλυκόζη (Νικολάου, 2011). Η γλυκόζη και κυρίως η φρουκτόζη συνεισφέρουν τη γλυκιά τους γεύση στο σταφύλι, στον χυμό και στον οίνο (Boulton et al., 1999). Επιπλέον, μειώνουν την αίσθηση της οξύτητας, της πικρίας και της στυπτικότητας και ενισχύουν την υφή, το σώμα και την ισορροπία των οίνων (Keller, 2010) .

Έχουν ταυτοποιηθεί αρκετά ακόμα σάκχαρα στα σταφύλια, τα οποία παράγονται από βιοσυνθετικές διεργασίες, όπως η αραβινόζη, η ραμνόζη, η μαλτόζη, η μαννόνη, η μελιβιόζη κ.ά. (Boulton et al., 1999).

1.10. Οργανικά οξέα

Η παρουσία ανόργανων οξέων στο σταφύλι είναι αμελητέα, επομένως η οξύτητα του κυτταρικού χυμού των ιστών της ράγας καθορίζεται κυρίως από οργανικά οξέα (Νικολάου, 2011), των οποίων οι συγκεντρώσεις είναι σημαντικά χαμηλότερες από αυτές των σακχάρων (Muñoz-Robredo et al., 2011).

Το τρυγικό και το μηλικό είναι τα κυριότερα οργανικά οξέα του χυμού (70 – 90%), ενώ σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις εντοπίζονται το κιτρικό, το ηλεκτρικό και το φουμαρικό οξύ (Keller, 2010a). Τα οργανικά οξέα δεν υπερβαίνουν το 1% του συνολικού βάρους του χυμού (Muñoz-Robredo et al., 2011) και η περιεκτικότητά τους στη ράγα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποικιλία (Eyduan et al., 2015), τις καλλιεργητικές πρακτικές και περιβαλλοντικούς παράγοντες (Sensoy, 2015). Προέρχονται κατά κύριο λόγο από τον δευτερογενή μεταβολισμό των σακχάρων (Νικολάου, 2011).

Το τρυγικό οξύ συντίθεται στα νεαρά φύλλα και στις πράσινες ράγες μόνο των ευρωπαϊκών ποικιλιών αμπέλου (Σταυρακάκης, 2019). Εκτός από τα προϊόντα της αμπέλου, είναι ελάχιστα διαδεδομένο στη φύση (Σουφλερός, 2009) και, με εξαίρεση τα σταφύλια, δεν απαντάται σε άλλα φρούτα (Boulton et al., 1999). Στο σταφύλι συναντάται το L – ισομερές του τρυγικού οξέος (Σταυρακάκης, 2019), το οποίο συντίθεται από τη γλυκόζη μέσω του γαλακτουρονικού, του γλυκουρονικού και του ασκορβικού οξέος (Boulton et al., 1999)

Στην αρχή στου σταδίου της πράσινης ράγας η συγκέντρωση του τρυγικού οξέος αυξάνεται ραγδαία, ακολούθως ελαττώνεται και στη συνέχεια αυξάνεται ξανά, λαμβάνοντας τη μέγιστη τιμή λίγο πριν το γυάλισμα (Σταυρακάκης, 2019). Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης ελαττώνεται και

τελικά σχεδόν σταθεροποιείται, εξαιτίας του βραδέος μεταβολισμού του (Νικολάου, 2011). Κατά τη διάρκεια της αλκοολικής ζύμωσης, η συγκέντρωση του τρυγικού οξέος υφίσταται περεταίρω μείωση, λόγω του σχηματισμού τρυγικών αλάτων (Jakaboná et al., 2021), τα οποία προκύπτουν από τη συμπλοκοποίησή του με το κάλιο (K) και το ασβέστιο (Ca) (Σουφλερός, 2009).

Το τρυγικό οξύ αποτελεί το κυριότερο όξινο συστατικό στους οίνους και συμβάλλει καθοριστικά στη διαμόρφωση των οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών (Σουφλερός, 2009), καθώς προκαλεί την αίσθηση «σκληρής» οξύτητας και δημιουργεί μη ευχάριστη αίσθηση στο στόμα (Liu et al., 2007). Η συγκέντρωσή του στο γλεύκος ώριμων σταφυλιών κυμαίνεται από 2 – 3 g/L (θερμές περιοχές) έως 6 g/L (βόρειες αμπελουργικές περιοχές) (Νικολάου, 2011).

Το μηλικό οξύ συντίθεται στα ώριμα φύλλα και στις πράσινες ράγες, είναι ασθενέστερο του τρυγικού και απαντά στις ράγες με τη μορφή του L-ισομερούς του (Σταυρακάκης, 2019). Απαντάται σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς, προέρχεται από τον μεταβολισμό των σακχάρων και αποτελεί σημαντικό οξύ του κύκλου του Crebs (Νικολάου, 2011).

Η περιεκτικότητα του μηλικού οξέος στο σταφύλι ελαττώνεται με την πρόοδο της ωρίμανσης (Σουφλερός, 2009). Στο στάδιο της πράσινης ράγας συσσωρεύεται με έντονους ρυθμούς και λίγο πριν το γυάλισμα αποκτά τη μέγιστη συγκέντρωσή του (20 – 25 g L⁻¹) (Σταυρακάκης, 2019). Κατά την έναρξη της ωρίμανσης τα επίπεδά του μειώνονται απότομα, εξαιτίας φαινομένων αραίωσης που προκαλεί η αύξηση του μεγέθους των ραγών (Νικολάου, 2011), αλλά και του μεταβολισμού του, λόγω της χρήσης του ως πρώτη ύλη στην αναπνοή των κυττάρων του καρπού (Σουφλερός, 2009) και στη γλυκονογένεση (Σταυρακάκης, 2019). Η διαδικασία αυτή είναι πιο έντονη στις θερμές αμπελουργικές περιοχές, στις οποίες η περιεκτικότητα του μηλικού οξέος είναι σημαντικά χαμηλότερη από του τρυγικού (Σταυρακάκης, 2019). Στις βόρειες αμπελουργικές περιοχές, το γλεύκος κατά την ωρίμανση περιέχει 4 - 6,5 g μηλικό οξύ/ L, ενώ στις νότιες θερμές περιοχές 1 – 2 g/L (Νικολάου, 2011).

Κατά τη διάρκεια της οινοποίησης, το μηλικό οξύ μετατρέπεται σχεδόν εξολοκλήρου σε γαλακτικό οξύ, μέσω της μηλογαλακτικής ζύμωσης (Boulton et al., 1999), ως αποτέλεσμα της δράσης γαλακτικών βακτηρίων (Σουφλερός, 2009). Στους οίνους, οι υψηλές συγκεντρώσεις μηλικού οξέος δεν είναι επιθυμητές, εξαιτίας της έντονης και παρατεταμένης αίσθησης οξύτητας που προκαλούν στο στόμα, σε συνδυασμό με τη χορτώδη γεύση. Ένας υψηλός λόγος τρυγικού/μηλικού οξέος βελτιώνει τη σταθερότητα των οίνων (Liu et al., 2007). Ο λόγος αυτός

είναι διαφορετικός μεταξύ των ποικιλιών, λόγω γενετικών παραγόντων ((Muñoz-Robredo et al., 2011), αλλά και καλλιεργητικών πρακτικών, περιβαλλοντικών συνθηκών (Sensoy, 2015) και χρόνου παλαίωσης (Jakabová et al., 2021).

Ακόμα ένα οξύ που συμβάλλει στην οξύτητα του γλεύκους είναι το κιτρικό, το οποίο απαντάται σε συγκεντρώσεις 0,5 – 1 g/L. Είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο στη φύση, κυρίως στα εσπεριδοειδή, ενώ χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών (Νικολάου, 2011).

Επίσης, στο γλεύκος απαντάται και το ηλεκτρικό οξύ σε συγκεντρώσεις 0,5 – 1,5 g/L . Σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και οι τιμές του είναι άμεσα εξαρτώμενες από τις συγκεντρώσεις του μηλικού οξέος και των αμινοξέων (Boulton et al., 1999).

Σύμφωνα με τους Liu et al. (2006), οι οινοποιήσιμες ποικιλίες χαρακτηρίζονται από υψηλότερες συγκεντρώσεις σακχάρων και οξέων σε σχέση με τις επιτραπέζιες. Επιπλέον, το τρυγικό και κυρίως το μηλικό οξύ παρουσιάζουν ευαισθησία στην κλιματική αλλαγή (Liu et al., 2006), γεγονός που συνδέεται άμεσα με τη δυσκολία ή ευκολία, αντίστοιχα, στον μεταβολισμό τους.

Γενικά, τα οξέα στους οίνους επικαλύπτουν τα σάκχαρα, προσδίδοντάς τους αίσθηση φρεσκάδας. Επιπλέον, εντείνουν την αίσθηση της στυπτικότητας, καθιστώντας συχνά δύσκολη τη διάκρισή τους από τις ταννίνες. Η οξύτητα ενός οίνου εκφράζεται συνήθως ως ισοδύναμα τρυγικού οξέος, ενώ τα οργανικά οξέα υπάρχουν είτε ελεύθερα (π.χ. τρυγικό οξύ, μηλικό οξύ) είτε ως άλατα (π.χ. τρυγίτες), ανάλογα με το pH (Keller, 2010).

Το pH του χυμού κυμαίνεται τυπικά στο εύρος 3 – 3,5 και αν υπερβεί το 3,6 δημιουργούνται προβλήματα κατά την οινοποίηση, όπως η μειωμένη ένταση του χρώματος και η έλλειψη μικροβιακής σταθερότητας, που μπορεί να προκαλέσει οξείδωση του οίνου. Ο χυμός που προέρχεται από ώριμα σταφύλια περιέχει κατά κανόνα οργανικά οξέα σε συγκεντρώσεις 5 – 10 g/L, ενώ ογκομετρούμενη οξύτητα στο εύρος 6 – 8,5 g/L θεωρείται ιδανική για την παραγωγή οίνων ποιότητας (Keller, 2010).

1.11. Αντιοξειδωτικά

Τα αντιοξειδωτικά είναι οργανικές ενώσεις, οι οποίες όταν προστεθούν σε ένα τρόφιμο έχουν τη δυνατότητα να αυξήσουν το χρόνο ζωής του στο ράφι, ελαττώνοντας την οξείδωση των

λιπιδίων (Higo et al., 2012). Ως αντιοξειδωτική δράση ενός τροφίμου ορίζεται η ικανότητά του να προστατεύει τον ανθρώπινο οργανισμό από τις ελεύθερες ρίζες αντιδρώντας με αυτές (Higo et al., 2012) και να παρεμποδίζει την εμφάνιση εκφυλιστικών διαταραχών οφειλόμενων σε παρατεταμένο οξειδωτικό στρες (Lachman et al., 2009).

Στους οίνους, οι αντιοξειδωτικές ενώσεις προέρχονται σχεδόν αποκλειστικά από το σταφύλι και είναι κυρίως φαινολικά οξέα, φλαβανόλες, μονομερείς κατεχίνες και ανθοκυανιδίνες (Katalinić et al., 2004). Στους φλοιούς εντοπίζονται κυρίως οι ανθοκυάνες, τα υδροξυ-κινναμικά οξέα, οι φλαβανόλες και διάφοροι γλυκοζίτες φλαβανολών, ενώ τα γίγαρτα είναι πιο πλούσια σε φλαβανόλες. Στους φλοιούς των ερυθρών ποικιλιών είναι ιδιαίτερα έντονη και η παρουσία της ρεσβερατρόλης, η οποία έχει διαπιστωθεί ότι συμβάλλει δραστικά στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων, μέσω της εξαιρετικά ισχυρής αντιοξειδωτικής της δράσης (Lachman et al., 2009). Οι αντιοξειδωτικές ενώσεις που περιέχονται στα γίγαρτα αποτελούν το 60 – 70% των συνολικών πολυφαινολών του σταφυλιού (Garcia – Jares et al., 2015). Σύμφωνα με τους Fuhrman et al. (2001), το 24% της αντιοξειδωτικής ικανότητας ενός λευκού οίνου σχετίζεται με τις κατεχίνες, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τις ερυθρές ποικιλίες είναι μεγαλύτερο του 60%.

Η αντιοξειδωτική δράση μίας ένωσης σχετίζεται άμεσα με τη χημική δομή της φαινόλης. Ο αριθμός των υδροξυλομάδων στο μόριο της ένωσης καθορίζει αν αυτή θα δράσει ως «συλλέκτης» ελεύθερων ριζών ή αν θα αποβάλει ένα άτομο υδρογόνου. Ανάλογα με τη χημική μέθοδο προσδιορισμού, η αντιοξειδωτική ικανότητα προκύπτει ως αποτέλεσμα διαφορετικών ομάδων φαινολικών ενώσεων. Για παράδειγμα, με τη μέθοδο ABTS η αντιοξειδωτική ικανότητα προσδιορίζεται κυρίως βάσει των ταννινών και των φλαβονοειδών (μονομερή φλαβαν-3-ολών), ενώ με τη μέθοδο DPPH βάσει των ανθοκυανών [(-) -επιγαλλοκατεχίνη] (Bocsan et al., 2022). Οι δύο αυτές μέθοδοι βασίζονται στον προσδιορισμό της αντιοξειδωτικής ικανότητας σύμφωνα με την αποβολή ενός μορίου υδρογόνου. Υπάρχουν και άλλες μέθοδοι, όπως η FRAP, σύμφωνα με την οποία η αντιοξειδωτική ικανότητα προκύπτει ως αποτέλεσμα της αναγωγής ιόντων σιδήρου (από Fe^{3+} σε Fe^{2+}) από αντιοξειδωτικές ενώσεις (Katalinić et al., 2004).

Η περιεκτικότητα των λευκών οίνων σε αντιοξειδωτικά, είναι πολύ χαμηλότερη συγκριτικά με των ερυθρών, εξαιτίας του μικρού χρόνου επαφής του γλεύκους με τους φλοιούς και τα γίγαρτα κατά τη ζύμωση (Garcia – Jares et al., 2015), αλλά και της χαμηλότερης περιεκτικότητας πολυφαινολών στους φλοιούς τους (Fuhrman et al., 2001). Οι Fuhrman et al.

(2001) εισήγαγαν κατά την πειραματική οινοποίηση λευκής ποικιλίας ένα μικρό χρονικό διάστημα (18 h) επαφής των φλοιών με το γλεύκος παρουσία αλκοόλης. Διαπίστωσαν ότι η συγκέντρωση των πολυφαινολών στο τελικό προϊόν αυξήθηκε, προσεγγίζοντας την αντιοξειδωτική ικανότητα ενός ερυθρού οίνου.

Τα αντιοξειδωτικά που περιέχονται στο σταφύλι αποτελούν πολύτιμες ενώσεις, με ευρεία χρήση τόσο στη φαρμακοβιομηχανία όσο και στα ποτά, στα τρόφιμα και στα καλλυντικά (Ferri et al., 2017). Επίσης, έχουν πολλαπλά οφέλη για την ανθρώπινη υγεία, καθώς συμβάλλουν στην ελάττωση των πιθανοτήτων εμφάνισης καρκίνου και καρδιαγγειακών νοσημάτων (Lachman et al., 2009).

1.12. Καλλιεργητικές επεμβάσεις

Η παροχή του απαραίτητου νερού και των θρεπτικών στοιχείων και η διατήρηση των γραμμών φύτευσης χωρίς ζιζάνια αποτελούν τις πιο σημαντικές καλλιεργητικές φροντίδες για την ταχεία και ομαλή ανάπτυξη των πρέμων (Σταυρακάκης, 2019). Η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της λίπανσης συνδυάζεται με σύγχρονες καλλιεργητικές πρακτικές, με στόχο τον συγχρονισμό των εφαρμογών με τις περιόδους υψηλών απαιτήσεων των πρέμων, αλλά και τη σωστή εφαρμογή των λιπασμάτων, χρονικά και χωρικά, σύμφωνα με τις ανάγκες του φυτού (Gaiotti et al., 2021).

1.12.1. Λίπανση

Η λίπανση ανήκει στις κυριότερες επεμβάσεις που πραγματοποιούνται σε έναν αμπελώνα, καθώς επηρεάζει σημαντικά την απόδοση της καλλιέργειας, αλλά και την ποιότητα του σταφυλιού. Στη συμβατική γεωργία και αμπελουργία χρησιμοποιούνται ανόργανα λιπάσματα, τα οποία συμβάλλουν άμεσα και αποτελεσματικά στην καταπολέμηση τροφοπενιών συγκεκριμένων θρεπτικών στοιχείων (Ρορονιό et al., 2020). Συνήθως, τα ανόργανα λιπάσματα καλύπτουν πρωταρχικά τις ανάγκες σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο και σε ορισμένες περιπτώσεις περιέχουν σε μικρότερες συγκεντρώσεις δευτερεύοντα μακροθρεπτικά ή ιχνοστοιχεία.

Το άζωτο αποτελεί σημαντικό στοιχείο του μεταβολισμού των φυτών, καθώς συμμετέχει στη δομή πρωτεϊνών, νουκλεϊκών οξέων και συνενζύμων (Shaheen et al., 2012). Ο φώσφορος συνεισφέρει στη δομή ενώσεων υπεύθυνων για την αποθήκευση και μεταφορά ενέργειας μέσα

στο φυτό. Το κάλιο είναι απαραίτητο για το άνοιγμα και κλείσιμο των στοματίων των φύλλων, αλλά και για την ενεργοποίηση ορισμένων ενζύμων. Για το αμπέλι, σημαντικό ρόλο έχουν επίσης και το θείο, το μαγνήσιο, ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος, ο χαλκός, το μολυβδαίνιο και το βόριο (Νικολάου, 2011).

Η συμβατική ανόργανη λίπανση αυξάνει την απόδοση των καλλιεργειών και δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες για την αυξημένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των πρέμων (Dobrei et al., 2021). Ωστόσο, η αλόγιστη και άκαιρη χρήση ανόργανων λιπασμάτων για παρατεταμένα χρονικά διαστήματα ενέχει σοβαρούς περιβαλλοντικούς κινδύνους, καθώς προκαλεί τη μεταβολή των χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων του εδάφους και, μακροπρόθεσμα, την προοδευτική υποβάθμιση της εδαφικής γονιμότητας. Παράλληλα, η περιεκτικότητα των λιπασμάτων σε βαρέα μέταλλα (π.χ. Cu, Cd, Zn, As κ.ά.) αυξάνει τον κίνδυνο ρύπανσης του εδάφους, εξαιτίας της υψηλής τους υπολειμματικότητας (Cataldo et al., 2021). Επιπλέον, η νιτρορρύπανση και η υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων είναι ακόμα ένα σημαντικό μειονέκτημα της υπερβάλλουσας ανόργανης λίπανσης, το οποίο προκύπτει ως αποτέλεσμα της έκπλυσης των νιτρικών ιόντων μέσω του νερού απορροής στα υπόγεια και στα επιφανειακά ύδατα (Brady & Weil, 2011).

Στο πλαίσιο της υιοθέτησης καλλιεργητικών πρακτικών με ελάχιστη επίπτωση στο έδαφος και στο περιβάλλον, είναι απαραίτητη η μερική ή ολική αντικατάσταση των ανόργανων λιπασμάτων με νέου τύπου σκευάσματα (Dobrei et al., 2021), όπως τα λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης. Πρόκειται για σκευάσματα που έχουν την ιδιότητα να απελευθερώνουν σταδιακά θρεπτικά συστατικά, εξαιτίας είτε της επικάλυψής τους με κηρώδες υλικό είτε της περιορισμένης διαλυτότητάς τους. Η εφαρμογή λιπασμάτων βραδείας αποδέσμευσης ενισχύει την παραγωγή, ελαττώνει τις απώλειες αζώτου λόγω έκπλυσης και εκπομπής N_2O και βελτιώνει τη μικροβιακή δραστηριότητα στη ριζόσφαιρα (Wei et al., 2019).

Πειραματικές εφαρμογές σε αγίγερτη ποικιλία σταφυλιού απέδειξαν ότι βελτιώνεται η ανάπτυξη των πρέμων, η καρπώδωση, αλλά και η ποιότητα των σταφυλιών (Wei et al., 2019). Παρόμοια αποτελέσματα έδειξε και η μελέτη των Mohamed et al. (2006), καθώς η εφαρμογή συγκεκριμένου τύπου λιπάσματος βραδείας αποδέσμευσης αύξησε την παραγωγή και βελτίωσε τα χαρακτηριστικά των σταφυλιών. Σύμφωνα με τους Mahmoud et al. (2024), η εφαρμογή λιπάσματος βραδείας αποδέσμευσης έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της επιφάνειας του

φυλλώματος, την αύξηση της παραγωγής, τη βελτίωση της θρεπτικής κατάστασης και της ανάπτυξης των πρέμνων, τη μείωση του κόστους παραγωγής και την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης. Αποτελεσματικός φαίνεται να είναι και ο συνδυασμός συμβατικών αζωτούχων λιπασμάτων με λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης σε διάφορα ποσοστά (Gaiotti et al., 2021). Οι Saeed et al. (2023) συμπέραναν ότι η συνδυαστική εφαρμογή 25 – 50% συμβατικού και 75 – 50% βραδείας αποδέσμευσης αζωτούχου λιπάσματος είχε τα βέλτιστα αποτελέσματα στην ανάπτυξη των πρέμνων, σε σύγκριση με την 100% εφαρμογή νιτρικού αζώτου. Σύμφωνα με τους Refaai et al. (2016), η θετική επίδραση αποτυπώνεται και στην ποιότητα του σταφυλιού, καθώς η εφαρμογή αζωτούχου λιπάσματος βραδείας αποδέσμευσης σε ποσοστά 25 – 50% είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του βάρους των ραγών, την αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών, την ελάττωση του ποσοστού των σακχάρων και τη μείωση της ογκομετρούμενης οξύτητας, σε σχέση με την 50 – 100% εφαρμογή συμβατικού αζωτούχου λιπάσματος.

1.12.2. Κατεργασία εδάφους

Η διαχείριση του εδάφους με μηχανικά μέσα ασκεί σημαντική επιρροή στη φωτοσύνθεση, στο άνοιγμα και κλείσιμο των στομάτων, αλλά και στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών από τα σταφύλια, η οποία εξαρτάται από εδαφικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και ο βαθμός συμπίεσης του εδάφους. Επιπλέον, η ποιότητα του οίνου καθορίζεται από τη διαχείριση του εδάφους, καθώς αυτή σχετίζεται άμεσα με την ανάπτυξη των πρέμνων και τη ζωηρότητα της βλάστησης (Cataldo et al., 2020).

Πολύ συχνά, στους αμπελώνες γίνεται χρήση φρέζας, προκειμένου να ψιλοχωματιστεί το έδαφος, να καταστραφούν τα ζιζάνια και να διευκολυνθούν οι αμπελοκομικές εργασίες. Παρόλο που το φρεζάρισμα αυξάνει τις οξειδώσεις στο έδαφος, με αποτέλεσμα την αντίστοιχη αύξηση στα φουλβικά οξέα (Agnelli et al., 2014), έχει αποδειχθεί ότι λειτουργεί καταστρεπτικά για τη δομή του εδάφους, καθώς μακροπρόθεσμα επιφέρει συμπίεση στα βαθύτερα στρώματα, εμποδίζοντας τον αερισμό και την κίνηση του εδαφικού διαλύματος στο ριζόστρωμα.

Η συμβατική αμπελουργία περιλαμβάνει την τακτική κατεργασία του εδάφους, βασικό πλεονέκτημα της οποίας είναι η προσωρινή αύξηση του πορώδους, μέσω της αναμόχλευσης και χαλάρωσης των συσσωματωμάτων (Liebhard et al., 2024). Οι κυριότεροι στόχοι της εδαφοκατεργασίας είναι ο έλεγχος των ζιζανίων και η προετοιμασία του εδάφους για την

εγκατάσταση της καλλιέργειας. Παρόλα αυτά, η δημιουργία ευαισθησίας του εδάφους στη διάβρωση και η καταστροφή της δομής του καθιστούν απαραίτητη την υιοθέτηση πρακτικών μειωμένης εδαφοκατεργασίας (Ghauhan et al., 2006). Οι πρακτικές αυτές προσφέρουν όχι μόνο περιβαλλοντικά, αλλά και οικονομικά για τον παραγωγό οφέλη, ελαττώνοντας μακροπρόθεσμα τα έξοδα των καυσίμων, των εργατικών και του εξοπλισμού (Baker et al., 2005). Τα συστήματα μειωμένης εδαφοκατεργασίας περιλαμβάνουν κατά κανόνα κάλυψη τουλάχιστον του 30% της επιφάνειας του εδάφους με φυτικά υπολείμματα, αυξάνοντας τη βιολογική δραστηριότητα του εδάφους (Ghauhan et al., 2006), διατηρώντας υψηλά ποσοστά οργανικής ουσίας και ελαττώνοντας τις εκπομπές CO₂ (Baker et al., 2005). Οι Liebhard et al. (2024) εφάρμοσαν μειωμένη εδαφοκατεργασία σε εδάφη αμπελώνων διαφορετικών αμπελουργικών διαμερισμάτων της Ευρώπης, αποδεικνύοντας ότι στις περισσότερες περιοχές προκαλείται αύξηση των επιπέδων της οργανικής ουσίας, ιδιαίτερα όταν παράλληλα πραγματοποιείται φύτευση ετήσιων φυτών μεταξύ των γραμμών του αμπελώνα.

Δεδομένων των νέων τάσεων στη γεωργική παραγωγή, η κατάλληλη καλλιεργητική επέμβαση για τον κάθε αμπελώνα εξαρτάται από τα μοναδικά του χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένου του τύπου του εδάφους και των κλιματικών συνθηκών της περιοχής όπου βρίσκεται (Cataldo et al., 2020).

1.12.3. Εφαρμογή κομπόστ οиноποίησης

Τα παραπροϊόντα της οиноποίησης χαρακτηρίζονται από την υψηλή συγκέντρωση οργανικής ουσίας και είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ως εδαφοβελτιωτικά, έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία (Barros et al., 2021) και κομποστοποίηση, στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας, η ενίσχυση της οποίας αποτελεί στρατηγική διαχείρισης της κλιματικής κρίσης (Pinto et al., 2023).

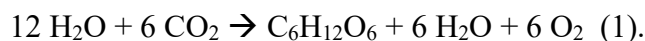
Η κομποστοποίηση ορίζεται ως η βιολογική διεργασία διάσπασης της οργανικής ύλης υπό αερόβιες συνθήκες που αναπτύσσονται σε θερμοφιλικές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός σταθερού και αποστειρωμένου προϊόντος, ελεύθερου σπόρων ζιζανίων και παθογόνων μικροοργανισμών (Pinto et al., 2023), το οποίο προσφέρει πολλαπλά οφέλη κατά την εφαρμογή του στο έδαφος (Bertran et al., 2004).

Τα στερεά απόβλητα της οινοποίησης (στέμφυλα) αποτελούνται κυρίως από φλοιούς (70 – 80%), γίγαρτα (8%), ράχες και βοτρυδία (2,5 – 7,5%) και πολτό (57%) που απομένουν μετά την έκθλιψη των σταφυλών (Nistor et al., 2014) και αντιπροσωπεύουν περίπου το 20 – 25% του συνολικού βάρους των σταφυλιών που χρησιμοποιούνται κατά την οινοποίηση. Τα στέμφυλα, ανάλογα με την ποικιλία του σταφυλιού και τη μέθοδο της οινοποίησης, έχουν λόγο C:N 40-50:1, pH από 3 έως 6, χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, υψηλή οργανική ουσία και μακροθρεπτικά και ιχνοστοιχεία σε οργανική μορφή, τα οποία ανοργανοποιούνται με την πάροδο του χρόνου. Επομένως, η κομποστοποίηση αυτού του υλικού, προκειμένου να απαλλαχθεί από δυνητικά φυτοτοξικές ενώσεις (Viel et al., 2018), και η εφαρμογή του σε έναν αμπελώνα έχει πολλαπλά οφέλη (Martinez Salgado et al., 2019) παρέχοντας σταδιακά και ελεγχόμενα θρεπτικά στοιχεία, αυξάνοντας τη μικροβιακή δραστηριότητα και βελτιώνοντας τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους (Bertran et al., 2004).

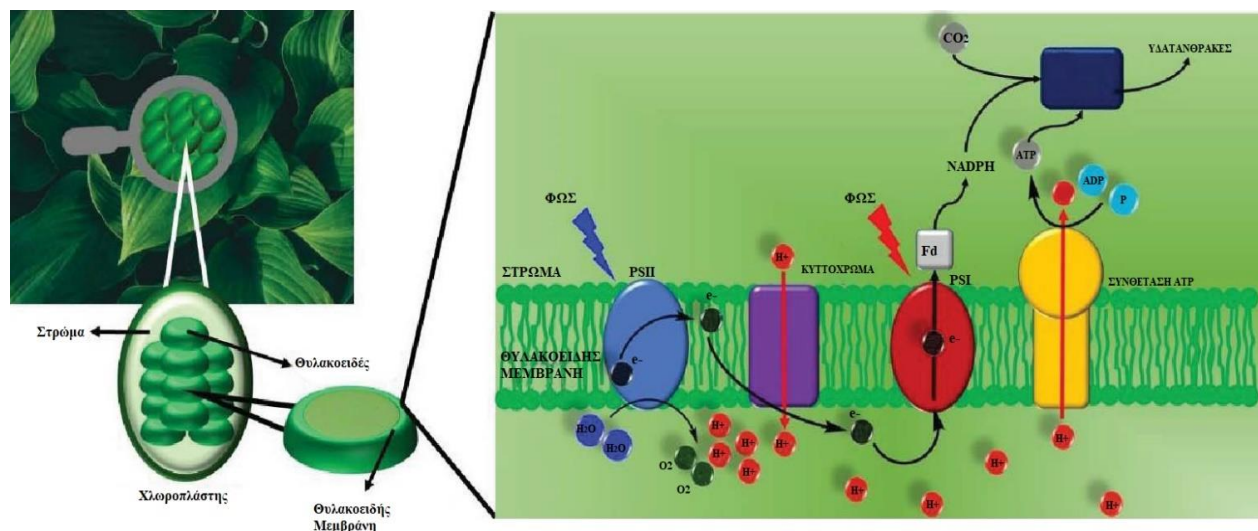
Οι Bertran et al. (2004) αναφέρουν ότι αναλογία υγρών αποβλήτων : ράχες και βοτρυδία 1:2 δημιουργεί καλύτερες συνθήκες για την κομποστοποίηση των υλικών, ιδιαίτερα αν έχει προηγηθεί κονιορτοποίηση των ραχών και των βοτρυδίων και συνιστούν την εφαρμογή του κομποστ σε εδάφη με χαμηλά ποσοστά οργανικής ουσίας. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Nistor et al. (2014), απαιτούνται περισσότερα από ένα έτη εφαρμογών στο έδαφος του αμπελώνα, προκειμένου να ληφθούν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση στο ύψος της παραγωγής και στην ποιότητα του παραγόμενου οίνου, αν και τα αποτελέσματα παρόμοιων μελετών είναι ενθαρρυντικά.

1.13. Φωτοσύνθεση

Κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε χημική, μέσω της δημιουργίας οργανικών ενώσεων από το νερό του εδάφους και το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας (Σταυρακάκης 2019 & Νικολάου 2011). Κατά την οξυγονική φωτοσύνθεση, η ενέργεια της φωτεινής ακτινοβολίας χρησιμοποιείται για να δεσμευτεί το CO₂ της ατμόσφαιρας και να αναχθεί έως το επίπεδο του υδατάνθρακα, ενώ παράλληλα το νερό διασπάται και εκλύεται μοριακό οξυγόνο ως παραπροϊόν (Αϊβαλάκης, Καραμπουρνιώτης, Λιακόπουλος, 2016). Η διεργασία περιγράφεται από την εξίσωση:



Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης ξεκινά στη θυλακοειδή μεμβράνη των χλωροπλαστών, όπου λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα δύο φωτεινές αντιδράσεις στα φωτοχημικά κέντρα αντίδρασης των φωτοσυστημάτων I (PhotoSystem I - PSI) και II (PhotoSystem II - PSII) (Stirbet et al., 2020). Το PSI αποτελείται από ένα σύμπλεγμα χλωροφυλλών και πρωτεϊνών που καταλύει τις φωτοεξαρτώμενες αντιδράσεις της οξείδωσης της πλαστοκυανίνης και της αναγωγής της φερροδοξίνης (Nelson et al., 2015), ενώ το PSII αποτελείται από περίπου 200 μόρια χλωροφύλλης (κυρίως χλωροφύλλης -β) (Σταυρακάκης, 2019) και ελέγχει τη φωτόλυση του νερού και την έκλυση του μοριακού οξυγόνου (Fontana et al., 2024). Η ενέργεια που απορροφάται από τα PSI και PSII μετατρέπεται σε χημική ενέργεια, το νερό οξειδώνεται σε μοριακό οξυγόνο, το NADP^+ μετατρέπεται σε NADPH και παράλληλα παράγεται ATP. Στη συνέχεια, τόσο το NADPH όσο και το ATP, που αποτελούν τα πλούσια σε ενέργεια προϊόντα των φωτεινών αντιδράσεων, συμμετέχουν στην αφομοίωση του CO_2 στο στρώμα των χλωροπλαστών (Stirbet et al., 2020), το οποίο αποτελείται από στιβάδες θυλακοειδών (Fontana et al., 2024). Στη συνέχεια, το CO_2 εισέρχεται στον κύκλο του Calvin, όπου και ανάγεται έως το επίπεδο των υδατανθράκων (Αϊβαλάκης, Καραμπουρνιώτης, Λιακόπουλος, 2016). Στη φάση αυτή, το CO_2 ενσωματώνεται ως καρβοξυλομάδα στο μόριο – δέκτη (1,5-διφωσφορική ριβουλόζη – RubP) και η αντίδραση καταλύεται από το ένζυμο RubisCO (καρβοξυλάση-οξυγονάση της 1,5-διφωσφορικής ριβουλόζης) (Stirbet et al., 2020).



Εικόνα 3: Σχηματική αναπαράσταση της βασικής δομής του φύλλου και απλοποιημένη εικόνα της φωτοσυνθετικής μετατροπής του νερού και του διοξειδίου του άνθρακα σε οξυγόνο και υδατάνθρακες. PSII: Φωτοσύνστημα II, PSI: Φωτοσύνστημα I, Fd: φερροδοξίνες, ADP: διφωσφορική αδενοσίνη, ATP: τριφωσφορική αδενοσίνη, P: ανόργανος φώσφορος (Fontana et al., 2024).

Εκτός από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, της οποίας η επίδραση αποτυπώνεται καθοριστικά στις βιοχημικές αντιδράσεις της, η φωτοσύνθεση εξαρτάται από πλήθος ενδογενών, περιβαλλοντικών και καλλιεργητικών παραγόντων. Αποτελεί μία διεργασία εξαιρετικά ευαίσθητη στις υψηλές θερμοκρασίες και είναι δυνατόν να υποστεί παρεμπόδιση πριν εμφανιστούν ορατά σημάδια καταπόνησης στο φυτό (Xiao et al., 2017). Αυτό οφείλεται τόσο στη μείωση της στοματικής δραστηριότητας που προκαλείται από την αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας των φύλλων (Xiao et al., 2017) όσο και στην ευαισθησία της RubisCO στις υψηλές θερμοκρασίες (Greer et al., 2012). Ωστόσο, η φωτοσύνθεση φαίνεται να επηρεάζεται αρνητικά και από τις χαμηλές θερμοκρασίες. Σύμφωνα με τους Hendrickson et al. (2004), σε θερμοκρασίες κάτω των 20°C η φωτοσυνθετική ικανότητα των πρέμων μειώνεται σημαντικά, εξαιτίας του κλεισίματος των στομάτων των φύλλων. Η αντίδραση αυτή συνοδεύεται από αντίστοιχη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης των πρέμων και του συνολικού μήκους των βλαστών, λόγω της γραμμικής συσχέτισης των παραμέτρων αυτών με τη φωτοσυνθετική ικανότητα.

Επιπλέον, η φωτοσυνθετική δραστηριότητα, αλλά και το άνοιγμα και κλείσιμο των στομάτων επηρεάζονται αρνητικά από την έλλειψη νερού (Kaya et al., 2024), ενώ σημαντική είναι και η επίδραση των καλλιεργητικών επεμβάσεων (Cataldo et al., 2020). Οι Chen et al. (2023) απέδειξαν ότι η εφαρμογή 50% ανόργανου – 50% οργανικού λιπάσματος, σε συνδυασμό με δόση άρδευσης 765 mm (σύστημα άρδευσης με σταγόνα) σε αμπελώνα περιοχής με έντονη ξηρασία ενίσχυσε την ενζυμική δραστηριότητα και τη φωτοσυνθετική ικανότητα των πρέμων. Εξίσου σημαντικός φαίνεται να είναι και ο χρησιμοποιούμενος τύπος λιπάσματος. Στη μελέτη των Chtouki et al. (2022) αναφέρεται ότι η εφαρμογή ορθοφωσφορικών και πολυφωσφορικών λιπασμάτων σε συνδυασμό με δόση άρδευσης ίση με το 75% του υδατοκορεσμού του εδάφους βελτίωσε δραστικά τη στοματική και φωτοσυνθετική δραστηριότητα, αλλά και τις φυσιολογικές και βιοχημικές δραστηριότητες φυτών ρεβυθιού.

Τα κυριότερα φωτοσυνθετικά ενεργά όργανα ενός πρέμνου είναι τα φύλλα, αλλά στη φωτοσύνθεση συμμετέχουν και οι ράγες, σε χαμηλότερη ένταση. Μάλιστα, τόσο οι φλοιοί όσο και τα γίγαρτα είναι πλούσια σε χλωροφύλλες και καροτενοειδή. Ωστόσο, ο ρόλος της φωτοσύνθεσης των σταφυλιών στη φυσιολογία και στην ποιότητά τους δεν είναι σαφής (Garrido et al., 2021). Τα σταφύλια λειτουργούν κυρίως ως δέκτες των φωτοσυνθετικών προϊόντων και η ανάπτυξη και

ωρίμανσή τους εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από τα φωτοσυνθετικά προϊόντα που λαμβάνουν μέσω της φωτοσύνθεσης των φύλλων (Rocchi, 2015).

Σύμφωνα με τους Lebon et al. (2005), η φυσιολογία των αναπτυσσόμενων ταξιανθιών της αμπέλου όσον αφορά στην διακίνηση των υδατανθράκων δεν είναι σαφής. Παρόλα αυτά, όπως προέκυψε από τη μελέτη των ποικιλιών Gewürztraminer και Pinot noir, η συγκέντρωσή τους έχει άμεση σχέση με το στάδιο ανάπτυξης των αρσενικών και θηλυκών αναπαραγωγικών οργάνων του φυτού.

Τα φύλλα της αμπέλου καθίστανται όργανα – δότες όταν αποκτήσουν περίπου το 1/3 του τελικού τους μεγέθους. Ανάλογα με την ποικιλία, η μέγιστη φωτοσύνθεση σε ένα πρέμνο παρατηρείται λίγο πριν και κατά τη διάρκεια της άνθισης και η μετακίνηση των υδατανθράκων πραγματοποιείται σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση, το άμυλο μεταφέρεται από τα πολυετή όργανα στα ετήσια για την κάλυψη των αναγκών τους. Στη δεύτερη φάση, τα φωτοσυνθετικά ενεργά φύλλα καλύπτουν τόσο τις ανάγκες των αναπτυσσόμενων οργάνων όσο και την αναπλήρωση των αποθησαυρισμένων ουσιών (Σταυρακάκης, 2019).

Κατά τη διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης, το ρεύμα διακίνησης των υδατανθράκων από το πρώτο φωτοσυνθετικά ενεργό φύλλο έχει αρχικά ακροπέταλη κατεύθυνση, αλλά κατά τη διάρκεια εμφάνισης νέων φύλλων που καθίστανται φωτοσυνθετικά ενεργά, το ρεύμα αυτό γίνεται διπλής κατεύθυνσης. Μετά τον περκασμό και μέχρι την πλήρη ωρίμανση των σταφυλών, τα περισσότερα φωτοσυνθετικά προϊόντα μεταφέρονται στις ράγες (Σταυρακάκης, 2019).

Σταδιακά, αυξανόμενης της αφομοίωσης των υδατανθράκων στα φύλλα, ελαττώνεται και η φωτοσυνθετική τους ικανότητα, η οποία καθορίζεται από τις ανάγκες των οργάνων του πρέμνου (Chaumont et al., 1994).

2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης διαφορετικών καλλιεργητικών επεμβάσεων στους ποιοτικούς και ποσοτικούς χαρακτήρες των ραγών και των σταφυλιών, αλλά και στα γλευκογραφικά χαρακτηριστικά της οينوποιήσιμης ποικιλίας αμπέλου Ρομπόλα, υπό τις συνθήκες του terroir της Κεφαλονιάς.

Απώτερος σκοπός είναι η παραγωγή αμπελουργικών προϊόντων υψηλής ποιότητας, σύμφωνα με τις αρχές της αειφόρου γεωργικής παραγωγής και της προστασίας του περιβάλλοντος, υπό το πρίσμα της σύγχρονης γεωργικής πραγματικότητας.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1. Ποικιλία – Πειραματικό Υλικό

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η οينوποιήσιμη ποικιλία Ρομπόλα. Πρόκειται για μία ελληνική λευκή ποικιλία, η οποία καλλιεργείται στην Κεφαλονιά, από όπου και λήφθηκαν τα δείγματα του πειράματος.

Ονομάζεται επίσης και Ρομπόλα άσπρη ή Ρομπόλα κέρινη, για να διακρίνεται από τις δύο χρωματικές μεταλλάξεις, τη Ρομπόλα κόκκινη (Κοκκινορομπόλα) και τη Ρομπόλα μαύρη (Μαυρορομπόλα) (Σταυρακάκης, 2021). Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σχηματίζει σταφύλια μέτριου μεγέθους, κυλινδρικού σχήματος, πυκνά, με ράγες σφαιρικές πρασινοκίτρινες έως κίτρινες.

Από την ποικιλία Ρομπόλα παρασκευάζονται οίνοι λευκοί, ξηροί, πολύ καλής ποιότητας με ιδιαίτερο άρωμα και ευχάριστη γεύση, που λαμβάνουν την ονομασία προέλευσης ανώτερης ποιότητας με το όνομα «Ρομπόλα Κεφαλληνίας» (Νικολάου, 2011).

3.2. Αμπελώνας

Η παρούσα μελέτη διεξήχθη σε αμπελώνα της περιοχής Λανού (Κοκκινοπύλια) της Κεφαλονιάς. Τα πρέμνα έχουν δεχθεί μόρφωση αμφίπλευρου γραμμικού σχήματος, κλαδεύονται σε κεφαλές των 2 οφθαλμών και δέχονται τις εξής αμπελοκομικές επεμβάσεις, ανάλογα με την εφαρμοζόμενη μεταχείριση: εφαρμογή οργανικής λίπανσης με υπολείμματα οينوποίησης (κομπόστ), φρεζάρισμα για ενσωμάτωση των οργανικών λιπασμάτων, εφαρμογή λίπανσης με συμβατικό άζωτο (21 – 0 – 0) σε δόση 59 g N/πρέμνο, εφαρμογή αζώτου με αναστολέα νιτροποίησης (21 – 0 – 0) σε δόση 59 g N/πρέμνο, εφαρμογή βορίου σε δόση 8 g B/πρέμνο, φρεζάρισμα για ενσωμάτωση των ανόργανων λιπασμάτων με φρέζα προσαρμοσμένη σε τρακτέρ και αφαίρεση αυτοφυούς βλάστησης με χρήση φρέζας και χορτοκοπτικού μηχανήματος.



Εικόνα 4: Πειραματικός αμπελώνας, Κεφαλονιά

Ένα κομμάτι του αμπελώνα χωρίστηκε σε 3 τεμάχια (I, II, III) και το κάθε τεμάχιο σε 6 κελιά (I1 – I6, II1 – II6, III1 – III6), τα οποία αποτέλεσαν τις επεμβάσεις που μελετήθηκαν. Το πείραμα διεξήχθη κατά την καλλιεργητική περίοδο 2022 – 2023.

Οι επεμβάσεις του πειράματος διαμορφώθηκαν ως εξής:

- Λ1: Φρεζάρισμα με συμβατική λίπανση (Φ+ΣΛ).
- Λ2: Φρεζάρισμα με λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης (Φ+ΛΒΑ).
- Λ3: Φρεζάρισμα με κομπόστ οиноποίησης (Φ+Κ).
- Λ4: Μειωμένη εδαφοκατεργασία με συμβατική λίπανση (ΜΕ+ΣΛ).
- Λ5: Μειωμένη εδαφοκατεργασία με λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης (ΜΕ+ΛΒΑ).
- Λ6: Μειωμένη εδαφοκατεργασία με κομπόστ οиноποίησης (ΜΕ+Κ).

3.3. Δειγματοληψία – Χειρισμός του υλικού

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε όταν τα σταφύλια βρίσκονταν στην τεχνολογική τους ωρίμανση. Συλλέχθηκε δειγματοληπτικό υλικό από 3 τυχαία πρέμνα του κάθε κελιού. Πραγματοποιήθηκαν 3 δειγματοληψίες, σε κάθε μία από τις οποίες λήφθηκαν 3 σταφυλές από

τους κύριους βλαστούς των πρέμνων. Το υλικό συλλέχθηκε κατά τις πρωινές ώρες (08:00 – 10:00). Συνολικά, σε κάθε κελί (επέμβαση) αντιστοιχούν 3 επαναλήψεις, δηλαδή κάθε δειγματοληψία αντιστοιχεί σε μία επανάληψη.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν οι μηχανικές αναλύσεις των ραγών (μήκος, πλάτος ραγών). Ακόμα, μετρήθηκαν η ολική οξύτητα, η ενεργός οξύτητα και η σακχαροπεριεκτικότητα στα γλεύκη. Τέλος, οι ράγες χωρίστηκαν σε γίγαρτα, φλοιούς και σάρκα για κάθε επανάληψη. Οι φλοιοί και τα γίγαρτα αποξηράνθηκαν με τη διαδικασία της λυοφιλίωσης και έπειτα κονιορτοποιήθηκαν σε μύλο. Η σάρκα κάθε επανάληψης πολτοποιήθηκε ξεχωριστά. Στη συνέχεια, όλα τα δείγματα (φλοιοί, γίγαρτα, γλεύκος) διατηρήθηκαν υπό βαθιά κατάψυξη στους -80°C .



Εικόνα 5: Γλεύκος (Εργαστήριο Αμπελογιαίας, Γ.Π.Α.)



Εικόνα 6: Γλεύκος (Εργαστήριο Αμπελογιαίας, Γ.Π.Α.)



Εικόνα 7: Κονιορτοποιημένοι φλοιοί και γίγαρτα (Εργαστήριο Αμπελογιαίας, Γ.Π.Α.)

3.4. Μηχανικές αναλύσεις ραγών

3.4.1. Μέσο βάρος ράγας

Για τον υπολογισμό του μέσου βάρους της ράγας, λήφθηκαν 3 ομάδες των 50 ραγών από κάθε ομάδα των 3 σταφυλών από κάθε κελί και μετρήθηκε το βάρος της κάθε ομάδας χωριστά σε ζυγό ακριβείας. Στη συνέχεια, το βάρος αυτό διαιρέθηκε με τον αριθμό των ραγών και έτσι υπολογίστηκε το μέσο βάρος ράγας σε γραμμάρια για την κάθε ομάδα.

3.4.2. Μέσο μήκος και πλάτος ραγών

Για τη μέτρηση του μέσου μήκους των ραγών, λήφθηκαν από κάθε ομάδα ραγών 30 ράγες και μετρήθηκε το μήκος κάθε ράγας με τη χρήση ψηφιακού παχυμέτρου ακρίβειας 2 δεκαδικών ψηφίων. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο μέσος όρος του μήκους ράγας για κάθε ομάδα, προσθέτοντας τα μήκη και διαιρώντας τον αριθμό αυτό με τον αριθμό των ραγών που μετρήθηκαν συνολικά (30). Αντίστοιχα, η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και για τον υπολογισμό του μέσου πλάτους των ραγών.

3.4.3. Ποσοστό υγρασίας και ξηράς ουσίας

Για τον υπολογισμό του ποσοστού υγρασίας και ξηράς ουσίας των ραγών, πραγματοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις για την κάθε επέμβαση, όπου συλλέχθηκαν για κάθε επανάληψη 10 ράγες και υπολογίστηκε το βάρος τους με ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας. Στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν στο ξηραντήριο για 5 ημέρες, ώστε να αφυδατωθούν και να ζυγιστούν εκ νέου, χωρίς την υγρασία. Με τον τρόπο αυτό, προσδιορίστηκε η διαφορά του βάρους πριν και μετά την αποξήρανση και υπολογίστηκε το ποσοστό υγρασίας των ραγών κάθε επέμβασης.

3.5. Μέτρηση γλευκογραφικών χαρακτηριστικών

3.5.1. Μέτρηση σακχαροπεριεκτικότητας (°Brix) με χρήση διαθλασίμετρου

Ο δείκτης διάθλασης του γλεύκους μετράται με τη χρήση διαθλασίμετρου. Η μέθοδος βασίζεται στη μεταβολή του δείκτη διάθλασης ενός υγρού μετά από τη διάλυση σε αυτό μίας στερεάς ουσίας, η οποία είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα της

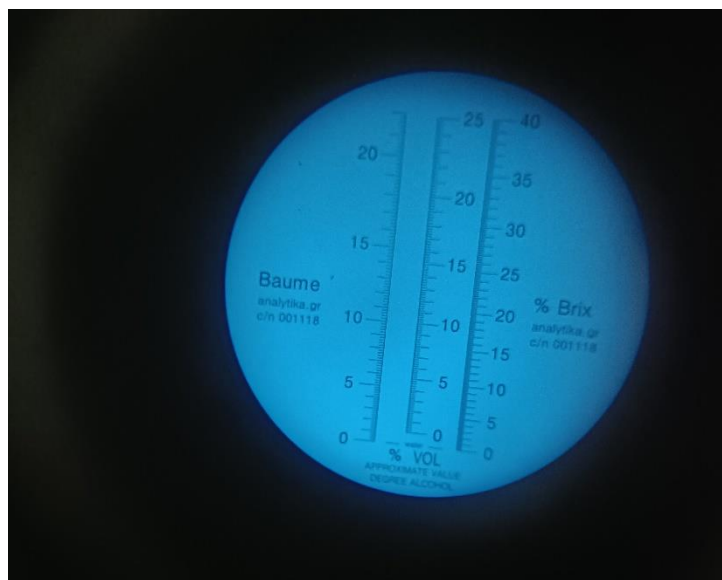
διαλυμένης ουσίας. Στην περίπτωση του γλεύκους, ο δείκτης διάθλασης αυξάνεται όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα σε σάκχαρα.

Αρχικά, οι επιφάνειες του πρίσματος και του καλύμματος καθαρίζονται με απεσταγμένο νερό και σκουπίζονται προσεκτικά με ειδικό απορροφητικό χαρτί και η διαδικασία αυτή ακολουθείται μετά από κάθε χρήση του οργάνου. Στη συνέχεια, τοποθετούνται δύο σταγόνες του γλεύκους που πρόκειται να εξεταστεί στην επιφάνεια του σταθερού πρίσματος, κατεβαίνει το κινητό πρίσμα και παρατηρείται το οπτικό πεδίο στο φως. Ο αριθμός της κλίμακας που αντιστοιχεί στη διαχωριστική γραμμή ορίζει την περιεκτικότητα επί τοις εκατό του γλεύκους σε σάκχαρα.

Οι ενδείξεις του οργάνου δίνουν την περιεκτικότητα επί τοις εκατό του γλεύκους σε σάκχαρα ή μόνο τον δείκτη διάθλασης του υγρού, επομένως η περιεκτικότητα σε σάκχαρα υπολογίζεται με τη βοήθεια πινάκων. Όταν το μετρούμενο γλεύκος έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη ή μικρότερη των 20° C, γίνεται διόρθωση του αποτελέσματος με πρόσθεση ή αφαίρεση 0,2% ανά 3 βαθμούς διαφοράς (Σούλης, 1992).



Εικόνα 8: Διαθλάσιμετρο (Εργαστήριο Αμπελογαίας, Γ.Π.Α.)

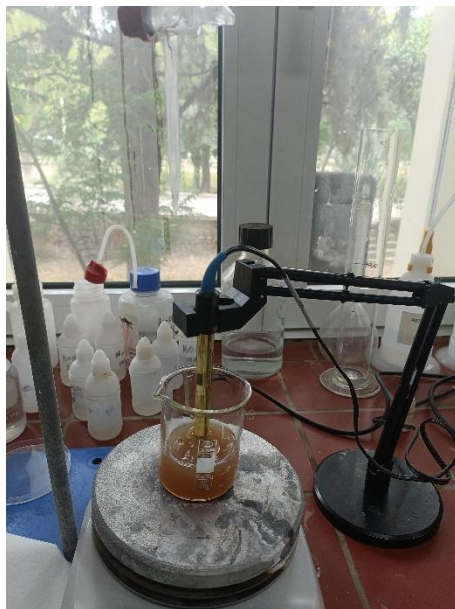


Εικόνα 9: Κλίμακα Διαθλασίμετρον (Εργαστήριο Αμπελογιίας, Γ.Π.Α.)

3.5.2. Μέτρηση ενεργού οξύτητας (pH)

Ως ενεργή οξύτητα ή pH ορίζεται το σύνολο των ελεύθερων καρβοξυλομάδων που βρίσκονται σε διάσταση, δίνοντας H^+ . Σε αντίθεση με την ολική οξύτητα, η ενεργή οξύτητα εξαρτάται και από το είδος των οργανικών οξέων (π.χ. ένας οίνος που περιέχει μία ορισμένη ποσότητα ηλεκτρικού οξέος είναι λιγότερο όξιнос από έναν που περιέχει τρυγικό οξύ σε ίσες ποσότητες, λόγω του διαφορετικού βαθμού διάστασης των ελεύθερων καρβοξυλομάδων). Το pH των οίνων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως για παράδειγμα η περιοχή καλλιέργειας και η ποικιλία της αμπέλου και η τιμή του κυμαίνεται από 2,8 έως 4,2.

Κατά τη μέτρηση του pH, αρχικά γίνεται η βαθμονόμηση του οργάνου (pH-μετρο) με διαλύματα γνωστού pH (buffer). Στη συνέχεια, το δείγμα, σε θερμοκρασία 20°C, τοποθετείται σε ποτήρι ζέσεως και γίνεται εμβάπτιση του ηλεκτροδίου. Λαμβάνεται η ένδειξη του οργάνου με 2 δεκαδικά ψηφία.



Εικόνα 10: Μέτρηση οξύτητας (Εργαστήριο Αμπελογαίας, Γ.Π.Α.)

3.5.3. Ποσοτικός προσδιορισμός της ολικής οξύτητας

Αρχή της μεθόδου

Η ολική οξύτητα καθορίζεται από το σύνολο των καρβοξυλομάδων και εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε οργανικά οξέα και ανόργανα ανιόντα και κατιόντα. Ο προσδιορισμός βασίζεται στην ογκομέτρηση αλκαλικού διαλύματος (NaOH 0,1N), το οποίο καταναλώνεται από τα οξέα του γλεύκους μέχρι το pH του δείγματος να φτάσει στην τιμή 7 της κλίμακας του pH. Ως δείκτης για τον καθορισμό του σημείου εξουδετέρωσης χρησιμοποιείται η φαινολοφθαλεΐνη ή ιδανικά η βρωμοθυμόλη. Η φαινολοφθαλεΐνη αποτελεί τον δείκτη που σηματοδοτεί το τέλος της αντίδρασης, δηλαδή την πλήρη εξουδετέρωση των οξέων του διαλύματος από το NaOH , αλλάζοντας χρώμα σε pH 8,3 – 10,5.

Αντιδραστήρια

Για τον προσδιορισμό της ολικής οξύτητας, χρησιμοποιούνται:

- Διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) κανονικότητας 0,1N.

- Αλκοολικό διάλυμα φαινολοφθαλεΐνης 10g/L (1%). Για την παρασκευή του διαλύματος διαλύονται 10 g φαινολοφθαλεΐνης σε 1.000 mL αλκοόλης 95% vol.

Διαδικασία Μέτρησης

Για τη διαδικασία της ογκομέτρησης, χρησιμοποιείται κωνική φιάλη των 250 mL, στην οποία γίνεται:

- Μεταφορά 1 mL γλεύκους.
- Προσθήκη 1 mL απεσταγμένου νερού.
- Προσθήκη 3 – 4 σταγόνων φαινολοφθαλεΐνης.
- Σταδιακή τιτλοδότηση με προσθήκη NaOH 0,1N μέχρι να αλλάξει χρώμα ο δείκτης φαινολοφθαλεΐνης.

Στη συνέχεια, σημειώνεται ο όγκος NaOH 0,1N που απαιτήθηκε για την πλήρη εξουδετέρωση των οξέων του δείγματος.

Έκφραση Αποτελεσμάτων

Έστω n τα καταναλωθέντα mL NaOH 0,1N. Η ολική οξύτητα δίνεται από τους τύπους:

- $A = 10 \times n$ (meq/L γλεύκους)
- $A = 0,075 \times A$ (g τρυγικού οξέος/L γλεύκους)

3.6. Προσδιορισμός φαινολικών συστατικών στους φλοιούς και στα γίγαρτα με τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας

3.6.1. Προετοιμασία δειγμάτων

Εκχύλιση φλοιών

Για την εκχύλιση των φλοιών, παρασκευάστηκε διάλυμα ακετόνης, μεθανόλης και νερού (σε αναλογία 40:40:19), οξινισμένο με πυκνό διάλυμα HCl 12M, κατά 1% επί του τελικού όγκου του διαλύματος εκχύλισης. Τα διαλύματα και των τριών ενώσεων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν καθαρότητας HPLC. Στη συνέχεια, ακολούθησαν τα εξής βήματα:

- Ζύγισμα 0,4 g φλοιού από κάθε επανάληψη σε ζυγό ακριβείας και ανάμειξή τους σε 4 mL διαλύματος (αναλογία 1:10).
- Ανάδευση του διαλύματος σε συσκευή Turrax στις 8.000 στροφές για 10 δευτερόλεπτα.
- Εκχύλιση υπό ανάδευση του ομογενοποιημένου διαλύματος για 60 λεπτά σε θερμοκρασία 25°C.
- Φυγοκέντρωση για 10 λεπτά στις 5.000 στροφές.
- Λήψη του υπερκείμενου (4 mL).
- **Επανάληψη της διαδικασίας -2^η φορά-** για το ίζημα από την αρχή, δηλαδή από την προσθήκη 4 mL διαλύματος εκχύλισης.
- Εκ νέου λήψη του υπερκείμενου μετά τη φυγοκέντρωση.
- Προσθήκη του υπερκείμενου στο προηγούμενο (4 mL + 4 mL = 8 mL).
- **Επανάληψη της διαδικασίας -3^η φορά-** για το ίζημα από την αρχή.
- Εκ νέου λήψη του υπερκείμενου μετά τη φυγοκέντρωση.
- Προσθήκη του υπερκείμενου στο προηγούμενο (8 mL + 4 mL = 12 mL).
- Απόρριψη του ιζήματος.

Ο τελικός όγκος του εκχυλίσματος είναι 12 mL (αναλογία ξηρού βάρους : εκχυλίσματος 1:30).

Ο σκοπός της τριπλής επανάληψης της διαδικασίας εκχύλισης είναι η εξασφάλιση της εκχύλισης όλης της ποσότητας των φαινολικών ενώσεων στο τελικό διάλυμα. Για την επανάληψη του κάθε κελιού έγινε ξεχωριστή εκχύλιση. Κατά συνέπεια, στο τέλος της διαδικασίας υπήρχαν για κάθε κελί (επέμβαση) τρία διαφορετικά εκχυλίσματα (επαναλήψεις).



Εικόνα 11: Τοποθέτηση διαλυμάτων στη φυγόκεντρο (Εργαστήριο Αμπελογιίας, Γ.Π.Α.)



Εικόνα 12: Εκχυλίσματα φλοιών (Εργαστήριο Αμπελογιίας, Γ.Π.Α.)

Εκχύλιση γιγάρτων

Τα γίγαρτα περιέχουν γιγαρτέλαιο, το οποίο απορροφά σε μήκος κύματος 280 nm. Στο ίδιο μήκος κύματος απορροφούν και οι μεμονωμένες φαινολικές ενώσεις, με αποτέλεσμα να μην καθίσταται εφικτός ο ικανοποιητικός διαχωρισμός των ενώσεων στο όργανο της υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC). Για τον λόγο αυτό, πριν τη διαδικασία της εκχύλισης των φαινολικών ενώσεων, πραγματοποιήθηκε αφαίρεση του γιγαρτέλαιου από τα κονιορτοποιημένα γίγαρτα με χρήση διαλύματος εξανίου καθαρότητας HPLC για κάθε επανάληψη, ακολουθώντας την παρακάτω μέθοδο:

- Ζύγισμα 0,4 g λυοφιλιωμένων και κονιορτοποιημένων γιγάρτων.
- Προσθήκη 2 mL εξανίου και ανάδευση.
- Φυγοκέντρηση και απόρριψη υπερκείμενου.
- **Επανάληψη της διαδικασίας -2^η φορά-** για το ίζημα.

Για την εκχύλιση των γιγάρτων παρασκευάστηκε διάλυμα μεθανόλης – νερού σε αναλογία 80:19. Το διάλυμα οξινίστηκε με πυκνό διάλυμα HCl 12M, κατά 1% επί του τελικού όγκου του διαλύματος εκχύλισης. Στη συνέχεια, ακολουθήθηκε η διαδικασία εκχύλισης των φαινολικών ενώσεων από το παραπάνω ίζημα για την κάθε επανάληψη:

- Προσθήκη 4 mL διαλύματος εκχύλισης.
- Ανάδευση σε συσκευή Turax στις 8.000 στροφές για μερικά δευτερόλεπτα.
- Εκχύλιση υπό ανάδευση του ομογενοποιημένου διαλύματος για 60 λεπτά σε θερμοκρασία 25°C.
- Φυγοκέντρηση για 5 λεπτά στις 5.000 στροφές.
- Λήψη του υπερκείμενου (4 mL).
- Επανάληψη της διαδικασίας -2^η φορά- για το ίζημα από την αρχή, δηλαδή από την προσθήκη 5 mL διαλύματος εκχύλισης.
- Εκ νέου λήψη του υπερκείμενου μετά τη φυγοκέντρηση.
- Προσθήκη του υπερκείμενου στο προηγούμενο (4 mL + 4 mL = 8 mL).
- Επανάληψη της διαδικασίας -3^η φορά- για το ίζημα από την αρχή.
- Εκ νέου λήψη του υπερκείμενου μετά τη φυγοκέντρηση.
- Προσθήκη του υπερκείμενου στο προηγούμενο (8 mL + 4 mL = 12 mL).
- Απόρριψη του ιζήματος.

Ο τελικός όγκος του εκχυλίσματος είναι 12 mL (αναλογία ξηρού βάρους : εκχυλίσματος 1:30).

Ο σκοπός της τριπλής επανάληψης της διαδικασίας εκχύλισης είναι η εξασφάλιση της εκχύλισης όλης της ποσότητας των φαινολικών ενώσεων στο τελικό διάλυμα. Για την επανάληψη του κάθε κελιού έγινε ξεχωριστή εκχύλιση. Κατά συνέπεια, στο τέλος της διαδικασίας υπήρχαν για κάθε κελί (επέμβαση) τρία διαφορετικά εκχυλίσματα (επανάληψη).

Αραιώση

Η συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων στους φλοιούς και στα γίγαρτα είναι πολύ υψηλή, επομένως έγινε αραιώση στα αρχικά εκχυλίσματα. Έτσι, για την παρασκευή αραιωμένων εκχυλισμάτων χρησιμοποιήθηκαν 0,40 mL πυκνού εκχυλίσματος φλοιών σε 3,6 mL διαλύτη (μεθανόλη) και 0,20 mL πυκνού εκχυλίσματος γιγάρτων σε 3,8 mL διαλύτη (μεθανόλη). Δηλαδή, στους φλοιούς πραγματοποιήθηκε αραιώση 1:10 και στους φλοιούς 1:20, σε τελικό όγκο διαλύματος 4 mL. Ως διαλύτης χρησιμοποιήθηκε μεθανόλη καθαρότητας HPLC.

3.6.2. Μέτρηση φαινολικών ενώσεων με τη μέθοδο Hand

Αρχή της μεθόδου

Για να προσδιοριστεί η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ενώσεων στους φλοιούς και στα γίγαρτα των ραγών, είναι απαραίτητο να προηγηθεί εκχύλιση. Μετά την εκχύλιση, η μέτρηση των ολικών φαινολικών γίνεται φασματοφωτομετρικά στα 280 nm. Η μέτρηση αυτή, παρόλο που δεν συσχετίζεται άμεσα με τις τιμές που προκύπτουν κατά την οينوποίηση, παρέχει πληροφορίες για το σύνολο των ολικών φαινολικών στη ράγα (φλοιός, σάρκα, γίγαρτα). Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, η μέτρηση πραγματοποιήθηκε σε φλοιούς και γίγαρτα και όχι στο γλεύκος, καθώς η εκχύλιση του γλεύκους εξαρτάται από τον τύπο της οينوποίησης του παραγόμενου οίνου (χρόνοι, θερμοκρασίες, τρόποι εκχύλισης).

Αντιδραστήρια

Για τη μέτρηση των ολικών φαινολικών, χρησιμοποιήθηκαν:

- Υδατικό διάλυμα αιθανόλης 50% v/v, pH = 2. Για την παρασκευή 500 mL διαλύματος, αναμιγνύονται 250 mL αιθανόλης με 250 mL απιονισμένου νερού. Η ρύθμιση του pH του διαλύματος γίνεται με HCl 1M.
- Διάλυμα HCl 1M. Για την παρασκευή του διαλύματος αραιώθηκε 1:12 πυκνό HCl 12M σε απιονισμένο νερό.

Προετοιμασία δειγμάτων

Στη μέτρηση των ολικών φαινολικών ενώσεων των φλοιών και των γιγάρτων χρησιμοποιήθηκαν τα αραιωμένα εκχυλίσματα που αναφέρθηκαν παραπάνω (1:10 και 1:20 αντίστοιχα).

Διαδικασία μέτρησης

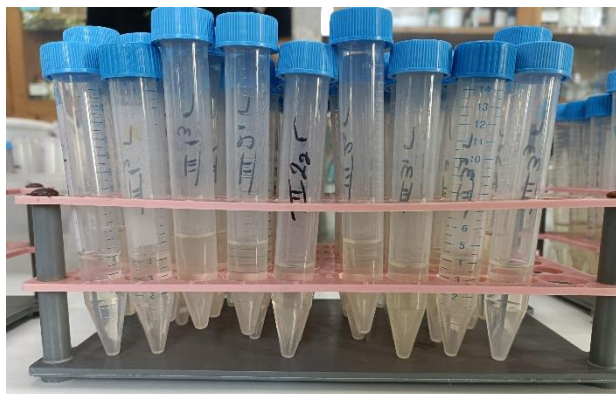
Η διαδικασία της μέτρησης των ολικών φαινολικών ενώσεων είναι κοινή για τα εκχυλίσματα των φλοιών και των γιγάρτων και είναι η εξής:

- Φυγοκέντρηση των δειγμάτων στις 4.000 rpm για 10 λεπτά.
- Μεταφορά 0,125 mL από το υπερκείμενο σε δοκιμαστικούς σωλήνες.
- Προσθήκη 2,5 mL HCl 1M.
- Ανάδευση με vortex.
- Παραμονή σε ηρεμία στο σκοτάδι, σε θερμοκρασία δωματίου για 3 ώρες.
- Φωτομέτρηση στα 280 nm (κυψελίδα χαλαζία, λάμπα δευτερίου).

Για το μηδενισμό του φωτομέτρου στη μέτρηση των ολικών φαινολικών, χρησιμοποιήθηκε αντί για δείγμα μεθανόλη (0,125 mL) καθαρότητας HPLC για τα γίγαρτα και για τους φλοιούς σε διαφορετικούς δοκιμαστικούς σωλήνες, σύμφωνα με το ίδιο πρωτόκολλο.

Η απορρόφηση των φαινολικών ενώσεων στο φωτόμετρο μετρήθηκε στα 280 nm με κυψελίδα χαλαζία και λάμπα δευτερίου. Για κάθε επανάληψη λήφθηκαν 3 μετρήσεις. Από αυτές στη συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος όρος και με τη χρήση της πρότυπης καμπύλης υπολογίστηκαν οι περιεκτικότητες των δειγμάτων σε ολικά φαινολικά.

Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης των φαινολικών ενώσεων, χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπη ένωση το γαλλικό οξύ σε διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων (7,8125 – 500 ppm).



Εικόνα 13: Διαλύματα αραιού εκχυλίσματος – HCl πριν τη μέτρηση στο φωτόμετρο (Εργαστήριο Αμπελογιαίας, Γ.Π.Α.)

Υπολογισμός ολικών φαινολικών ενώσεων

Ο υπολογισμός των ολικών φαινολικών ενώσεων για τους φλοιούς γίνεται σε δύο βήματα και η περιεκτικότητα των ολικών φαινολικών ενώσεων εκφράζεται σε mg γαλλικού οξέος/g νωπού ιστού.

(Α) Υπολογισμός mg γαλλικού οξέος/g ξηρού ιστού: $[(A280/0,002) \times 10 \times 12] / (0,001 \times 0,4)$

(Β) Υπολογισμός mg γαλλικού οξέος/g νωπού ιστού: $(A) - [\%H \times (A)]$

Ο υπολογισμός αυτός και για τα γίγαρτα πραγματοποιείται σε δύο βήματα και η περιεκτικότητα των ολικών φαινολικών ενώσεων εκφράζεται σε mg γαλλικού οξέος/g νωπού ιστού.

(Α) Υπολογισμός mg γαλλικού οξέος/g ξηρού ιστού: $[(A280/0,002) \times 20 \times 12] / (0,001 \times 0,4)$

(Β) Υπολογισμός mg γαλλικού οξέος/g νωπού ιστού: $(A) - [\%H \times (A)]$

3.6.3. Μέτρηση συμπυκνωμένων ταννινών με μεθυλική κυτταρίνη (Methyl-cellulose)

Αρχή της μεθόδου

Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται το σύνολο των ταννινών του δείγματος οίνου ή ράγας. Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στις αλληλεπιδράσεις των ταννινών με άλλα μόρια, όπως η μεθυλική κυτταρίνη (MC) και τη δημιουργία αδιάλυτων συμπλόκων, τα οποία καθιζάνουν. Το πολυμερές

που χρησιμοποιείται είναι η MC και ως εκ τούτου, η μέθοδος μετρά τις ταννίνες που καθιζάνουν με τη MC, δηλαδή μετρά την MCP-ταννίνη.

Η μέθοδος βασίζεται στην αφαίρεση των τιμών απορρόφησης στα 280 nm (A_{280}) των διαλυμάτων με και χωρίς καθίζηση που μετρήθηκαν με τη χρήση φασματοφωτόμετρου. Η MC δεν απορροφά στα 280 nm, επομένως δεν εμποδίζει τις μετρήσεις.

Αντιδραστήρια

Για τη μέτρηση των συμπυκνωμένων ταννινών, χρησιμοποιούνται τα εξής αντιδραστήρια:

- Υδατικό διάλυμα αιθανόλης 50% (όχι οξινισμένης). Η παρασκευή του διαλύματος γίνεται με προσθήκη 50 mL αιθανόλης σε ογκομετρική φιάλη και συμπλήρωση με απιονισμένο νερό μέχρι τα 100 mL.
- Κορεσμένο διάλυμα θεικού αμμωνίου (Ammonium sulfate – AS). Η παρασκευή του διαλύματος γίνεται με προσθήκη 300 mL απιονισμένου νερού και κρυστάλλων AS σε ποτήρι ζέσεως των 500 mL υπό συνεχή ανάδευση, μέχρι να μην είναι εφικτή η περεταίρω διάλυση του AS. Συνεχίζεται η προσθήκη κρυστάλλων AS έως ότου να δημιουργηθεί στο κάτω μέρος του ποτηριού στρώση πάχους 1,5 cm.
- Διάλυμα MC 0,04%. Η παρασκευή του διαλύματος γίνεται με θέρμανση περίπου 300 mL απιονισμένου νερού στους 80°C, στο οποίο προστίθενται 0,4 g MC υπό συνεχή ανάδευση, μέχρι να διαλυθεί πλήρως. Το διάλυμα τοποθετείται στο υδατόλουτρο στους 0 – 5 °C και προστίθεται σταδιακά κρύο νερό, υπό ανάδευση για 20 – 40 λεπτά. Στη συνέχεια, το διάλυμα από το υδατόλουτρο και αφήνεται υπό ανάδευση για 12 ώρες.

Διαδικασία μέτρησης

Για τους φλοιούς χρησιμοποιήθηκαν τα αραιωμένα εκχυλίσματα 1:10, ενώ για τα γίγαρτα τα αραιωμένα εκχυλίσματα 1:20. Η διαδικασία αυτή είναι κοινή για φλοιούς και γίγαρτα και είναι η ακόλουθη:

- Φυγοκέντρηση των δειγμάτων στις 4.000 rpm για 10 λεπτά.
- Δημιουργία διαλύματος σε 2 πλαστικούς σωλήνες φυγοκέντρου για το κάθε δείγμα (control και treatment).

A. Control: 1 mL αραιωμένου εκχυλίσματος + 2 mL AS + H₂O (σε τελικό όγκο 10 mL). Ανάδευση με vortex και παραμονή σε θερμοκρασία δωματίου για 10 λεπτά.

B. Treatment: 1 mL αραιωμένου εκχυλίσματος + 3 mL MC (ανάδευση σε vortex και παραμονή για 2 – 3 λεπτά) + 2 mL AS + H₂O (σε τελικό όγκο 10 mL). Ανάδευση με vortex και παραμονή σε θερμοκρασία δωματίου για 10 λεπτά.

- Φυγοκέντρηση για 10 λεπτά στις 6.000 rpm.
- Φωτομέτρηση στα 280 nm (κυψελίδα χαλαζία, λάμπα δευτερίου).

Για το μηδενισμό του φωτομέτρου χρησιμοποιήθηκε μάρτυρας που περιείχε αντί του δείγματος 1 mL MeOH καθαρότητας HPLC για φλοιούς και γίγαρτα.

Μετρήθηκε η απορρόφηση στα 280 nm με κυψελίδα χαλαζία και λάμπα δευτερίου. Για κάθε επανάληψη έγιναν 3 μετρήσεις στο φασματοφωτόμετρο, από τις οποίες υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους για το μάρτυρα (control) και για το δείγμα της επέμβασης (treatment). Υπολογίστηκε η διαφορά των μέσων όρων για κάθε επανάληψη ($A_{280} = ACS - ATS$) και, χρησιμοποιώντας την πρότυπη καμπύλη, μετρήθηκαν οι περιεκτικότητες των δειγμάτων.

Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης των συμπυκνωμένων ταννινών, χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπη ένωση η κατεχίνη σε διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων.

Υπολογισμός συμπυκνωμένων ταννινών με μεθυλική κυτταρίνη

Ο υπολογισμός αυτός για τους φλοιούς γίνεται σε δύο βήματα και η περιεκτικότητα των συμπυκνωμένων ταννινών εκφράζεται σε mg κατεχίνης/ g νωπού ιστού.

(A) Υπολογισμός mg κατεχίνης/ g ξηρού ιστού: $[(A_{280}/0,0011) \times 10 \times 12] / (0,001 \times 0,4)$

(B) Υπολογισμός mg κατεχίνης/ g νωπού ιστού: $(A) - [\%H \times (A)]$

Ο υπολογισμός αυτός και για τα γίγαρτα γίνεται σε δύο βήματα και η περιεκτικότητα των συμπυκνωμένων ταννινών εκφράζεται σε mg κατεχίνης/ g νωπού ιστού.

(A) Υπολογισμός mg κατεχίνης/ g ξηρού ιστού: $[(A_{280}/0,0011) \times 20 \times 12] / (0,001 \times 0,4)$

(B) Υπολογισμός mg κατεχίνης/ g νωπού ιστού: $(A) - [\%H \times (A)]$



Εικόνα 14: Σύμπλοκα MC - ταννινών σε δοκιμαστικό σωλήνα φυγοκέντρου (Εργαστήριο Αμπελογαίας, Γ.Π.Α.)

3.6.4. Μέτρηση των ολικών φλαβονοειδών ενώσεων με τη μέθοδο του χλωριούχου αργιλίου (AlCl_3)

Αρχή της μεθόδου

Η αρχή της μεθόδου προσδιορισμού των ολικών φλαβονοειδών με το χλωριούχο αργίλιο (AlCl_3) βασίζεται στο ότι το AlCl_3 σχηματίζει σταθερά όξινα σύμπλοκα με την κετονομάδα στη θέση C4 και την υδροξυλική ομάδα είτε της θέσης C3 είτε της θέσης C5 των φλαβονών και φλαβονολών. Επιπλέον, σχηματίζει όξινα ασταθή σύμπλοκα με τις όρθο – υδροξυλομάδες των δακτυλίων A και B των φλαβονοειδών.

Αντιδραστήρια

Για τον προσδιορισμό των ολικών φλαβονοειδών, χρησιμοποιήθηκαν:

- Υδατικό διάλυμα NaNO_2 5% w/v. Για την παρασκευή του διαλύματος, ζυγίζονται 5 g NaNO_2 και διαλύονται σε απιονισμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 100 mL.
- Υδατικό διάλυμα AlCl_3 10% w/v. Για την παρασκευή του διαλύματος ζυγίζονται 10 g AlCl_3 και διαλύονται μέχρι τελικού όγκου 100 mL, κάτω από απαγωγό.
- Διάλυμα NaOH 1N.

Προετοιμασία δειγμάτων

Για τους φλοιούς χρησιμοποιήθηκαν τα αραιωμένα εκχυλίσματα 1:10, ενώ για τα γίγαρτα τα αραιωμένα εκχυλίσματα 1:20.

Διαδικασία μέτρησης

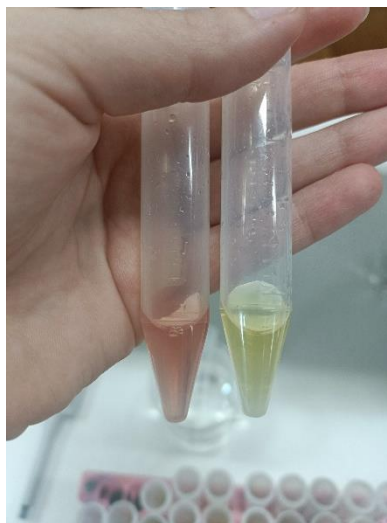
Η διαδικασία είναι κοινή για φλοιούς και γίγαρτα. Σε πλαστικό σωλήνα φυγοκέντρου:

- Προσθήκη 2 mL απεσταγμένου νερού.
- Προσθήκη 0,5 mL αραιωμένου εκχυλίσματος.
- Ανάδευση με vortex και προσθήκη 0,15 mL NaNO_2 5% w/v.
- Ανάδευση με vortex και μετά από 5 λεπτά προσθήκη 0,15 mL AlCl_3 10% w/v.
- Ανάδευση με vortex και μετά από 6 λεπτά προσθήκη 1 mL NaOH 1N.
- Ανάδευση με vortex και προσθήκη 1,2 mL απεσταγμένου νερού.
- Ανάδευση με vortex και μέτρηση των δειγμάτων στο φωτόμετρο.

Για το μηδενισμό του φωτομέτρου χρησιμοποιήθηκε μάρτυρας που περιείχε αντί του δείγματος 0,5 mL MeOH καθαρότητας HPLC για φλοιούς και για γίγαρτα και ακολουθήθηκε το ίδιο πρωτόκολλο.

Η μέτρηση της απορρόφησης έγινε σε μήκος κύματος 510 nm με πλαστική κυψελίδα και λάμπα αλογόνου. Για κάθε επανάληψη έγιναν 3 μετρήσεις στο φασματοφωτόμετρο, από τις οποίες υπολογίστηκε ο μέσος όρος. Χρησιμοποιώντας την πρότυπη καμπύλη, βρέθηκαν οι περιεκτικότητες των δειγμάτων.

Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης των ολικών φλαβονοειδών, χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπη ένωση η κατεχίνη σε διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων (7,8125 – 500 ppm).



Εικόνα 15: Εκχυλίσματα μετά από την προσθήκη $AlCl_3$ (αριστερά) και $NaOH$ (δεξιά) (Εργαστήριο Αμπελογιαίας, Γ.Π.Α.)

Υπολογισμός ολικών φλαβονοειδών ενώσεων

Ο υπολογισμός αυτός για τους φλοιούς γίνεται σε δύο βήματα και η περιεκτικότητα των ολικών φλαβονοειδών εκφράζεται σε mg κατεχίνης/ g νωπού ιστού.

(Α) Υπολογισμός mg κατεχίνης/ g ξηρού ιστού: $[(A510/0,001) \times 10 \times 12] / (0,001 \times 0,4)$

(Β) Υπολογισμός mg κατεχίνης/ g νωπού ιστού: $(A) - [\%H \times (A)]$

Ο υπολογισμός αυτός και για τα γύγαρτα γίνεται σε δύο βήματα και η περιεκτικότητα των ολικών φλαβονοειδών εκφράζεται σε mg κατεχίνης/ g νωπού ιστού.

(Α) Υπολογισμός mg κατεχίνης/ g ξηρού ιστού: $[(A510/0,001) \times 20 \times 12] / (0,001 \times 0,4)$

(Β) Υπολογισμός mg κατεχίνης/ g νωπού ιστού: $(A) - [\%H \times (A)]$

3.6.5. Μέτρηση των ολικών φλαβανολών με τη μέθοδο της 4-διμεθυλ-αμμινοκινναμωνικής αλδεϋδης (4-DMACA)

Αρχή της μεθόδου

Οι αλδεϋδες αντιδρούν με τις μ – διφαινόλες προς σχηματισμό ενός έγχρωμου (βαθύ μπλε) ιόντος υπό όξινες συνθήκες. Η αντίδραση έχει αξιοποιηθεί για την εκτίμηση των φλαβανολών,

καθώς ο δακτύλιος Α έχει λειτουργικότητα μ – διφαινόλης. Οι Thies & Fischer (1971) ανέφεραν για πρώτη φορά το βαθύ μπλε χρωματισμό της 4-διμεθυλ-αμμινοκινναμωνικής αλδεΐδης (4-DMACA) μετά από αντίδρασή της με τις κατεχίνες.

Αντιδραστήρια

Για τη μέτρηση των ολικών φλαβονολών, χρησιμοποιήθηκαν:

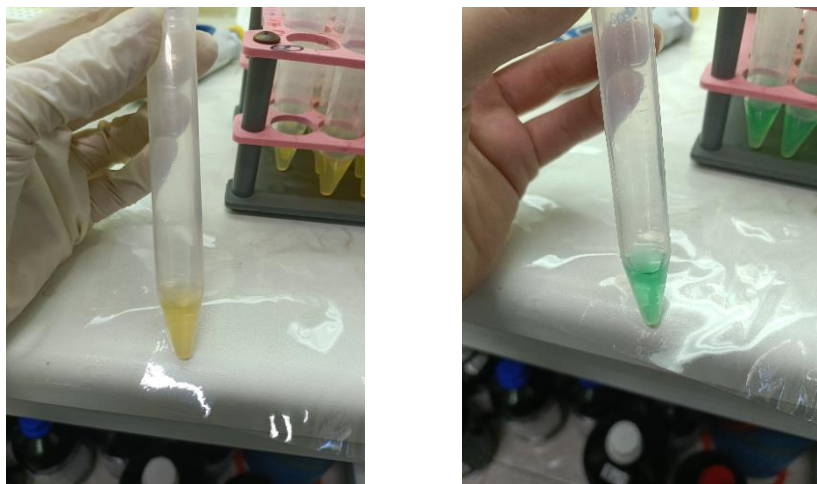
- Σκόνη 4 – DMACA 100 mg.
- Διάλυμα 25% HCl 1N.
- MeOH καθαρότητας HPLC.
- Διάλυμα 4 – DMACA 0,1% w/v. Για την παρασκευή του διαλύματος, αναμίχθηκαν 8,5 mL HCl με 91,65 mL MeOH και στη συνέχεια διαλύθηκαν τα 100 mg 4 – DMACA υπό συνεχή ανάδευση.

Προετοιμασία δειγμάτων

Για τη μέτρηση αυτή, έγιναν περεταίρω αραιώσεις στα αραιωμένα εκχυλίσματα 1:10 των φλοιών και 1:20 των γιγάρτων:

- Σε 0,19 mL του αραιωμένου εκχυλίσματος 1:10 των φλοιών προστέθηκαν 1,31 mL MeOH καθαρότητας HPLC.
- Σε 0,25 mL του αραιωμένου εκχυλίσματος 1:20 των γιγάρτων προστέθηκαν 1,25 mL MeOH καθαρότητας HPLC.

Επομένως, η τελική αραιώση των εκχυλισμάτων των φλοιών και των γιγάρτων που χρησιμοποιήθηκαν στη μέτρηση αυτή ήταν 1:80 και 1:120 αντίστοιχα.



Εικόνα 16: Διάλυμα αραιού εκχυλίσματος με 4 – DMACA πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά) από την πάροδο της αναμονής των 10 λεπτών (Εργαστήριο Αμπελογίας, Γ.Π.Α.)

Διαδικασία μέτρησης

Η διαδικασία της μέτρησης αυτής είναι κοινή για τους φλοιούς και για τα γίγαρτα. Σε πλαστικό σωλήνα φυγοκέντρου:

- Μεταφορά 1 mL διαλύματος 4 – DMACA.
- Προσθήκη 0,2mL αραιωμένου εκχυλίσματος και ανάδευση με vortex.
- Παραμονή των δειγμάτων σε ηρεμία για 10 λεπτά.
- Μέτρηση των δειγμάτων σε φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 640nm.

Για το μηδενισμό του φωτομέτρου χρησιμοποιήθηκε μάρτυρας που περιείχε αντί του αραιωμένου εκχυλίσματος 0,2 mL MeOH καθαρότητας HPLC και εφαρμόστηκε το ίδιο πρωτόκολλο.

Για κάθε επανάληψη λήφθηκαν 3 μετρήσεις στο φασματοφωτόμετρο, από τις οποίες υπολογίστηκε ο μέσος όρος. Χρησιμοποιώντας την πρότυπη καμπύλη, βρέθηκαν οι περιεκτικότητες των δειγμάτων.

Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης των ολικών φλαβονολών, χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπη ένωση η κατεχίνη σε διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων (7,8125 – 65,5 ppm).

Υπολογισμός ολικών φλαβονολών

Ο υπολογισμός αυτός για τους φλοιούς γίνεται σε δύο βήματα και η περιεκτικότητα των ολικών φλαβονολών εκφράζεται σε mg κατεχίνης/ g νωπού ιστού.

$$(A) \text{ Υπολογισμός mg κατεχίνης/ g ξηρού ιστού: } [(A640/0,045) \times 80 \times 12] / (0,001 \times 0,4)$$

$$(B) \text{ Υπολογισμός mg κατεχίνης/ g νωπού ιστού: } (A) - [\%H \times (A)]$$

Ο υπολογισμός αυτός και για τα γιγάρτα γίνεται σε δύο βήματα και η περιεκτικότητα των ολικών φλαβονολών εκφράζεται σε mg κατεχίνης/ g νωπού ιστού.

$$(A) \text{ Υπολογισμός mg κατεχίνης/ g ξηρού ιστού: } [(A640/0,045) \times 120 \times 12] / (0,001 \times 0,4)$$

$$(B) \text{ Υπολογισμός mg κατεχίνης/ g νωπού ιστού: } (A) - [\%H \times (A)]$$

3.6.6. Μέτρηση των ολικών φλαβονών και φλαβονολών με τη μέθοδο του χλωριούχου αργιλίου (AlCl₃)

Αρχή της μεθόδου

Η αρχή της μεθόδου περιγράφεται παραπάνω, στη μέτρηση των ολικών φλαβονοειδών.

Αντιδραστήρια

Για τη μέτρηση των ολικών φλαβονών και φλαβονολών, χρησιμοποιήθηκαν:

- MeOH καθαρότητας HPLC.
- Διάλυμα AlCl₃ 5% w/v. Για την παρασκευή του διαλύματος, ζυγίζονται 5 g AlCl₃ και διαλύονται σε MeOH καθαρότητας HPLC μέχρι τελικού όγκου 100 mL, κάτω από απαγωγό.

Προετοιμασία δειγμάτων

Στη μέτρηση αυτή χρησιμοποιήθηκαν τα πυκνά εκχυλίσματα φλοιών και γιγάρτων, διότι η χρήση των αραιωμένων θα καθιστούσε δύσκολη την ανίχνευση των φλαβονολών.

Διαδικασία μέτρησης

Σε πλαστικό σωλήνα φυγοκέντρου:

- Μεταφορά 0,2 mL πυκνού εκχυλίσματος.
- Προσθήκη 2 mL MeOH και ανάδευση.
- Προσθήκη 0,1 mL διάλυμα AlCl_3 και ανάδευση.
- Προσθήκη 2,7 mL MeOH και ανάδευση.
- Παραμονή του δείγματος για 30 λεπτά σε ηρεμία, σε θερμοκρασία δωματίου.
- Μέτρηση των δειγμάτων σε φασματοφωτόμετρο, σε μήκος κύματος 425 nm.

Για το μηδενισμό του φωτομέτρου χρησιμοποιήθηκε μάρτυρας που περιείχε αντί του πυκνού εκχυλίσματος 0,2 mL MeOH για τη μέτρηση στους φλοιούς και στα γίγαρτα και ακολουθήθηκε το ίδιο πρωτόκολλο.

Για κάθε επανάληψη έγιναν 3 μετρήσεις στο φασματοφωτόμετρο, από τις οποίες υπολογίστηκε ο μέσος όρος. Χρησιμοποιώντας την πρότυπη καμπύλη, βρέθηκαν οι περιεκτικότητες των δειγμάτων.

Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης των ολικών φλαβονών και φλαβονολών, χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπη ένωση η ρουτίνη σε διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων (7,8125 – 500 ppm).

Υπολογισμός ολικών φλαβονών και φλαβονολών

Ο υπολογισμός αυτός για τους φλοιούς γίνεται σε δύο βήματα και η περιεκτικότητα των ολικών φλαβονών και φλαβονολών εκφράζεται σε mg ρουτίνης/ g νωπού ιστού.

$$(A) \text{ Υπολογισμός mg ρουτίνης/ g ξηρού ιστού: } [(A_{425}/0,002) \times 12] / (0,001 \times 0,4)$$

$$(B) \text{ Υπολογισμός mg ρουτίνης/ g νωπού ιστού: } (A) - [\%H \times (A)]$$

Ο υπολογισμός αυτός και για τα γίγαρτα γίνεται σε δύο βήματα και η περιεκτικότητα των ολικών φλαβονών και φλαβονολών εκφράζεται σε mg ρουτίνης / g νωπού ιστού.

$$(A) \text{ Υπολογισμός mg ρουτίνης/ g ξηρού ιστού: } [(A_{425}/0,002) \times 12] / (0,001 \times 0,4)$$

$$(B) \text{ Υπολογισμός mg ρουτίνης/ g νωπού ιστού: } (A) - [\%H \times (A)]$$

3.6.7. Μέτρηση ολικών ο – διφαινολών με τη μέθοδο Roussos & Pontikis

Αρχή της μεθόδου

Ο προσδιορισμός των ο – διφαινολών έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο που περιγράφεται από τους Roussos & Pontikis (2001). Η συγκέντρωση των ο – διφαινολών προσδιορίστηκε με Sodium molybdate.

Αντιδραστήρια

Για τη μέτρηση των ολικών ο – διφαινολών, χρησιμοποιήθηκαν:

- Φωσφορικό διάλυμα 0,1 M και pH 5,8.
- 5% w/v $\text{NaMoO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Προετοιμασία δειγμάτων

Στη μέτρηση αυτή χρησιμοποιήθηκαν τα πυκνά εκχυλίσματα φλοιών και γιγάρτων, διότι η χρήση των αραιωμένων θα καθιστούσε δύσκολη την ανίχνευση των ο – διφαινολών.

Διαδικασία μέτρησης

- Προσθήκη 100 μL εκχυλίσματος του δείγματος σε 900 μL απεσταγμένο νερό και καλή ανάδευση.
- Προσθήκη 1 mL φωσφορικού ρυθμιστικού διαλύματος συγκέντρωσης 0,1 M και pH 5,8 και ανάδευση.
- Προσθήκη 2 mL $\text{NaMoO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ περιεκτικότητας 5% w/v και ανάδευση.
- Παραμονή των δειγμάτων σε ηρεμία για 15 λεπτά.
- Μέτρηση των δειγμάτων σε φασματοφωτόμετρο, σε μήκος κύματος 370 nm.

Για το μηδενισμό του φωτομέτρου στη μέτρηση των ο – διφαινολών στους φλοιούς και στα γίγαρτα χρησιμοποιήθηκε μάρτυρας που περιείχε 0,1 mL MeOH και ακολουθήθηκε το ίδιο πρωτόκολλο.

Για κάθε επανάληψη έγιναν 3 μετρήσεις στο φασματοφωτόμετρο, από τις οποίες υπολογίστηκε ο μέσος όρος. Χρησιμοποιώντας την πρότυπη καμπύλη, βρέθηκαν οι περιεκτικότητες των δειγμάτων.

Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης των ολικών ο – διφαινολών, χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπη ένωση το καφεϊκό οξύ σε διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων.

3.6.8. Προσδιορισμός αντιοξειδωτικής ικανότητας με τη μέθοδο της αντιοξειδωτικής ισχύος αναγωγής τρισθενούς σιδήρου (FRAP)

Αρχή της μεθόδου

Η μέθοδος FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power/Αντιοξειδωτική Ισχύς Αναγωγής Τρισθενούς Σιδήρου) στηρίζεται στην αναγωγή ενός συμπλόκου του τρισθενούς σιδήρου από το αντιοξειδωτικό προς ένα προϊόν με έντονο κυανό χρώμα. Αναπτύχθηκε από τους Benzie&Strain, (1996).

Αντιδραστήρια

Για τον προσδιορισμό της αντιοξειδωτικής ικανότητας με τη μέθοδο FRAP, χρησιμοποιήθηκαν:

- Ρυθμιστικό διάλυμα οξικού οξέος συγκέντρωσης 0,3 M και pH 3,6.
- Διάλυμα TPTZ 10 mM/L σε διάλυμα HCl 40 mM/L.
- Διάλυμα $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 20 mM/L.
- HCl 40 mM.

Προετοιμασία δειγμάτων

Για τη μέτρηση αυτή, χρησιμοποιήθηκαν τα αραιωμένα εκχυλίσματα 1:80 των φλοιών και τα αραιωμένα εκχυλίσματα 1:120 των γιγάρτων.

Διαδικασία μέτρησης

- Ημερήσια παρασκευή του διαλύματος FRAP: ανάμιξη 25 mL ρυθμιστικού διαλύματος, 2,5 mL TPTZ και 2,5 mL $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

- Θέρμανση του διαλύματος εργασίας FRAP στους 37°C και λήψη της τιμής της απορρόφησης στα 593 nm ως τυφλό.
- Προσθήκη 1,1 mL διαλύματος FRAP σε 0,1 mL αραιωμένου εκχυλίσματος και παραμονή του δείγματος στο σκοτάδι για 10 λεπτά σε θερμοκρασία 37°C.
- Μέτρηση της απορρόφησης του δείγματος στα 593 nm.

Για το μηδενισμό του φωτομέτρου χρησιμοποιήθηκε μάρτυρας που περιείχε αντί του αραιωμένου εκχυλίσματος 0,1 mL MeOH καθαρότητας HPLC για τους φλοιούς και για τα γιγάρτα και ακολουθήθηκε το ίδιο πρωτόκολλο.

Για κάθε επανάληψη λήφθηκαν 3 μετρήσεις στο φασματοφωτόμετρο, από τις οποίες υπολογίστηκε ο μέσος όρος. Χρησιμοποιώντας την πρότυπη καμπύλη, βρέθηκαν οι περιεκτικότητες των δειγμάτων.

Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης των αντιοξειδωτικών, χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπη ένωση το αντιοξειδωτικό διάλυμα trolox σε διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων.

3.6.9. Προσδιορισμός αντιοξειδωτικής ικανότητας με τη μέθοδο DPPH

Αντιδραστήρια

Για τον προσδιορισμό της αντιοξειδωτικής ικανότητας με τη μέθοδο DPPH, χρησιμοποιήθηκαν:

- 3,9 mg DPPH σε 100 mL MeOH.
- 0.05 g Trolox σε 100 mL 75% αιθανόλης.

Προετοιμασία δειγμάτων

Για τη μέτρηση αυτή, έγιναν περεταίρω αραιώσεις στα αραιωμένα εκχυλίσματα 1:10 των φλοιών και 1:20 των γιγάρτων:

- Σε 0,40 mL του αραιωμένου εκχυλίσματος 1:10 των φλοιών προστέθηκαν 1,20 mL MeOH καθαρότητας HPLC.
- Σε 0,40 mL του αραιωμένου εκχυλίσματος 1:20 των γιγάρτων προστέθηκαν 1,20 mL MeOH καθαρότητας HPLC.

Επομένως, η τελική αραίωση των εκχυλισμάτων των φλοιών και των γιγάρτων που χρησιμοποιήθηκαν στη μέτρηση αυτή ήταν 1:40 και 1:80 αντίστοιχα.

Διαδικασία μέτρησης

- Λήψη της τιμής απορρόφησης του διαλύματος DPPH στα 515 nm ως τυφλό.
- Προσθήκη 1.95 mL διαλύματος DPPH σε 0,05 mL αραιωμένου εκχυλίσματος 1:40 για τους φλοιούς και 1:80 για τα γίγαρτα.

Για το μηδενισμό του φωτομέτρου, χρησιμοποιήθηκε μάρτυρας που περιείχε αντί του αραιωμένου εκχυλίσματος 0,05 mL MeOH καθαρότητας HPLC και για τις δύο μετρήσεις και ακολουθήθηκε το ίδιο πρωτόκολλο.

Για κάθε επανάληψη έγιναν 3 μετρήσεις στο φασματοφωτόμετρο, από τις οποίες υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους, ο οποίος αφαιρούνταν από την τιμή απορρόφησης του τυφλού. Χρησιμοποιώντας την πρότυπη καμπύλη βρέθηκαν οι περιεκτικότητες των δειγμάτων.

Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης των αντιοξειδωτικών χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπη ένωση το αντιοξειδωτικό διάλυμα trolox σε διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων.

Για κάθε 9 μετρήσεις, γινόταν ξανά η μέτρηση του μάρτυρα (τυφλού) και σημειωνόταν η τιμή απορρόφησης.

3.6.10. Προσδιορισμός μεμονωμένων οργανικών οξέων με HPLC

Προετοιμασία δειγμάτων

Για τον προσδιορισμό των μεμονωμένων οξέων (τρυγικό, μηλικό, ασκορβικό, ηλεκτρικό, φουμαρικό), χρησιμοποιήθηκε ως δείγμα ο χυμός των σταφυλιών.

Διαδικασία μέτρησης

- Προσθήκη 0,5 mL δείγματος σε πλαστικό σωλήνα που περιέχει 2 mL μεταφωσφορικό νάτριο (NaPO_3) περιεκτικότητας 5% w/v (αραίωση 1:5).
- Ανάδευση.
- Φυγοκέντρηση στις 5.000 rpm για 5 λεπτά.

- Παραλαβή υπερκειμένου.
- Φιλτράρισμα του τελικού διαλύματος με φίλτρο 0,2 μm και ταυτόχρονη μεταφορά του σε κατάλληλους περιέκτες για αυτόματο δειγματολήπτη.
- Τοποθέτηση του περιέκτη στο όργανο της HPLC.

Για κάθε επανάληψη δεν έγιναν 3 μετρήσεις, αλλά μία, καθώς το όργανο παρουσιάζει μεγάλη ακρίβεια και επαναληψιμότητα. Στη συνέχεια, βρέθηκαν οι περιεκτικότητες των δειγμάτων σε κάθε οξύ ξεχωριστά, αφού χρησιμοποιήθηκαν οι πρότυπες καμπύλες. Για την ταυτοποίηση των κορυφών για κάθε οξύ, χρησιμοποιήθηκαν πρότυπες ενώσεις, από τις οποίες έγιναν οι πρότυπες καμπύλες αναφοράς, για την ποσοτικοποίηση της συγκέντρωσης των οξέων. Στη συνέχεια, ακολούθησε ταυτοποίηση των οξέων στα δείγματα, βάσει των πρότυπων καμπυλών των οξέων, συγκρίνοντας τους χρόνους συγκράτησης (tR) και το φάσμα απορρόφησης. Έτσι, ταυτοποιήθηκαν το τρυγικό, το μηλικό, το ασκορβικό, το ηλεκτρικό και το φουμαρικό οξύ.

3.6.11. Εκχύλιση και προσδιορισμός διαλυτών σακχάρων

Προετοιμασία δειγμάτων

Για τον προσδιορισμό των διαλυτών σακχάρων (γλυκόζη, φρουκτόζη) χρησιμοποιήθηκε ως δείγμα ο χυμός των σταφυλιών.

Διαδικασία της μέτρησης

Η διαδικασία της μέτρησης είναι όμοια με αυτή της μέτρησης των μεμονωμένων οξέων, όπως αυτή αναφέρεται παραπάνω.

Ο διαχωρισμός των διαλυτών σακχάρων έγινε με τη χρήση συστήματος UHPLC Nexera X2 LC – 30 AD (Shimadzu, Kyoto, Japan) με ανιχνευτή δείκτη διάθλασης (Refractive Index). Χρησιμοποιήθηκε στήλη ανταλλαγής κατιόντων Hi – PlexCa (Duo), 6,5 × 300 mm, 8μm μορφής ασβεστίου (Ca²⁺) σε θερμοκρασία 80 °C. Η κινητή φάση ήταν H₂O (HPLC Grade) με ροή 0,6 mL/min και ο όγκος έγχυσης του δείγματος 20 μL.

Η ταυτοποίηση του κάθε συστατικού έγινε κατόπιν σύγκρισης των κορυφών του δείγματος με πρότυπες ουσίες σακχάρων και η ποσοτικοποίηση με χρήση πρότυπων καμπυλών πολλαπλών σημείων. Έτσι, προσδιορίστηκε η γλυκόζη και η φρουκτόζη (mg σακχάρου / g FW).

3.6.12. Μέτρηση της φωτοσύνθεσης των πρέμνων στον αμπελώνα

Για τη μέτρηση της φωτοσύνθεσης χρησιμοποιήθηκε το όργανο Li-6400 (της εταιρείας Li-Cor, Lincoln Nebraska, USA). Το LI-6400 είναι ένα ανοικτό σύστημα, επομένως οι μετρήσεις της φωτοσύνθεσης βασίζονται στις διαφορές του CO₂ και του H₂O σε ένα ρεύμα αέρα που ρέει μέσα από την κυψελίδα των φύλλων. Το LI-6400 παρέχει μηχανισμούς τροποποίησης των συγκεντρώσεων CO₂ και H₂O του εισερχόμενου αέρα. Υπάρχουν σωλήνες για την έκπλυση CO₂ και H₂O και ο αέρας μπορεί να εκτρέπεται μέσω αυτών στην επιθυμητή αναλογία, ώστε να προσαρμόζονται κατάλληλα στις εξωτερικές συνθήκες.

Κατά την εκκίνηση της μέτρησης, γίνεται καλιμπράρισμα της συσκευής σύμφωνα με τις συνθήκες που επικρατούν, ώστε να ληφθούν σωστά οι μετρήσεις:

- Ρύθμιση φίλτρου CO₂: By pass
- Ρύθμιση φίλτρου H₂O: Στη μέση (ενδιάμεσα από by pass και scrub)
- Μέγεθος θαλάμου: 2x3
- Flow: 450
- Leaf temp: Λίγο υψηλότερη από την θερμοκρασία περιβάλλοντος
- PAR: 1200
- Stmrat: 0,5

Όταν το μηχανήμα εξισορροπηθεί στις κατάλληλες τιμές (CO₂R και CO₂S να ισορροπούν, H₂OR και H₂OS να ισορροπούν) επιλέγεται ένα υγιές φύλλο, αποκλειστικά από κύριο βλαστό, 3 – 4 κόμβους πάνω από το σταφύλι, το οποίο έχει άμεση επαφή με την ηλιακή ακτινοβολία. Μετά την επιλογή του κατάλληλου φύλλου, η κεφαλή του μηχανήματος τοποθετείται στο πλευρικό νεύρο του φύλλου. Σε περίπου 30 – 40 δευτερόλεπτα το μηχανήμα είναι έτοιμο, επομένως λαμβάνεται η μέτρηση.

Η μέτρηση της φωτοσύνθεσης έγινε στα στάδια του περκασμού και της ωρίμανσης των σταφυλών. Σε κάθε φύλλο πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις και για κάθε σημείο επιλέχθηκαν 3 πρέμνα. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο μέσος όρος ανά σημείο και, μετά το πέρας των μετρήσεων, έγινε αποθήκευση του αρχείου.



Εικόνα 17: Μέτρηση φωτοσύνθεσης στον αμπελώνα

4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, η στατιστική ανάλυση έγινε χρησιμοποιώντας το στατιστικό πρόγραμμα Jmp 18 Pro (SAS Institute Inc). Η εκτίμηση της σημαντικότητας των αποτελεσμάτων έγινε με το σύστημα ανάλυσης της διασποράς ANOVA και τα μέσα συγκρίθηκαν με τη μέθοδο Tuckey – HSD σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$. Στην παράθεση των αποτελεσμάτων, οι μέσοι όροι ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου, υποδηλώνοντας την ύπαρξη ή μη στατιστικά σημαντικής διαφοράς, αλλά και από το στατιστικό σφάλμα του μέσου.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1. Μηχανικές αναλύσεις ραγών

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται το μέσο μήκος ραγών (mm), το μέσο πλάτος ραγών (mm) και το μέσο βάρος 50 ραγών (g).

Πίνακας 1: Μηχανικές αναλύσεις ραγών

<i>Επεμβάσεις</i>	<i>Μήκος ραγών (mm) (Μ.Ο. 10 ραγών)</i>	<i>Πλάτος ραγών (mm) (Μ.Ο. 10 ραγών)</i>	<i>Βάρος 50 ραγών (g)</i>
Λ1	14,51 ± 0,56 a	14,39 ± 0,46 a	89,81 ± 4,64 a
Λ2	14,81 ± 0,97 a	14,64 ± 0,93 a	97,20 ± 10,91 a
Λ3	13,91 ± 0,51 a	13,51 ± 0,80 a	93,25 ± 3,43 a
Λ4	13,81 ± 0,50 a	13,69 ± 0,85 a	97,61 ± 2,85 a
Λ5	12,77 ± 0,85 a	12,68 ± 0,92 a	92,88 ± 4,36 a
Λ6	12,88 ± 0,89 a	12,78 ± 0,80 a	98,33 ± 6,22 a

Ο δείκτης a υποδεικνύει τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tuckey's test ($P \leq 0,05$).

Το μέσο μήκος των ραγών κυμαίνεται από 12,77 mm έως 14,81 mm, ενώ το μέσο πλάτος από 12,68 mm έως 14,64 mm. Το μέσο βάρος 50 ραγών κυμαίνεται από 89,81 g έως 98,33 g.

Σε όλες τις επεμβάσεις, το μήκος είναι μεγαλύτερο από το πλάτος των ραγών. Στην επέμβαση με το μεγαλύτερο μέσο μήκος ραγών (Λ2) παρατηρείται και το μεγαλύτερο μέσο πλάτος ραγών, ενώ το μεγαλύτερο μέσο βάρος ραγών παρατηρείται στην επέμβαση Λ4. Το μικρότερο μέσο μήκος ραγών (12,77 mm) αντιστοιχεί στην επέμβαση με το μικρότερο μέσο πλάτος ραγών (12,68 mm) (Λ5), ενώ το μικρότερο μέσο βάρος 50 ραγών (89,81 mm) παρατηρείται στην επέμβαση Λ1.

Η στατιστική ανάλυση δεν υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μηχανικών αναλύσεων των ραγών των 6 επεμβάσεων του πειράματος.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται το ποσοστό υγρασίας των ραγών (%), αλλά και τα ποσοστά βάρους φλοιών, γιγάρτων και σάρκας (%).

Πίνακας 2: Μηχανικές αναλύσεις ραγών

Επεμβάσεις	Ποσοστό υγρασίας (%)	Ποσοστό βάρους φλοιών (%)	Ποσοστό βάρους γιγάρτων (%)	Ποσοστό βάρους σάρκας (%)
Λ1	67,51 ± 1,29 a	21,75 ± 4,79 a	4,75 ± 0,64 a	73,50 ± 5,27 a
Λ2	67,07 ± 0,98 a	24,90 ± 4,32 a	4,65 ± 0,58 a	70,44 ± 4,79 a
Λ3	65,58 ± 1,72 a	23,83 ± 5,26 a	3,77 ± 0,11 a	72,40 ± 5,16 a
Λ4	66,31 ± 2,60 a	18,48 ± 4,51 a	3,54 ± 0,40 a	77,98 ± 4,88 a
Λ5	62,79 ± 4,33 a	18,23 ± 5,47 a	3,65 ± 0,15 a	78,12 ± 5,61 a
Λ6	62,95 ± 3,51 a	18,93 ± 5,22 a	3,86 ± 0,20 a	77,22 ± 5,24 a

Ο δείκτης a υποδεικνύει τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tuckey's test ($P \leq 0,05$).

Το μέσο ποσοστό υγρασίας των ραγών κυμαίνεται από 62,79% έως 67,51%. Το μέσο ποσοστό βάρους φλοιών κυμαίνεται από 18,23% έως 24,90%, ενώ το εύρος των τιμών για τα μέσα ποσοστά βάρους γιγάρτων και σάρκας είναι 3,54% έως 4,75% και 70,44% έως 78,12% αντίστοιχα.

Το μικρότερο ποσοστό υγρασίας (62,79%) παρατηρείται στην επέμβαση Λ5 και το μεγαλύτερο (67,51%) στην επέμβαση Λ1. Το μικρότερο μέσο ποσοστό βάρους φλοιών (18,23%) σημειώνεται στην επέμβαση Λ5, ενώ το μεγαλύτερο (24,90%) στη Λ2. Το μικρότερο μέσο ποσοστό βάρους γιγάρτων (3,54%) παρατηρείται στην επέμβαση Λ4 και το μεγαλύτερο (4,75%) στη Λ1. Τέλος, το μικρότερο μέσο ποσοστό βάρους σάρκας (70,44%) μετράται στις ράγες της επέμβασης Λ2 και το μεγαλύτερο (78,12%) της Λ5.

Το μεγαλύτερο μέσο ποσοστό υγρασίας παρατηρείται στην επέμβαση που αντιστοιχεί το μεγαλύτερο μέσο ποσοστό βάρους γιγάρτων (Λ1). Επιπλέον, το μεγαλύτερο μέσο ποσοστό βάρους φλοιών παρατηρείται στην επέμβαση του υψηλότερου μέσου ποσοστού βάρους σάρκας (Λ2). Τέλος, το χαμηλότερο μέσο ποσοστό υγρασίας εντοπίζεται στην επέμβαση με το χαμηλότερο ποσοστό μέσου βάρους φλοιών και το υψηλότερο ποσοστό μέσου βάρους σάρκας (Λ5).

Η στατιστική ανάλυση δεν υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μηχανικών αναλύσεων των ραγών των επεμβάσεων του πειράματος.

5.2. Γλευκογραφικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι μετρήσεις της ενεργού οξύτητας (pH), της ολικής (ογκομετρούμενης) οξύτητας (g τρυγικού οξέος/L γλεύκους), και των σακχάρων του γλεύκους (°Brix).

Πίνακας 3: Γλευκογραφικά χαρακτηριστικά

<i>Επεμβάσεις</i>	<i>Σάκχαρα (° Brix)</i>	<i>pH</i>	<i>Ολική οξύτητα (g τρυγικού οξέος/L γλεύκους)</i>
Λ1	20,03 ± 0,63 a	3,78 ± 0,07 a	4,65 ± 0,26 a
Λ2	20,77 ± 0,49 a	3,81 ± 0,09 a	5,47 ± 0,22 a
Λ3	20,07 ± 0,92 a	3,74 ± 0,13 a	5,11 ± 0,34 a
Λ4	20,50 ± 0,60 a	3,78 ± 0,06 a	5,13 ± 0,28 a
Λ5	19,40 ± 0,17 a	3,71 ± 0,06 a	4,85 ± 0,26 a
Λ6	21,70 ± 0,41 a	3,78 ± 0,12 a	4,33 ± 0,06 a

Ο δείκτης a υποδεικνύει τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tukey's test ($P \leq 0,05$).

Η μέση περιεκτικότητα του γλεύκους σε σάκχαρα κυμαίνεται από 19,40 °Brix έως 21,70 °Brix, ενώ η ενεργός οξύτητα μετράται από 3,71 έως 3,81. Η μέση ολική οξύτητα του γλεύκους κυμαίνεται από 4,33 g τρυγικού οξέος/L γλεύκους έως 5,47 g τρυγικού οξέος/L γλεύκους.

Η χαμηλότερη τιμή της μέσης σακχαροπεριεκτικότητας του γλεύκους (19,40 °Brix) παρατηρείται στην επέμβαση Λ5, στην οποία αντιστοιχεί και η υψηλότερη ενεργός οξύτητα (3,71). Τόσο η χαμηλότερη ενεργός οξύτητα (3,81) όσο και η χαμηλότερη ογκομετρούμενη οξύτητα (5,47 g τρυγικού οξέος/L γλεύκους) παρατηρούνται στην επέμβαση Λ2. Τέλος, η υψηλότερη σακχαροπεριεκτικότητα (21,70 °Brix) εντοπίζεται στη μεταχείριση Λ6, στην οποία αντιστοιχεί και η υψηλότερη ογκομετρούμενη οξύτητα.

Η στατιστική ανάλυση δεν υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των γλευκογραφικών χαρακτηριστικών των 6 επεμβάσεων του πειράματος.

5.3. Ολικές φαινολικές ενώσεις φλοιών και γιγάρτων

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι μέσες περιεκτικότητες των φλοιών και των γιγάρτων σε ολικές φαινολικές ενώσεις, εκφρασμένες σε mg γαλλικού οξέος/g νωπού ιστού.

Πίνακας 4: Ολικές φαινολικές ενώσεις φλοιών και γιγάρτων

<i>Επεμβάσεις</i>	<i>Ολικά φαινολικά φλοιών (mg γαλλικού οξέος/g ν.ι.)</i>	<i>Ολικά φαινολικά γιγάρτων (mg γαλλικού οξέος/g ν.ι.)</i>
Λ1	3,04 ± 0,49 a	34,09 ± 1,59 a
Λ2	2,11 ± 0,17 a	32,61 ± 1,09 a
Λ3	2,63 ± 0,49 a	25,76 ± 3,11 a
Λ4	3,17 ± 0,14 a	27,29 ± 2,62 a
Λ5	2,57 ± 0,33 a	35,40 ± 2,17 a
Λ6	3,02 ± 0,57 a	32,07 ± 5,22 a

Ο δείκτης a υποδεικνύει τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tukey's test ($P \leq 0,05$).

Η μέση περιεκτικότητα των φλοιών σε ολικές φαινολικές ενώσεις κυμαίνεται από 2,11 mg γαλλικού οξέος/g νωπού ιστού έως 3,17 mg γαλλικού οξέος/g νωπού ιστού, ενώ για τα γίγαρτα το αντίστοιχο εύρος είναι από 25,76 mg γαλλικού οξέος/g νωπού ιστού έως 35,40 mg γαλλικού οξέος/g νωπού ιστού.

Η χαμηλότερη μέση περιεκτικότητα των φλοιών σε φαινολικές ενώσεις (2,11 mg γαλλικού οξέος/g νωπού ιστού) παρατηρείται στην επέμβαση Λ2, ενώ η υψηλότερη (3,17 mg γαλλικού οξέος/g νωπού ιστού) στην επέμβαση Λ4. Η χαμηλότερη μέση περιεκτικότητα των γιγάρτων σε φαινολικές ενώσεις (25,76 mg γαλλικού οξέος/g νωπού ιστού) παρατηρείται στην επέμβαση Λ3 και η υψηλότερη (35,40 mg γαλλικού οξέος/g νωπού ιστού) στη Λ5. Σε όλες τις επεμβάσεις, οι φαινολικές ενώσεις παρουσιάζονται σε πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις στα γίγαρτα σε σχέση με τους φλοιούς.

Η στατιστική ανάλυση δεν υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις μέσες περιεκτικότητες των φλοιών σε ολικές φαινολικές ενώσεις μεταξύ των 6 επεμβάσεων του πειράματος. Ομοίως, απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών εντοπίζεται και μεταξύ των μέσων περιεκτικότητων των γιγάρτων σε ολικές φαινολικές ενώσεις.

5.4. Ολικά φλαβονοειδή φλοιών και γιγάρτων

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι μέσες περιεκτικότητες των φλοιών και των γιγάρτων σε ολικά φλαβονοειδή, εκφρασμένες σε mg κατεχίνης/g νωπού ιστού.

Πίνακας 5: Ολικά φλαβονοειδή φλοιών και γιγάρτων

<i>Επεμβάσεις</i>	<i>Ολικά φλαβονοειδή φλοιών (mg κατεχίνης/g ν.ι.)</i>	<i>Ολικά φλαβονοειδή γιγάρτων (mg κατεχίνης/g ν.ι.)</i>
Λ1	14,91 ± 1,98 a	166,69 ± 3,78 a
Λ2	10,20 ± 0,70 a	166,24 ± 2,81 a
Λ3	13,41 ± 1,50 a	153,44 ± 4,33 a
Λ4	15,48 ± 1,49 a	162,66 ± 20,03 a
Λ5	11,87 ± 1,04 a	179,85 ± 6,26 a
Λ6	13,88 ± 2,57 a	162,26 ± 19,56 a

Ο δείκτης a υποδεικνύει τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tukey's test ($P \leq 0,05$).

Η μέση περιεκτικότητα των φλοιών σε ολικά φλαβονοειδή κυμαίνεται από 10,20 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού έως 15,48 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού, ενώ των γιγάρτων από 153,44 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού έως 179,85 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού.

Στους φλοιούς, η χαμηλότερη μέση συγκέντρωση ολικών φλαβονοειδών ενώσεων (10,20 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού) εμφανίζεται στην επέμβαση Λ2, ενώ η υψηλότερη (15,48 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού) στην επέμβαση Λ4. Στα γίγαρτα, η χαμηλότερη μέση συγκέντρωση ολικών φλαβονοειδών (153,44 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού) παρατηρείται στην επέμβαση Λ3 και η υψηλότερη (179,85 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού) στη Λ5. Σε όλες τις επεμβάσεις, οι ολικές φλαβονοειδείς ενώσεις παρουσιάζονται σε πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις στα γίγαρτα σε σχέση με τους φλοιούς.

Η στατιστική ανάλυση δεν υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις μέσες περιεκτικότητες των φλοιών σε ολικές φλαβονοειδείς ενώσεις μεταξύ των 6 επεμβάσεων του πειράματος. Ομοίως, απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών εντοπίζεται και μεταξύ των μέσων περιεκτικότητας των γιγάρτων σε ολικές φλαβονοειδείς ενώσεις.

5.5. Ολικές φλαβόνες και φλαβονόλες φλοιών και γιγάρτων

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι μέσες περιεκτικότητες των φλοιών και των γιγάρτων σε ολικές φλαβόνες και φλαβονόλες, εκφρασμένες σε mg ρουτίνης/g νωπού ιστού.

Πίνακας 6: Ολικές φλαβόνες και φλαβονόλες φλοιών και γιγάρτων

<i>Επεμβάσεις</i>	<i>Ολικές φλαβόνες και φλαβονόλες φλοιών (mg ρουτίνης/g ν.ι.)</i>	<i>Ολικές φλαβόνες και φλαβονόλες γιγάρτων (mg ρουτίνης/g ν.ι.)</i>
Λ1	0,423 ± 0,075 a	0,531 ± 0,014 a
Λ2	0,268 ± 0,052 a	0,502 ± 0,025 a
Λ3	0,414 ± 0,123 a	0,538 ± 0,023 a
Λ4	0,367 ± 0,010 a	0,538 ± 0,019 a
Λ5	0,334 ± 0,078 a	0,553 ± 0,099 a
Λ6	0,403 ± 0,088 a	0,463 ± 0,061 a

Ο δείκτης a υποδεικνύει τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tuckey's test ($P \leq 0,05$).

Η μέση περιεκτικότητα των φλοιών σε ολικές φλαβόνες και φλαβονόλες κυμαίνεται από 0,268 mg ρουτίνης/g νωπού ιστού έως 0,423 mg ρουτίνης/g νωπού ιστού, ενώ η μέση περιεκτικότητα των γιγάρτων από 0,463 mg ρουτίνης/g νωπού ιστού έως 0,553 mg ρουτίνης/g νωπού ιστού.

Στους φλοιούς, η υψηλότερη μέση συγκέντρωση των ολικών φλαβονών και φλαβονοειδών (0,423 mg ρουτίνης/g νωπού ιστού) εντοπίζεται στην επέμβαση Λ1 και η χαμηλότερη (0,268 mg ρουτίνης/g νωπού ιστού) στη Λ2. Για τα γίγαρτα, η χαμηλότερη (0,463 mg ρουτίνης/g νωπού ιστού) και η υψηλότερη (0,553 mg ρουτίνης/g νωπού ιστού) μέση συγκέντρωση ολικών φλαβονών και φλαβονοειδών παρατηρείται στην επέμβαση Λ6 και στην επέμβαση Λ5 αντίστοιχα. Σε όλες τις επεμβάσεις, οι ολικές φλαβόνες και φλαβονόλες παρουσιάζονται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στους φλοιούς σε σχέση με τα γίγαρτα.

Η στατιστική ανάλυση δεν υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις μέσες περιεκτικότητες των φλοιών σε ολικές φλαβόνες και φλαβονόλες μεταξύ των 6 επεμβάσεων

του πειράματος. Ομοίως, απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών εντοπίζεται και μεταξύ των μέσων περιεκτικοτήτων των γιγάρτων σε ολικές φλαβόνες και φλαβονόλες.

5.6. Ολικές φλαβανόλες φλοιών και γιγάρτων

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι μέσες περιεκτικότητες των φλοιών και των γιγάρτων σε ολικές φλαβανόλες, εκφρασμένες σε mg κατεχίνης/g νωπού ιστού.

Πίνακας 7: Ολικές φλαβανόλες φλοιών και γιγάρτων

<i>Επεμβάσεις</i>	<i>Ολικές φλαβανόλες φλοιών mg κατεχίνης/g ν.ι.</i>	<i>Ολικές φλαβανόλες γιγάρτων mg κατεχίνης/g ν.ι.</i>
Λ1	2,96 ± 0,843 a	40,64 ± 2,48 a
Λ2	1,82 ± 0,16 a	43,73 ± 1,17 a
Λ3	2,45 ± 0,68 a	38,01 ± 2,53 a
Λ4	3,02 ± 0,56 a	41,34 ± 2,49 a
Λ5	2,69 ± 0,72 a	44,91 ± 1,88 a
Λ6	3,04 ± 0,67 a	41,91 ± 5,39 a

Ο δείκτης a υποδεικνύει τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tukey's test ($P \leq 0,05$).

Η μέση περιεκτικότητα των φλοιών σε ολικές φλαβανόλες κυμαίνεται από 1,82 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού έως 3,04 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού, ενώ των γιγάρτων από 38,01 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού έως 44,91 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού.

Στους φλοιούς, η υψηλότερη μέση συγκέντρωση των ολικών φλαβανολών (3,04 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού) εμφανίζεται στην επέμβαση Λ6, ενώ η χαμηλότερη (1,82 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού) στη Λ2. Για τα γίγαρτα, η υψηλότερη μέση συγκέντρωση των ολικών φλαβανολών (44,91 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού) παρατηρείται στην επέμβαση Λ5, ενώ η χαμηλότερη (38,01 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού) στη Λ3. Σε όλες τις επεμβάσεις, η περιεκτικότητα των γιγάρτων σε ολικές φλαβανόλες υπερβαίνει σημαντικά την περιεκτικότητα των φλοιών.

Η στατιστική ανάλυση δεν υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις μέσες περιεκτικότητες των φλοιών σε ολικές φλαβανόλες μεταξύ των 6 επεμβάσεων του

πειράματος. Ομοίως, απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών εντοπίζεται και μεταξύ των μέσων περιεκτικοτήτων των γιγάρτων σε ολικές φλαβανόλες.

5.7. Ολικές ορθο-διφαινόλες φλοιών και γιγάρτων

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται οι μέσες περιεκτικότητες των φλοιών και των γιγάρτων σε ορθο-διφαινόλες, εκφρασμένες σε mg καφεϊκού οξέος / g νωπού ιστού.

Πίνακας 8: Ορθο-διφαινόλες φλοιών και γιγάρτων

<i>Επεμβάσεις</i>	<i>Ορθο-διφαινόλες φλοιών (mg καφεϊκού οξέος / g ν.ι.)</i>	<i>Ορθο-διφαινόλες γιγάρτων (mg καφεϊκού οξέος / g ν.ι.)</i>
Λ1	0,234 ± 0,036 a	1,831 ± 0,039 a
Λ2	0,163 ± 0,005 a	1,844 ± 0,076 a
Λ3	0,220 ± 0,031 a	1,797 ± 0,026 a
Λ4	0,242 ± 0,038 a	1,897 ± 0,069 a
Λ5	0,215 ± 0,039 a	2,067 ± 0,054 a
Λ6	0,258 ± 0,042 a	1,843 ± 0,126 a

Ο δείκτης a υποδεικνύει τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tukey's test ($P \leq 0,05$).

Η μέση συγκέντρωση των ορθο-διφαινολών στους φλοιούς κυμαίνεται από 0,163 mg καφεϊκού οξέος/g νωπού ιστού έως 0,258 mg καφεϊκού οξέος/g νωπού ιστού, ενώ στα γίγαρτα από 1,797 mg καφεϊκού οξέος/g νωπού ιστού έως 2,067 mg καφεϊκού οξέος/g νωπού ιστού.

Η υψηλότερη μέση συγκέντρωση των ορθο-διφαινολών στους φλοιούς (0,258 mg καφεϊκού οξέος/g νωπού ιστού) παρατηρείται στην επέμβαση Λ6, ενώ η χαμηλότερη (0,163 mg καφεϊκού οξέος/g νωπού ιστού) στη Λ2. Στα γίγαρτα, η υψηλότερη μέση συγκέντρωση των ορθο-διφαινολών (2,067 mg καφεϊκού οξέος/g νωπού ιστού) εντοπίζεται στην επέμβαση Λ5, ενώ η χαμηλότερη (1,797 mg καφεϊκού οξέος/g νωπού ιστού) στη Λ3. Σε όλες τις επεμβάσεις, οι ορθο-διφαινόλες εμφανίζονται σε υψηλότερες μέσες συγκεντρώσεις στα γίγαρτα σε σχέση με τους φλοιούς.

Η στατιστική ανάλυση δεν υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις μέσες περιεκτικότητες των φλοιών σε ολικές ορθο-διφαινόλες μεταξύ των 6 επεμβάσεων του

πειράματος. Ομοίως, απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών εντοπίζεται και μεταξύ των μέσων περιεκτικοτήτων των γιγάρτων σε ολικές ορθο-διφαινόλες.

5.8. Συμπυκνωμένες ταννίνες φλοιών και γιγάρτων

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται οι μέσες περιεκτικότητες των φλοιών και των γιγάρτων σε συμπυκνωμένες ταννίνες, εκφρασμένες σε mg κατεχίνης/g νωπού ιστού.

Πίνακας 9: Συμπυκνωμένες ταννίνες φλοιών και γιγάρτων

<i>Επεμβάσεις</i>	<i>Συμπυκνωμένες ταννίνες φλοιών (mg κατεχίνης/g ν.ι.)</i>	<i>Συμπυκνωμένες ταννίνες γιγάρτων (mg κατεχίνης/g ν.ι.)</i>
Λ1	9,10 ± 0,33 a	94,06 ± 0,90 a
Λ2	5,84 ± 1,51 a	95,77 ± 4,71 a
Λ3	5,78 ± 0,38 a	91,87 ± 7,06 a
Λ4	9,20 ± 1,82 a	107,57 ± 7,92 a
Λ5	7,51 ± 0,62 a	123,28 ± 12,72 a
Λ6	8,28 ± 1,97 a	121,80 ± 20,24 a

Ο δείκτης a υποδεικνύει τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tukey's test ($P \leq 0,05$).

Η υψηλότερη μέση συγκέντρωση των συμπυκνωμένων ταννινών στους φλοιούς κυμαίνεται από 5,78 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού έως 9,20 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού. Στα γίγαρτα, το αντίστοιχο εύρος είναι από 91,87 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού έως 123,28 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού.

Στους φλοιούς, οι συμπυκνωμένες ταννίνες παρουσιάζουν την υψηλότερη μέση συγκέντρωση (9,20 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού) στην επέμβαση Λ4 και τη χαμηλότερη (5,78 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού) στη Λ3. Στα γίγαρτα, η υψηλότερη (123,28 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού) και η χαμηλότερη (91,87 mg κατεχίνης/g νωπού ιστού) μέση συγκέντρωση συμπυκνωμένων ταννινών εμφανίζονται στις επεμβάσεις Λ5 και Λ3 αντίστοιχα. Επιπλέον, φαίνεται πως τόσο στους φλοιούς όσο και στα γίγαρτα, οι συμπυκνωμένες ταννίνες εμφανίζουν τη χαμηλότερη συγκέντρωσή τους στην ίδια επέμβαση (Λ3). Η αντιστοιχία αυτή, ωστόσο, δεν παρατηρείται και στις μέγιστες μέσες συγκεντρώσεις. Τέλος, σε όλες τις επεμβάσεις, οι

συμπυκνωμένες ταννίνες εμφανίζονται σε πολύ υψηλότερες μέσες συγκεντρώσεις στα γίγαρτα σε σχέση με τους φλοιούς.

Η στατιστική ανάλυση δεν υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις μέσες περιεκτικότητες των φλοιών σε συμπυκνωμένες ταννίνες μεταξύ των 6 επεμβάσεων του πειράματος. Ομοίως, απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών εντοπίζεται και μεταξύ των μέσων περιεκτικότητας των γιγάρτων σε συμπυκνωμένες ταννίνες.

5.9. Αντιοξειδωτική ικανότητα φλοιών και γιγάρτων

5.9.1. Μέθοδος FRAP

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζεται η μέση αντιοξειδωτική ικανότητα φλοιών και γιγάρτων σύμφωνα με τη μέθοδο FRAP, εκφρασμένη σε mg trolox/g νωπού ιστού.

Πίνακας 10: Αντιοξειδωτικά φλοιών και γιγάρτων (μέθοδος FRAP)

<i>Επεμβάσεις</i>	<i>Αντιοξειδωτικά φλοιών (mg trolox/g ν.ι.)</i>	<i>Αντιοξειδωτικά γιγάρτων (mg trolox/g ν.ι.)</i>
Λ1	18,44 ± 3,51 a	158,21 ± 15,15 a
Λ2	12,29 ± 0,58 a	159,36 ± 9,81 a
Λ3	16,33 ± 2,23 a	150,74 ± 10,17 a
Λ4	17,25 ± 1,79 a	168,70 ± 3,83 a
Λ5	17,36 ± 3,20 a	179,37 ± 6,82 a
Λ6	17,24 ± 1,88 a	156,83 ± 14,35 a

Ο δείκτης a υποδεικνύει τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tukey's test ($P \leq 0,05$).

Η μέση συγκέντρωση των αντιοξειδωτικών στους φλοιούς κυμαίνεται από 12,29 mg trolox/g νωπού ιστού έως 18,44 mg trolox/g νωπού ιστού, ενώ στα γίγαρτα από 150,74 mg trolox/g νωπού ιστού έως 168,70 mg trolox/g νωπού ιστού.

Στους φλοιούς, η υψηλότερη μέση συγκέντρωση αντιοξειδωτικών (18,44 mg trolox/g νωπού ιστού) εντοπίζεται στην επέμβαση Λ1, ενώ η χαμηλότερη (12,29 mg trolox/g νωπού ιστού) στην επέμβαση Λ2. Στα γίγαρτα, τα αντιοξειδωτικά βρίσκονται στην υψηλότερη μέση

συγκέντρωση (168,70 mg trolox/g νωπού ιστού) στην επέμβαση Λ4 και στη χαμηλότερη (150,74 mg trolox/g νωπού ιστού) στη Λ3. Σε όλες τις επεμβάσεις, τα αντιοξειδωτικά εμφανίζονται σε υψηλότερες μέσες συγκεντρώσεις στα γίγαρτα σε σχέση με τους φλοιούς.

Η στατιστική ανάλυση δεν υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις μέσες περιεκτικότητες των φλοιών σε αντιοξειδωτικά μεταξύ των 6 επεμβάσεων του πειράματος. Ομοίως, απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών εντοπίζεται και μεταξύ των μέσων περιεκτικότητας των γιγάρτων σε αντιοξειδωτικά.

5.9.2. Μέθοδος DPPH

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζεται η μέση αντιοξειδωτική ικανότητα φλοιών και γιγάρτων σύμφωνα με τη μέθοδο DPPH, εκφρασμένη σε mg trolox/g νωπού ιστού.

Πίνακας 11: Αντιοξειδωτικά φλοιών και γιγάρτων (μέθοδος DPPH)

<i>Επεμβάσεις</i>	<i>Αντιοξειδωτικά φλοιών (mg trolox / g ν.ι.)</i>	<i>Αντιοξειδωτικά γιγάρτων (mg trolox / g ν.ι.)</i>
Λ1	35,34 ± 1,92 a	193,09 ± 10,47 a
Λ2	33,14 ± 2,81 a	195,07 ± 7,85 a
Λ3	34,75 ± 1,98 a	177,57 ± 3,92 a
Λ4	39,34 ± 1,58 a	188,94 ± 17,46 a
Λ5	33,53 ± 3,55 a	205,39 ± 7,57 a
Λ6	33,70 ± 2,37 a	191,63 ± 18,04 a

Ο δείκτης a υποδεικνύει τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tuckey's test ($P \leq 0,05$).

Η μέση συγκέντρωση των αντιοξειδωτικών στους φλοιούς κυμαίνεται από 33,14 mg trolox/g νωπού ιστού έως 39,34 mg trolox/g νωπού ιστού, ενώ στα γίγαρτα από 177,57 mg trolox/g νωπού ιστού έως 205,39 mg trolox/g νωπού ιστού.

Στους φλοιούς, η υψηλότερη μέση συγκέντρωση αντιοξειδωτικών (39,34 mg trolox/g νωπού ιστού) εμφανίζεται στην επέμβαση Λ4 και η χαμηλότερη (33,14 mg trolox/g νωπού ιστού) στη Λ2. Στα γίγαρτα, η υψηλότερη μέση συγκέντρωση αντιοξειδωτικών (205,39 mg trolox/g νωπού ιστού) παρατηρείται στην επέμβαση Λ5, ενώ η χαμηλότερη (177,57 mg trolox/g νωπού

ιστού) στην επέμβαση Λ3. Σε όλες τις επεμβάσεις, τα αντιοξειδωτικά εμφανίζονται σε υψηλότερες μέσες συγκεντρώσεις στα γίγαρτα σε σχέση με τους φλοιούς.

Οι μέθοδοι FRAP και DPPH παρουσιάζουν συμφωνία αποτελεσμάτων όσον αφορά στις χαμηλότερες μέσες συγκεντρώσεις αντιοξειδωτικών σε φλοιούς και γίγαρτα, οι οποίες παρατηρούνται στις επεμβάσεις Λ2 και Λ3 αντίστοιχα, ανεξάρτητα από τη μέθοδο που εφαρμόστηκε για τη μέτρησή τους. Παρόλα αυτά, η ίδια συμφωνία δεν εμφανίζεται και για τις μέγιστες συγκεντρώσεις. Η υψηλότερη μέση συγκέντρωση των αντιοξειδωτικών στα γίγαρτα σύμφωνα με τη μέθοδο FRAP εμφανίζεται στην ίδια επέμβαση όπου παρατηρείται η υψηλότερη μέση συγκέντρωση αντιοξειδωτικών στους φλοιούς σύμφωνα με τη μέθοδο DPPH (Λ4).

Η στατιστική ανάλυση δεν υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις μέσες περιεκτικότητες των φλοιών σε αντιοξειδωτικά μεταξύ των 6 επεμβάσεων του πειράματος. Ομοίως, απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών εντοπίζεται και μεταξύ των μέσων περιεκτικότητας των γιγάρτων σε αντιοξειδωτικά.

5.10. Μεμονωμένα οξέα γλεύκους

Στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των μεμονωμένων οξέων του γλεύκους σε g / mL (τρυγικό, μηλικό) ή σε μg / mL (ασκορβικό, ηλεκτρικό, φουμαρικό).

Πίνακας 12: Μεμονωμένα οξέα γλεύκους

<i>Επεμβάσεις</i>	<i>Τρυγικό οξύ g/ml γλεύκους</i>	<i>Μηλικό οξύ g/ml γλεύκους</i>	<i>Ασκορβικό οξύ μg/ml γλεύκους</i>	<i>Ηλεκτρικό οξύ μg/ml γλεύκους</i>	<i>Φουμαρικό οξύ μg/ml γλεύκους</i>
Λ1	16,16 ± 0,78 a	1,41 ± 0,20 a	22,63 ± 1,85 a	6,21 ± 0,42 a	79,77 ± 11,16 a
Λ2	18,00 ± 0,37 a	1,84 ± 0,47 a	28,10 ± 5,91 a	7,01 ± 1,39 a	94,28 ± 17,10 a
Λ3	17,05 ± 1,20 a	1,34 ± 0,17 a	33,14 ± 6,47 a	3,25 ± 0,80 a	75,58 ± 11,07 a
Λ4	18,60 ± 1,40 a	1,79 ± 0,25 a	41,71 ± 1,39 a	7,31 ± 0,51 a	97,78 ± 20,93 a
Λ5	17,44 ± 0,98 a	1,49 ± 0,28 a	25,81 ± 1,38 a	8,41 ± 2,35 a	78,18 ± 11,07 a
Λ6	17,05 ± 0,39 a	1,46 ± 0,19 a	35,46 ± 5,28 a	3,31 ± 0,68 a	76,10 ± 11,23 a

Ο δείκτης a υποδεικνύει τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tuckey's test ($P \leq 0,05$).

Η μέση συγκέντρωση του τρυγικού οξέος στο γλεύκος κυμαίνεται από 16,16 g/mL έως 18,60 g/mL, του μηλικού οξέος από 1,34 g/mL έως 1,84 g/mL, του ασκορβικού οξέος από 22,63 μg/mL έως 41,71 μg/mL, του ηλεκτρικού οξέος από 3,25 μg/mL έως 8,41 μg/mL και του φουμαρικού οξέος από 75,58 μg/mL έως 97,78 μg/mL.

Το τρυγικό, το ασκορβικό και το φουμαρικό οξύ εμφανίζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις τους στην επέμβαση Λ4 (18,60 g/mL, 41,71 μg/mL και 97,78 μg/mL αντίστοιχα), το μηλικό οξύ στη Λ2 (1,84 g/mL) και το ηλεκτρικό οξύ στη Λ5. Η χαμηλότερη συγκέντρωση του τρυγικού (16,16 g/mL) και του ασκορβικού οξέος (22,63 μg/mL) παρατηρούνται στην επέμβαση Λ1. Το μηλικό, το ηλεκτρικό και το φουμαρικό οξύ παρουσιάζουν τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις τους (1,34 g/mL, 3,25 μg/mL και 75,58 μg/mL αντίστοιχα) στην επέμβαση Λ3. Μεταξύ των οξέων, το τρυγικό οξύ απαντάται στο γλεύκος στις υψηλότερες συγκεντρώσεις και ακολουθεί το μηλικό, το φουμαρικό, το ασκορβικό και τέλος το ηλεκτρικό οξύ.

Η στατιστική ανάλυση δεν υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις μέσες περιεκτικότητες γλεύκους σε μεμονωμένα οξέα μεταξύ των 6 επεμβάσεων του πειράματος.

5.11. Σάκχαρα γλεύκους

Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των σακχάρων στο γλεύκος (γλυκόζη, φρουκτόζη) σε g/L.

Πίνακας 13: Σάκχαρα γλεύκους

<i>Επεμβάσεις</i>	<i>Φρουκτόζη (g/L γλεύκους)</i>	<i>Γλυκόζη (g/L γλεύκους)</i>
Λ1	160,17 ± 8,86 a	179,59 ± 9,23 a
Λ2	160,50 ± 4,90 a	178,92 ± 5,97 a
Λ3	169,09 ± 7,55 a	194,05 ± 9,32 a
Λ4	164,47 ± 6,08 a	182,53 ± 8,77 a
Λ5	154,72 ± 3,43 a	174,12 ± 4,83 a
Λ6	157,70 ± 10,24 a	185,63 ± 8,70 a

Ο δείκτης a υποδεικνύει τη μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις τιμές των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tukey's test ($P \leq 0,05$).

Η μέση συγκέντρωση του γλεύκους σε φρουκτόζη κυμαίνεται από 154,72 g/L έως 169,09 g/L, ενώ σε γλυκόζη από 174,12 g/L έως 194,05 g/L.

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις της φρουκτόζης (169,09 g/L) παρατηρούνται στην επέμβαση Λ3, ενώ οι χαμηλότερες (154,72 g/L) στη Λ5. Η γλυκόζη εμφανίζει την υψηλότερη συγκέντρωσή της (194,05 g/L) στην επέμβαση Λ3 και την χαμηλότερη (174,12 g/L) στη Λ5. Φαίνεται ότι τόσο η γλυκόζη όσο και η φρουκτόζη βρίσκονται στις υψηλότερες συγκεντρώσεις στην επέμβαση Λ3 και στις χαμηλότερες στην Λ5. Επιπλέον, η συγκέντρωση της γλυκόζης είναι σε όλες τις επεμβάσεις υψηλότερη από εκείνη της φρουκτόζης.

Η στατιστική ανάλυση δεν υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών στις μέσες περιεκτικότητες του γλεύκους σε σάκχαρα μεταξύ των 6 επεμβάσεων του πειράματος.

5.12. Φωτοσύνθεση

Στον Πίνακα 14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της φωτοσύνθεσης των πρέμνων κατά τις περιόδους του πεркаσμού και της ωρίμανσης, εκφρασμένα σε $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Πίνακας 14: Φωτοσύνθεση πρέμνων στον πεркаσμό και στην ωρίμανση

<i>Επεμβάσεις</i>	<i>Φωτοσύνθεση (πεркаσμός) (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)</i>	<i>Φωτοσύνθεση (ωρίμανση) (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)</i>
Λ1	15,43 ± 0,55 ab	1,40 ± 0,09 d
Λ2	12,47 ± 0,64 d	3,45 ± 0,64 bc
Λ3	16,25 ± 0,06 a	1,54 ± 0,18 d
Λ4	12,97 ± 0,12 cd	2,42 ± 0,09 cd
Λ5	16,09 ± 0,22 a	4,73 ± 0,64 b
Λ6	14,16 ± 0,11 bc	6,00 ± 0,03 a

Οι δείκτες a, b, c, d υποδεικνύουν την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών των μετρήσεων μεταξύ των επεμβάσεων, σύμφωνα με το Tuckey's test ($P \leq 0,05$).

Κατά την περίοδο του πεркаσμού, οι τιμές της μέσης φωτοσύνθεσης των πρέμνων κυμάνθηκαν από 12,47 έως 16,25. Η χαμηλότερη τιμή της φωτοσύνθεσης (12,47) παρατηρείται στην επέμβαση Λ2 και διαφέρει στατιστικά σημαντικά από όλες τις επεμβάσεις, με εξαίρεση την

Λ4. Η υψηλότερη τιμή (16,25) εμφανίζεται στην επέμβαση Λ3 και διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις επεμβάσεις Λ2, Λ4 και Λ6.

Κατά την περίοδο της ωρίμανσης, η φωτοσύνθεση των πρέμνων κυμαίνεται από 1,40 έως 6,00. Η χαμηλότερη φωτοσύνθεση (1,40) παρατηρείται στην επέμβαση Λ1 και διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τις επεμβάσεις Λ2, Λ5 και Λ6. Η υψηλότερη τιμή της φωτοσύνθεσης (6,00) εμφανίζεται στην επέμβαση Λ6 και διαφέρει στατιστικά σημαντικά από όλες τις επεμβάσεις.

Σε όλες τις επεμβάσεις, η φωτοσύνθεση εμφανίζεται σημαντικά υψηλότερη κατά την περίοδο του περκασμού σε σχέση με την περίοδο της ωρίμανσης, ενώ οι χαμηλότερες και υψηλότερες τιμές της φωτοσύνθεσης κατά τον περκασμό δεν εμφανίζονται στις ίδιες μεταχειρίσεις με τις αντίστοιχες τιμές κατά την ωρίμανση.

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης των καλλιεργητικών επεμβάσεων στα χαρακτηριστικά του γλεύκους, αλλά και στην ποσοτική και ποιοτική σύνθεση των ραγών.

Ξεκινώντας από τις μηχανικές αναλύσεις, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι οι καλλιεργητικές επεμβάσεις δεν προκάλεσαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές στο πλάτος, στο μήκος και στο βάρος των ραγών, τα οποία κυμάνθηκαν στα εύρη 12,68 – 14,64 mm, 12,77 – 14,81 mm και 89,81 – 98,33 g αντίστοιχα. Παρατηρείται αυξητική τάση του βάρους των ραγών στις επεμβάσεις που περιλαμβάνουν μειωμένη εδαφοκατεργασία, ωστόσο οι διαφορές κατά την πρώτη χρονιά του πειράματος δεν είναι στατιστικά σημαντικές, κάτι που επιβεβαιώνεται και στη μελέτη των Nicolosi et al. (2006). Επιπλέον, στις επεμβάσεις μειωμένης εδαφοκατεργασίας, πτωτική τάση σημειώνουν το ποσοστό υγρασίας των ραγών, αλλά και τα ποσοστά βάρους φλοιών και γιγάρτων, ενώ το ποσοστό βάρους της σάρκας αυξάνεται, ωστόσο ξανά χωρίς να καταγράφονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Στην επέμβαση Λ5 (ME+ΛΒΑ) εμφανίζονται οι χαμηλότερες διαστάσεις (μήκος 12,77 mm, πλάτος 12,68 mm) των ραγών, τα χαμηλότερα ποσοστά υγρασίας ραγών (62,79%) και βάρους φλοιών (18,23%) και τα υψηλότερα ποσοστά βάρους σάρκας των ραγών (78,12%). Τα αποτελέσματα αυτά ευθυγραμμίζονται με τη μελέτη των Biniari et al. (2024),

επομένως οι παρατηρούμενες τάσεις υποδεικνύουν την πιθανότητα εμφάνισης στατιστικά σημαντικών διαφορών τις επόμενες χρονιές.

Όσον αφορά στα γλευκογραφικά χαρακτηριστικά, η χαμηλότερη ενεργός και η υψηλότερη ολική οξύτητα παρατηρήθηκαν στην επέμβαση Λ2 (Φ+ΛΒΑ), ενώ η υψηλότερη ενεργός και η χαμηλότερη ολική οξύτητα στις επεμβάσεις Λ5 (ΜΕ+ΛΒΑ) και Λ6 (ΜΕ+Κ) αντίστοιχα, χωρίς όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η σακχαροπεριεκτικότητα σε °Brix παρουσίασε υψηλότερες τιμές στην επέμβαση Λ5 και χαμηλότερες στην Λ6, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η εφαρμογή οργανικών υλικών στο έδαφος ευνοεί την εξισορρόπηση της σακχαροπεριεκτικότητας (Cataldo et al., 2021 & 2020), επομένως το εύρημα αυτό συμβαδίζει με την υπάρχουσα βιβλιογραφία. Το pH και η οξύτητα λαμβάνουν τιμές ελαφρώς χαμηλότερες από τις τυπικές της ποικιλίας (Σταυρακάκης, 2021), ωστόσο οι Biniari et al. (2024) επιβεβαιώνουν ότι ειδικά οι επεμβάσεις της μειωμένης εδαφοκατεργασίας ευνοούν την εμφάνιση αυτών των τιμών. Επιπλέον, ενδέχεται οι αποκλίσεις αυτές να αποδίδονται σε εδαφοκλιματικές παραμέτρους, αλλά και στις γενικές επικρατούσες συνθήκες της περιοχής όπου βρίσκεται ο υπό μελέτη αμπελώνας.

Όσον αφορά στην περιεκτικότητα φλοιών και γιγάρτων σε ολικές φαινολικές ενώσεις, φαίνεται πως η μειωμένη εδαφοκατεργασία ευνοεί την εμφάνιση υψηλότερων συγκεντρώσεων συγκριτικά με το φρεζάρισμα, χωρίς όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές. Στις επεμβάσεις Λ2 (Φ+ΛΒΑ) και Λ3 (Φ+Κ) εμφανίζονται οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις ολικών φαινολικών στους φλοιούς και στα γίγαρτα αντίστοιχα, ενώ στις επεμβάσεις Λ4 (ΜΕ+ΣΛ) και Λ5 (ΜΕ+ΛΒΑ) οι υψηλότερες αντίστοιχα. Τόσο στα γίγαρτα όσο και στους φλοιούς, η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ενώσεων κυμαίνεται σε ελαφρώς χαμηλότερα εύρη από τα τυπικά της ποικιλίας (Σταυρακάκης, 2021), αλλά η απόκλιση αυτή πιθανώς αποδίδεται στις ειδικές επικρατούσες συνθήκες του αμπελώνα. Σύμφωνα με τους Steenwerth et al. (2012), στη σύγχρονη γεωργία είναι απαραίτητη η σταδιακή ελάττωση της έντονης εδαφοκατεργασίας και του φρεζαρίσματος, λόγω της απώλειας θρεπτικών και της καταστροφής της εδαφικής δομής που προκαλούν μακροπρόθεσμα. Η υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών, όπως η εφαρμογή κομπόστ και οργανικών υλικών, αλλά και η ελάττωση της εδαφοκατεργασίας συνεισφέρουν στην πιο ποιοτική θρέψη των πρέμνων (Gómez et al., 2011) και στη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτήρων των σταφυλιών, συμπεριλαμβανομένων των φαινολικών ενώσεων. Επιπλέον, οι συγκεντρώσεις των φαινολικών

ενώσεων σχετίζονται κατά κανόνα και με τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών (Keller, 2010), η οποία είναι αυξημένη στα λιπάσματα (συμβατικά και βραδείας αποδέσμευσης) σε σχέση με τα οργανικής προέλευσης υλικά, που αποδεσμεύουν με βραδείς ρυθμούς τα θρεπτικά τους συστατικά. Παρόλα αυτά, οι φαινολικές ενώσεις εξαρτώνται σημαντικά και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, οπότε δεν είναι ασφαλής η εξαγωγή τελικού συμπεράσματος από το πρώτο έτος του πειράματος.

Όμοια αποτελέσματα με τις ολικές φαινολικές ενώσεις παρουσιάζουν και τα ολικά φλαβονοειδή των φλοιών και των γιγάρτων. Πιο συγκεκριμένα, στις επεμβάσεις Λ2 (Φ+ΛΒΑ) και Λ3 (Φ+Κ) εμφανίζονται οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις ολικών φλαβονοειδών στους φλοιούς και στα γίγαρτα αντίστοιχα, ενώ στις επεμβάσεις Λ4 (ΜΕ+ΣΛ) και Λ5 (ΜΕ+ΛΒΑ) οι υψηλότερες αντίστοιχα, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές. Όπως και τα ολικά φαινολικά, έτσι και τα ολικά φλαβονοειδή εμφανίζονται σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις στους φλοιούς και στα γίγαρτα σε σχέση με τις τυπικές της ποικιλίας (Σταυρακάκης, 2021), πιθανώς λόγω των ειδικών συνθηκών που διαμορφώνονται στον αμπελώνα, για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης.

Οι φλαβόνες και οι φλαβονόλες εμφανίζουν διαφορετική τάση σε σχέση με τα ολικά φαινολικά και τα ολικά φλαβονοειδή. Για τους φλοιούς, η μεγαλύτερη συγκέντρωση των φλαβονών και φλαβονολών παρατηρείται στην επέμβαση Λ1 (Φ+ΣΛ) και η μικρότερη στην Λ2 (Φ+ΛΒΑ), ενώ για τα γίγαρτα στην Λ5 (ΜΕ+ΛΔΑ) και στην Λ6 (ΜΕ+Κ) αντίστοιχα. Η παροχή θρεπτικών στοιχείων μέσω των λιπασμάτων ενισχύει τη θρεπτική κατάσταση του πρέμνου, επομένως και την ποιότητα των παραγόμενων σταφυλιών. Πιο συγκεκριμένα, η υπερβολική, αλλά και η πλημμελής παροχή αζώτου στο πρέμνο προκαλούν ελάττωση της συγκέντρωσης των φλαβονολών, αλλά και γενικά των φλαβονοειδών ενώσεων στο σταφύλι (Downey et al., 2006). Οι φλαβονόλες εξαρτώνται επίσης άμεσα από την έκθεση του πρέμνου και των σταφυλιών στην ηλιακή ακτινοβολία. Αυξανόμενη της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία, αυξάνεται η συγκέντρωση των φλαβονολών που συντίθενται στις ράγες (Makris et al., 2006). Επομένως, η παροχή αζώτου υπό μορφή λιπάσματος σε συνδυασμό με την έκθεση του πρέμνου στην ηλιακή ακτινοβολία πιθανώς συντελούν στην αυξητική τάση που σημειώνουν οι συγκεντρώσεις των φλαβονολών στις επεμβάσεις Λ1 και Λ5. Ωστόσο, η μη ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών καθιστά απαραίτητη τη συνέχιση του πειράματος, προκειμένου να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Όσον αφορά στις φλαβανόλες, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις τους στους φλοιούς και στα γίγαρτα παρατηρούνται στις επεμβάσεις Λ6 (ME+K) και Λ5 (ME+ΛBA) αντίστοιχα, ενώ οι χαμηλότερες στις επεμβάσεις Λ2 (Φ+ΛBA) και Λ3 (Φ+K) αντίστοιχα, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές. Φαίνεται πως στην περίπτωση των φλαβανολών ο τύπος της κατεργασίας του εδάφους είναι ο παράγοντας που προκαλεί τις διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Παράλληλα, τα λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης και το κομπόστ οινοποίησης αποδίδουν υψηλότερες συγκεντρώσεις φλαβανολών συγκριτικά με τα συμβατικά λιπάσματα. Η συγκέντρωση των φλαβανολών ελαττώνεται με την πρόοδο της ωρίμανσης των σταφυλιών (Rodríguez-Pulido et al., 2014) και επηρεάζεται θετικά από παράγοντες όπως η ήπια υδατική καταπόνηση και η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία (Padilla-González et al., 2022), όπως όλες οι φαινολικές ενώσεις. Η μειωμένη εδαφοκατεργασία ενδεχομένως να ενισχύει τον ανταγωνισμό των πρέμνων με την αυτοφυή βλάστηση, για όσο χρονικό διάστημα αυτή παραμένει στο έδαφος, για νερό και θρεπτικά συστατικά, προκαλώντας τους ήπιο στρες και, επομένως, υψηλότερη παραγωγή φλαβανολών. Επιπλέον, η σταδιακή παροχή των θρεπτικών συστατικών μέσω των λιπασμάτων βραδείας αποδέσμευσης και του κομπόστ πιθανώς να καθυστερεί ελάχιστα την ωρίμανση των ραγών, αλλά ταυτόχρονα σε βαθμό ικανό να διατηρήσει σε υψηλά επίπεδα τις φλαβανόλες των ραγών. Παρόλα αυτά, η απουσία στατιστικής σημαντικότητας στα αποτελέσματα μεταξύ των επεμβάσεων καθιστά απαραίτητη τη συνέχιση του πειράματος, προκειμένου τα συμπεράσματα να είναι ασφαλή.

Η Ρομπόλα, ως λευκή ποικιλία, δεν διαθέτει μετρήσιμα ποσοστά ανθοκυανών. Επομένως, οι ορθο-διφαινόλες που μετρήθηκαν στους φλοιούς και στα γίγαρτα των ραγών αποτελούνται κατά κύριο λόγο από φλαβανόλες. Για τον λόγο αυτό, τα αποτελέσματα των ορθο-διφαινολών εμφανίζουν όμοια εικόνα με τις φλαβανόλες ως προς τις υψηλές και χαμηλές συγκεντρώσεις τους. Δηλαδή, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις τους στους φλοιούς και στα γίγαρτα παρατηρούνται στις επεμβάσεις Λ6 (ME+K) και Λ5 (ME+ΛBA) αντίστοιχα, ενώ οι χαμηλότερες στις επεμβάσεις Λ2 (Φ+ΛBA) και Λ3 (Φ+K) αντίστοιχα, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Όσον αφορά στις συμπυκνωμένες ταννίνες, η υψηλότερη συγκέντρωσή τους στους φλοιούς εμφανίζεται στην επέμβαση Λ4 (ME+ΣΛ), ενώ στα γίγαρτα στην Λ5 (ME+ΛBA), χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η χαμηλότερη συγκέντρωση των συμπυκνωμένων ταννινών, τόσο στους φλοιούς όσο και στα γίγαρτα, παρατηρείται στην επέμβαση Λ3 (Φ+K). Επιπλέον, φαίνεται πως στα γίγαρτα οι επεμβάσεις της μειωμένης

εδαφοκατεργασίας αντιστοιχούν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις ταννινών σε σχέση με αυτές του φρεζαρίσματος και, μάλιστα, οι συγκεντρώσεις αυτές είναι ελαφρώς υψηλότερες από τις τυπικές της ποικιλίας (Σταυρακάκης, 2021). Η συγκέντρωση των ταννινών στο σταφύλι εξαρτάται από τη ζωηρότητα της βλάστησης, καθώς αυξανόμενης της ζωηρότητας, η συγκέντρωσή τους ελαττώνεται (Downey et al., 2006). Δεν είναι βέβαιο αν εξαρτάται και από τη διαθεσιμότητα του νερού (Downey et al., 2006 & Padilla-González et al., 2022). Η μειωμένη εδαφοκατεργασία, για λόγους ανταγωνισμού θρέψης των πρέμνων με την αυτοφυή βλάστηση, όπως και στην περίπτωση των φλαβανολών, πιθανώς να δημιουργεί συνθήκες στρες, οι οποίες επιδρούν θετικά στη σύνθεση των ταννινών στις ράγες (Downey et al., 2006). Ωστόσο, η απουσία στατιστικά σημαντικών διαφορών στα αποτελέσματα δεν επιτρέπει την εξαγωγή βέβαιου συμπεράσματος σχετικά με την αιτία των παρατηρούμενων τάσεων στις συγκεντρώσεις των ταννινών σε φλοιούς και γίγαρτα.

Όσον αφορά στη μέτρηση των αντιοξειδωτικών ενώσεων, οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις σε φλοιούς και σε γίγαρτα σύμφωνα και με τις δύο μεθόδους (FRAP, DPPH) παρατηρήθηκαν στις επεμβάσεις Λ2 (Φ+ΛΒΑ) και Λ3 (Φ+Κ) αντίστοιχα, χωρίς στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις διαφέρουν ως προς την επέμβαση στην οποία εμφανίζονται, τόσο στους φλοιούς όσο και στα γίγαρτα, ανάλογα με τη μέθοδο της μέτρησης. Έτσι, για τους φλοιούς, σύμφωνα με τη μέθοδο FRAP, η υψηλότερη συγκέντρωση αντιοξειδωτικών εμφανίζεται στην επέμβαση Λ1 (Φ+ΣΛ), ενώ σύμφωνα με τη μέθοδο DPPH στην επέμβαση Λ4 (ΜΕ+ΣΛ). Για τα γίγαρτα, η υψηλότερη συγκέντρωση αντιοξειδωτικών κατά τη μέθοδο FRAP εμφανίζεται στην επέμβαση Λ4 (ΜΕ+ΣΛ), ενώ κατά τη μέθοδο DPPH στην επέμβαση Λ5 (ΜΕ+ΛΒΔ). Στα αποτελέσματα της μεθόδου DPPH οι συγκεντρώσεις των αντιοξειδωτικών σε φλοιούς και γίγαρτα εμφανίζονται υψηλότερες σε σχέση με αυτά της μεθόδου FRAP. Παρόλα αυτά, η μέθοδος FRAP θεωρείται κατά κανόνα πιο σταθερή και αξιόπιστη (Thaipong et al., 2000 & Danilewicz, 2015), με μοναδικό μειονέκτημα τον ελαφρώς αυξημένο χρόνο παρασκευής των αντιδραστηρίων (Griesser et al., 2022). Τα αντιοξειδωτικά αποτελούνται κυρίως από φαινολικά οξέα και φλαβανόλες (Katalinić et al., 2004), οι οποίες, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, εμφάνισαν τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις τους στις επεμβάσεις Λ2 και Λ3, όπως και τα αντιοξειδωτικά. Επιπλέον, φαίνεται πως η μειωμένη εδαφοκατεργασία ασκεί κατά κανόνα θετική επίδραση στη συγκέντρωσή τους, όπως και στην περίπτωση των φλαβανολών. Παρόλα αυτά, οι διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων δεν είναι στατιστικά σημαντικές και οι

παρατηρούμενες τάσεις είναι απαραίτητο να επιβεβαιωθούν μετά το πέρας περισσότερων καλλιεργητικών περιόδων.

Τα αποτελέσματα για τα μεμονωμένα οξέα υποδεικνύουν υψηλότερες συγκεντρώσεις τρυγικού, ασκορβικού και φουμαρικού οξέος στην επέμβαση Λ4 (ME+ΛBA), μηλικού οξέος στην Λ2 (Φ+ΛBA) και ηλεκτρικού οξέος στη Λ5 (ME+ΛBA). Το μηλικό, το ηλεκτρικό και το φουμαρικό οξύ εμφανίζουν τη χαμηλότερη συγκέντρωση στην επέμβαση Λ3 (Φ+K), ενώ το τρυγικό και το ασκορβικό στην Λ1 (Φ+ΣΛ). Οι διαφορές στις συγκεντρώσεις των οξέων μεταξύ των επεμβάσεων δεν είναι στατιστικά σημαντικές, ωστόσο φαίνεται πως η μειωμένη εδαφοκατεργασία αυξάνει τη συγκέντρωση των μεμονωμένων οξέων, κάτι που επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα του pH, το οποίο είναι χαμηλότερο σε αυτές τις επεμβάσεις. Το pH εξαρτάται σημαντικά από το είδος των οργανικών οξέων, επομένως η παρατήρηση αυτή συνάδει με τη βιβλιογραφία (Σταυρακάκης, 2019).

Όσον αφορά στα σάκχαρα του γλεύκους, η φρουκτόζη και η γλυκόζη παρουσίασαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις στην επέμβαση Λ3 (Φ+K) και τις χαμηλότερες στην επέμβαση Λ5 (ME+ΛBA), χωρίς να παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Τα εύρη στα οποία κυμαίνονται οι συγκεντρώσεις γλυκόζης και φρουκτόζης στο γλεύκος είναι υψηλότερα από τα τυπικά της ποικιλίας (Σταυρακάκης, 2021), πιθανώς εξαιτίας των ειδικών συνθηκών του αμπελώνα. Δεν έχει βρεθεί κάποια σαφής συσχέτιση των σακχάρων του γλεύκους με το είδος της κατεργασίας του εδάφους και τον τύπο του λιπάσματος ή του κομπόστ που εφαρμόζεται στον αμπελώνα.

Η φωτοσύνθεση κατά τον περκασμό εμφανίζει την υψηλότερη τιμή στην επέμβαση Λ3 (Φ+K), χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις επεμβάσεις Λ1 (Φ+ΣΛ) και Λ5 (ME+ΛBA) και την χαμηλότερη στην επέμβαση Λ2 (Φ+ΛBA), χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές από την επέμβαση Λ4 (ME+ΣΛ). Η εφαρμογή κομπόστ οиноποίησης βελτιώνει την ικανότητα συγκράτησης νερού του εδάφους (Pinto et al., 2023), η οποία εξασφαλίζει ικανοποιητικές τιμές φωτοσυνθετικής δραστηριότητας (Σταυρακάκης, 2019). Παράλληλα, το φρεζάρισμα, αλλά και η οποιαδήποτε κατεργασία του εδάφους, βελτιώνουν τη θρεπτική κατάσταση των πρέμνων, αυξάνοντας τη φωτοσυνθετική τους δραστηριότητα, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τη μελέτη των Cruz et al. (2012). Επομένως, η εμφάνιση της υψηλότερης τιμής φωτοσύνθεσης στη Λ3 αποτελεί μία βιβλιογραφικά αναμενόμενη παρατήρηση. Η εφαρμογή λιπάσματος βραδείας

αποδέσμευσης, όπως φαίνεται στα αποτελέσματα, συνδέεται με μειωμένη φωτοσύνθεση στις επεμβάσεις του φρεζαρίσματος και με αυξημένες στις επεμβάσεις της μειωμένης εδαφοκατεργασίας. Αυτό πιθανώς αποδίδεται στην ελάττωση των απωλειών των θρεπτικών στοιχείων στις δεύτερες, ως αποτέλεσμα της ελάχιστης διατάραξης του εδάφους, γεγονός που επιτρέπει στα πρέμνα να απορροφήσουν σταδιακά όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία.

Από την άλλη πλευρά, η φωτοσύνθεση των πρέμνων κατά την ωρίμανση εμφανίζει τη χαμηλότερη τιμή της στην επέμβαση Λ1 (Φ+ΣΛ), μη διαφέροντας στατιστικά σημαντικά από τις επεμβάσεις Λ3 (Φ+Κ) και Λ4 (ΜΕ+ΣΛ), ενώ η υψηλότερη τιμή παρατηρείται στην επέμβαση Λ6 (ΜΕ+Κ), διαφέροντας στατιστικά σημαντικά από τις μετρήσεις όλων των επεμβάσεων. Οι τιμές της φωτοσύνθεσης στην ωρίμανση είναι σημαντικά χαμηλότερες από εκείνες στον περκασμό, λόγω παραγόντων όπως η ηλικία των φύλλων, η θέση τους επί των βλαστών κ.ά. (Σταυρακάκης, 2019). Επιπλέον, όπως επιβεβαίωσαν και οι Poní et al. (2001) στη μελέτη τους, η μέγιστη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των πρέμνων παρατηρείται στην έναρξη της ωρίμανσης και διατηρείται σε υψηλά επίπεδα για χρονικό διάστημα ανάλογο των περιβαλλοντικών και καλλιεργητικών παραγόντων (Σταυρακάκης, 2019), επομένως οι παρατηρούμενες διαφορές στη φωτοσύνθεση μεταξύ των δύο αναπτυξιακών σταδίων είναι αναμενόμενες. Το κομπόστ, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, διατηρεί την υγρασία του εδάφους σε ικανοποιητικά επίπεδα και, σε συνδυασμό με τη μειωμένη εδαφοκατεργασία, παρέχει στα πρέμνα τη δυνατότητα να απορροφήσουν σταδιακά τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, με ελάχιστες απώλειες. Αντιθέτως, τα θρεπτικά στοιχεία των συμβατικών λιπασμάτων συνδυαστικά με το φρεζάρισμα, είναι πιθανό να έχουν ήδη υποστεί σημαντικές απώλειες έως το στάδιο της ωρίμανσης, με επιπτώσεις στη φωτοσυνθετική ικανότητα των πρέμνων, ως αποτέλεσμα πλημμελούς θρέψης.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης υποδεικνύουν ότι οι μηχανικές ιδιότητες, η φαινολική σύσταση των ραγών και τα γλευκογραφικά χαρακτηριστικά δεν επηρεάζονται στατιστικώς σημαντικά από την επιλογή διαφορετικών καλλιεργητικών επεμβάσεων κατά το πρώτο έτος του πειράματος. Οι τάσεις που παρατηρούνται στα αποτελέσματα είναι ενδεικτικές της μελλοντικής επίδρασής τους στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των σταφυλιών, ενώ τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά για τις επεμβάσεις της μειωμένης εδαφοκατεργασίας (Λ4 – Λ6).

Οι παρατηρήσεις αυτές οδηγούν στο αρχικό συμπέρασμα ότι είναι ασφαλής η υιοθέτηση σύγχρονων και βιώσιμων καλλιεργητικών πρακτικών από τον αμπελουργό, χωρίς επίπτωση στην ποιότητα του παραγόμενου σταφυλιού, καθιστώντας εφικτή την παραγωγή οίνων ποιότητας με μακροπρόθεσμα χαμηλότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Ωστόσο, είναι απαραίτητη η επανάληψη των μετρήσεων για περισσότερες καλλιεργητικές περιόδους, καθώς το *terroir* επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων, προκαλώντας διαφορετικές μεταβολές στους ποιοτικούς και ποσοτικούς χαρακτήρες των σταφυλιών από χρονιά σε χρονιά.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agnelli, A., Bol, R., Trumbore, S. E., Dixon, L., Cocco, S., & Corti, G. (2014). Carbon and nitrogen in soil and vine roots in harrowed and grass-covered vineyards. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 193, 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.04.023>
- Baker, J. B., Southard, R. J., & Mitchell, J. P. (2005). Agricultural Dust Production in Standard and Conservation Tillage Systems in the San Joaquin Valley. *Journal of Environmental Quality*, 34(4), 1260–1269. <https://doi.org/10.2134/jeq2003.0348>
- Barros, E. S. C., de Amorim, M. C. C., Olszewski, N., & Silva, P. T. de S. e. (2021). Composting of winery waste and characteristics of the final compost according to Brazilian legislation. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 56(5), 447–457. <https://doi.org/10.1080/03601234.2021.1900694>
- Bayram, M., & Kayalar, M. (2018). White wines from Narince grapes: Impact of two different grape provenances on phenolic and volatile composition. *Oeno One*, 52(2), 81–92. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.2.2114>
- Bertran, E., Sort, X., Soliva, M., & Trillas, I. (2004). Composting winery waste: Sludges and grape stalks. *Bioresource Technology*, 95(2), 203–208. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.07.012>
- Bibliothèque nationale de France. (n.d.). *Catalogue des médailles et antiques: Record 830*. Retrieved January 9, 2025, from <https://shorturl.at/QORac>
- Biniari, K., Fragkos, A., Chatzistathis, T., Katsalirou, E., Gerakis, A., Stika, D. M., Daskalakis, I., Bouza, D., & Stavrakaki, M. (2024). Effect of soil management techniques and different vine nutrient methods on the physiology and grape quality of vines of cv. ‘Robola’ (*Vitis vinifera* L.) in Kefalonia. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52(4), 1–12. <https://doi.org/10.15835/nbha52413954>
- Bocsan, I. C., Măgureanu, D. C., Pop, R. M., Levai, A. M., Macovei, Ștefan O., Pătrașca, I. M., Chedea, V. S., & Buzoianu, A. D. (2022). Antioxidant and Anti-Inflammatory Actions of Polyphenols from Red and White Grape Pomace in Ischemic Heart Diseases. *Biomedicines*, 10(10), 1–29. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10102337>
- Boulton, R. B., Singleton, V. L., Bisson, L. F., & Kunkee, R. E. (1999). *Οινολογία - Βασικές αρχές & μέθοδοι οινοποίησης*. Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2011). *The nature and properties of soils* (14th ed.). Εκδόσεις Έμβρυο. (Original work published 2010)
- Braidot, E., Zancani, M., Petrusa, E., Peresson, C., Bertolini, A., Patui, S., Macrì, F., & Vianello, A. (2008). Transport and accumulation of flavonoids in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Plant Signaling and Behavior*, 3(9), 626–632. <https://doi.org/10.4161/psb.3.9.6686>

- Cataldo, E., Fucile, M., & Mattii, G. B. (2021). A Review: Soil Management, Sustainable Strategies and Approaches to Improve the Quality of Modern Viticulture. *Agronomy*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/agronomy11112359>
- Cataldo, E., Salvi, L., Sbraci, S., Storchi, P., & Mattii, G. B. (2020). Sustainable Viticulture: Effects of Soil Management in *Vitis vinifera*. *Agronomy*, 10(12), 1–15. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121949>
- Chauhan, B. S., Gill, G. S., & Preston, C. (2006). Tillage system effects on weed ecology, herbicide activity and persistence: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(12), 1557–1570. <https://doi.org/10.1071/EA05291>
- Chaumont, M., Morot-gaudry, J. François, & Foyer, C. H. (1994). Seasonal and diurnal changes in photosynthesis and carbon partitioning in *Vitis vinifera* leaves in vines with and without fruit. *Journal of Experimental Botany*, 45(9), 1235–1243. <https://doi.org/10.1093/jxb/45.9.1235>
- Chen, R., Chang, H., Wang, Z., & Lin, H. (2023). Determining organic-inorganic fertilizer application threshold to maximize the yield and quality of drip-irrigated grapes in an extremely arid area of Xinjiang, China. *Agricultural Water Management*, 276(221), 108070. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108070>
- Chtouki, M., Laaziz, F., Naciri, R., Garré, S., Nguyen, F., & Oukarroum, A. (2022). Interactive effect of soil moisture content and phosphorus fertilizer form on chickpea growth, photosynthesis, and nutrient uptake. *Scientific Reports*, 12(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10703-0>
- Cruz, A., Botelho, M., Silvestre, J., & de Castro, R. (2012). Soil management: Introduction of tillage in a vineyard with a long-term natural cover. *Ciencia e Técnica Vitivinícola*, 27(1), 27–38.
- Danilewicz, J. C. (2015). Folin-Ciocalteu, FRAP, and DPPH• assays for measuring polyphenol concentration in white wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(4), 463–471. <https://doi.org/10.5344/ajev.2015.15025>
- de la Rosa, L. A., Moreno-Escamilla, J. O., Rodrigo-García, J., & Alvarez-Parrilla, E. (2018). Phenolic compounds. In *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00012-9>
- DeVetter, L. W., Dilley, C. A., & Nonnecke, G. R. (2015). Mulches reduce weeds, maintain yield, and promote soil quality in a continental-climate vineyard. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66(1), 54–64. <https://doi.org/10.5344/ajev.2014.14064>
- Dobrei, A., Nan, R., Nistor, E., & Dobrei, A. (2021). COMPARATIVE RESEARCH ON THE INFLUENCE OF SOME TECHNOLOGICAL SEQUENCES FROM CONVENTIONAL AND ORGANIC VITICULTURE. *LXV*(2), 113–121.
- Downey, M. O., Dokoozlian, N. K., & Krstic, M. P. (2006). Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: A review of recent research. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 257–268. <https://doi.org/10.5344/ajev.2006.57.3.257>

- Downey, M. O., Harvey, J. S., & Robinson, S. P. (2003). Synthesis of flavonols and expression of flavonol synthase genes in the developing grape berries of Shiraz and Chardonnay (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 9(2), 110–121. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2003.tb00261.x>
- Eleonora, N., Alina, D., Erzsebet, K., & Valeria, C. (2014). Grape pomace as fertilizer. *Forestry and Biotechnology*, 18(2), 141–145. www.journal-hfb.usab-tm.ro
- Eyduran, S. P., Akin, M., Ercisli, S., Eyduran, E., & Maghradze, D. (2015). Sugars, organic acids, and phenolic compounds of ancient grape cultivars (*Vitis Vinifera* L.) from igdir province of eastern Turkey. *Biological Research*, 48, 1–8. <https://doi.org/10.1186/0717-6287-48-2>
- Ferri, M., Rondini, G., Calabretta, M. M., Michelini, E., Vallini, V., Fava, F., Roda, A., Minnucci, G., & Tassoni, A. (2017). White grape pomace extracts, obtained by a sequential enzymatic plus ethanol-based extraction, exert antioxidant, anti-tyrosinase and anti-inflammatory activities. *New Biotechnology*, 39, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.07.002>
- Flamini, R., Mattivi, F., De Rosso, M., Arapitsas, P., & Bavaresco, L. (2013). Advanced knowledge of three important classes of grape phenolics: Anthocyanins, stilbenes and flavonols. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(10), 19651–19669. <https://doi.org/10.3390/ijms141019651>
- Fontana, L. A., Rigolin, V. H., Ornelas, C., & Megiatto, J. D. (2024). A Brief History of Molecular Photosynthesis: The Quest for the Bridge Between Light and Chemistry. *Conversion of Water and CO₂ to Fuels Using Solar Energy: Science, Technology and Materials*, 119–142.
- Fuhrman, B., Volkova, N., Suraski, A., & Aviram, M. (2001). White wine with red wine-like properties: Increased extraction of grape skin polyphenols improves the antioxidant capacity of the derived white wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(7), 3164–3168. <https://doi.org/10.1021/jf001378j>
- Gaiotti, F., Lucchetta, M., Rodegher, G., Lorenzoni, D., Longo, E., Boselli, E., Cesco, S., Belfiore, N., Lovat, L., Delgado-López, J. M., Carmona, F. J., Guagliardi, A., Masciocchi, N., & Pii, Y. (2021). Urea-doped calcium phosphate nanoparticles as sustainable nitrogen nanofertilizers for viticulture: Implications on yield and quality of pinot gris grapevines. *Agronomy*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy11061026>
- García-Guzmán, J. J., Hernández-Artiga, M. P., Palacios-Ponce De León, L., & Bellido-Milla, D. (2015). Selective methods for polyphenols and sulphur dioxide determination in wines. *Food Chemistry*, 182, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.101>
- Garcia-Jares, C., Vazquez, A., Lamas, J. P., Pajaro, M., Alvarez-Casas, M., & Lores, M. (2015). Antioxidant white grape seed phenolics: Pressurized liquid extracts from different varieties. *Antioxidants*, 4(4), 737–749. <https://doi.org/10.3390/antiox4040737>
- Garrido, A., Engel, J., Mumm, R., Conde, A., Cunha, A., & De Vos, R. C. H. (2021). Metabolomics of photosynthetically active tissues in white grapes: Effects of light microclimate and stress mitigation strategies. *Metabolites*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/metabo11040205>

- Garrido, J., & Borges, F. (2013). Wine and grape polyphenols - A chemical perspective. *Food Research International*, 54(2), 1844–1858. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.08.002>
- Geny, L., Saucier, C., Bracco, S., Daviaud, F., & Glories, Y. (2003). Composition and Cellular Localization of Tannins in Grape Seeds during Maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(27), 8051–8054. <https://doi.org/10.1021/jf030418r>
- Gnilomedova, N. V., Anikina, N. S., & Gerzhikova, V. G. (2018). Profile of sugars in a grape-wine system as the identifying indicator of the authenticity of wine products. *Foods and Raw Materials*, 6(1), 191–200. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-191-200>
- Gómez, J. A., Llewellyn, C., Basch, G., Sutton, P. B., Dyson, J. S., & Jones, C. A. (2011). The effects of cover crops and conventional tillage on soil and runoff loss in vineyards and olive groves in several Mediterranean countries. *Soil Use and Management*, 27(4), 502–514. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00367.x>
- Goufo, P., Singh, R. K., & Cortez, I. (2020). A reference list of phenolic compounds (Including stilbenes) in grapevine (*Vitis vinifera* L.) roots, woods, canes, stems, and leaves. *Antioxidants*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/antiox9050398>
- Greer, D. H., & Weedon, M. M. (2012). Modelling photosynthetic responses to temperature of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Semillon) leaves on vines grown in a hot climate. *Plant, Cell and Environment*, 35(6), 1050–1064. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02471.x>
- Griesser, M., Khalil, S., De Berardinis, F., Porret, O. F., Hörmayer, R., Mayer, N., Kühner, E., & Forneck, A. (2022). Under-vine vegetation in vineyards: a case study considering soil hydrolytic enzyme activity, yield and grape quality in Austria. *Oeno One*, 56(4), 81–93. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.4.5518>
- Hendrickson, L., Ball, M. C., Wood, J. T., Chow, W. S., & Furbank, R. T. (2004). Low temperature effects on photosynthesis and growth of grapevine. *Plant, Cell and Environment*, 27(7), 795–809. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2004.01184.x>
- Higo, A., Wada, Y., & Sato, Y. (2012). 肥後温子 1*, 和田淑子 2, 佐藤之紀 3 2. 59(11), 562–571. https://www.jstage.jst.go.jp/article/nskkk/59/11/59_562/_pdf
- Jakabová, S., Fikselová, M., Mendelová, A., Ševčík, M., Jakab, I., Aláčová, Z., Kolačková, J., & Ivanova-Petropulos, V. (2021). Chemical composition of white wines produced from different grape varieties and wine regions in Slovakia. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/app112211059>
- Katalinić, V., Milos, M., Modun, D., Musić, I., & Boban, M. (2004). Antioxidant effectiveness of selected wines in comparison with (+)-catechin. *Food Chemistry*, 86(4), 593–600. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.10.007>
- Kaya, O., Ates, F., Daler, S., Canturk, S., Turan, M., & Hatterman-Valenti, H. (2024). Optimizing Grape Quality Through Tillage and Organic Fertilization: A Comprehensive Analysis of Phenolic and

- Anthocyanin Variability Over Three Years. *Food Science and Nutrition*, 9428–9442. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4500>
- Keller, M. (2010). Developmental Physiology. In *The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374881-2.00006-4>
- Kennedy, J. A., Saucier, C., & Glories, Y. (2006). Grape and wine phenolics: History and perspective. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 239–248. <https://doi.org/10.5344/ajev.2006.57.3.239>
- Komes, D., Ulrich, D., Kovacevic Ganic, K., & Lovric, T. (2007). Study of phenolic and volatile composition of white wine during fermentation and a short time of storage. *Vitis - Journal of Grapevine Research*, 46(2), 77–84.
- Lachman, J., Šulc, M., Faitová, K., & Pivec, V. (2009). Major factors influencing antioxidant contents and antioxidant activity in grapes and wines. *International Journal of Wine Research*, 1(1), 101–121. <https://doi.org/10.2147/IJWR.S4600>
- Lampíř, L., & Pavloušek, P. (2013). Influence of locality on content of phenolic compounds in white wines. *Czech Journal of Food Sciences*, 31(6), 619–626. <https://doi.org/10.17221/337/2013-cjfs>
- Lebon, G., Brun, O., Magné, C., & Clément, C. (2005). Photosynthesis of the grapevine (*Vitis vinifera*) inflorescence. *Tree Physiology*, 25(5), 633–639. <https://doi.org/10.1093/treephys/25.5.633>
- Li, Z., Pan, Q., Jin, Z., Mu, L., & Duan, C. (2011). Comparison on phenolic compounds in *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon wines from five wine-growing regions in China. *Food Chemistry*, 125(1), 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.039>
- Liebhart, G., Guzmán, G., Gómez, J. A., Winter, S., Zaller, J. G., Bauer, T., Nicolai, A., Cluzeau, D., Popescu, D., Bunea, C. I., & Strauss, P. (2024). Vineyard cover crop management strategies and their effect on soil properties across Europe. *European Journal of Soil Science*, 75(5), 1–19. <https://doi.org/10.1111/ejss.13573>
- Liu, H. F., Wu, B. H., Fan, P. G., Li, S. H., & Li, L. S. (2006). Sugar and acid concentrations in 98 grape cultivars analyzed by principal component analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10), 1526–1536. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2541>
- Liu, H. F., Wu, B. H., Fan, P. G., Xu, H. Y., & Li, S. H. (2007). Inheritance of sugars and acids in berries of grape (*Vitis vinifera* L.). *Euphytica*, 153(1–2), 99–107. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-9246-9>
- Mahmoud, M., El-Salhy, A.-F., & Salem, E.-N. (2024). Efficiency of slow release fertilizers on reducing the rates of mineral-N fertilizers in Flame seedless vineyards. *Aswan University Journal of Sciences and Technology*, 4(1), 61–71. <https://doi.org/10.21608/aujst.2024.337892>
- Makris, D. P., Kallithraka, S., & Kefalas, P. (2006). Flavonols in grapes, grape products and wines: Burden, profile and influential parameters. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(5), 396–404. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.10.003>

- Marlon, J. R. da S., Bruna, T. F. V., Giuseppina, P. P. L., Mara, F. M., Giovanni, M. de A. G. C., Charles, Y. W., & Marco, A. T. (2017). Phenolic compounds and antioxidant activity of red and white grapes on different rootstocks. *African Journal of Biotechnology*, 16(13), 664–671. <https://doi.org/10.5897/ajb2016.15837>
- Martínez Salgado, M. M., Ortega Blu, R., Janssens, M., & Fincheira, P. (2019). Grape pomace compost as a source of organic matter: Evolution of quality parameters to evaluate maturity and stability. *Journal of Cleaner Production*, 216, 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.156>
- Miliordos, D. E., Alatzas, A., Kontoudakis, N., Unlubayir, M., Hatzopoulos, P., Lanoue, A., & Kotseridis, Y. (2023). Benzothiadiazole Affects Grape Polyphenol Metabolism and Wine Quality in Two Greek Cultivars: Effects during Ripening Period over Two Years. *Plants*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/plants12051179>
- Mohamed, A. Y., & S. Ebeed, S. (2006). Effect of Some Slow Release N Fertilizers on Growth and Fruiting of Two Mango Cvs; Figri Kelan and Keitt. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 14(1), 321–335. <https://doi.org/10.21608/ajs.2006.15486>
- Monagas, M., Bartolomé, B., & Gómez-Cordovés, C. (2005 a). Evolution of polyphenols in red wines from *Vitis vinifera* L. during aging in the bottle : III. Non-anthocyanin phenolic compounds. *European Food Research and Technology*, 220(3–4), 331–340. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-1109-9>
- Monagas, M., Bartolomé, B., & Gómez-Cordovés, C. (2005 b). Updated knowledge about the presence of phenolic compounds in wine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(2), 85–118. <https://doi.org/10.1080/10408690490911710>
- Monagas, M., Gómez-Cordovés, C., & Bartolomé, B. (2006). Evolution of the phenolic content of red wines from *Vitis vinifera* L. during ageing in bottle. *Food Chemistry*, 95(3), 405–412. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.004>
- Muñoz-Robredo, P., Robledo, P., Manríquez, D., Molina, R., & Defilippi, B. G. (2011). Characterization of sugars and organic acids in commercial varieties of table grapes. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71(3), 452–458. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392011000300017>
- Nelson, N., & Junge, W. (2015). Structure and energy transfer in photosystems of oxygenic photosynthesis. *Annual Review of Biochemistry*, 84(February), 659–683. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-092914-041942>
- Nicolosi, E., Ferlito, F., Allegra, M., Cicala, A., Trovato, F., & La Malfa, S. (2016). Influences of aspect and tillage on two winegrape cultivars on Mount Etna. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 44(2), 83–102. <https://doi.org/10.1080/01140671.2016.1147472>
- Padilla-González, G. F., Grosskopf, E., Sadgrove, N. J., & Simmonds, M. S. J. (2022). Chemical Diversity of Flavan-3-Ols in Grape Seeds: Modulating Factors and Quality Requirements. *Plants*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/plants11060809>

- Pinto, R., Correia, C., Mourão, I., Moura, L., & Brito, L. M. (2023). Composting Waste from the White Wine Industry. *Sustainability (Switzerland)*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/su15043454>
- Poni, S., & Intrieri, C. (2001). Grapevine photosynthesis: Effects linked to light radiation and leaf age. *Advances in Horticultural Science*, 15(1–4), 5–15.
- Popović, T., Mijović, S., Pajović Šćepanović, R., & Raičević, D. (2020). Analysis of possibilities of reducing the quantity of mineral fertilizer application using different types of organic fertilizers in cardinal grape variety. *Agriculture and Forestry*, 66(1), 261–268. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.66.1.24>
- Refaai, M. (2016). Response of Thompson Seedless Grapevines To Application of Methylene Urea and Some Slow Release N Fertilizers As A partial Replacement of the Fast Release Mineral Urea Fertilizers. *Journal of Plant Production*, 7(1), 99–104. <https://doi.org/10.21608/jpp.2016.43480>
- Rocchi, L. (2015). *Physiological responses of white grape berries to sunlight exposure*. November, 1–118. https://air.unimi.it/bitstream/2434/336669/2/phd_unimi_R10017.pdf
- Rodríguez-Pulido, F. J., Hernández-Hierro, J. M., Nogales-Bueno, J., Gordillo, B., González-Miret, M. L., & Heredia, F. J. (2014). A novel method for evaluating flavanols in grape seeds by near infrared hyperspectral imaging. *Talanta*, 122, 145–150. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.01.044>
- Sabir, A., Kafkas, E., & Tangolar, S. (2010). Distribution of major sugars, acids, and total phenols in juice of five grapevine (*Vitis* spp.) cultivars at different stages of berry development. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(2), 425–433. <https://doi.org/10.5424/sjar/2010082-1186>
- Saeed, H., & Shoug, M. (2023). Attempts to Improvement the Growth and Fruiting of Flame Seedless Grapevines Growing in Sandy Soil Using Slow-Release Nitrogen Fertilizers. *Hortscience Journal of Suez Canal University*, 12(1), 10–17. <https://doi.org/10.21608/hjsc.2023.337427>
- Sensoy, R. I. G. (2015). Determination of organic acids, sugars, and macro-micro nutrient contents of must in some grape (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 25(3), 693–697.
- Shaheen, M. A. G., Abdel-Wahab, S. M., Hassan, E. A., & Abdelaziz, A. M. R. A. (2012). Effect of Some Soil Conditioners and Organic Fertilizers on Vegetative Growth and Quality of Crimson Seedless Grapevines. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 4(3), 260–266. <https://doi.org/10.5829/idosi.jhsop.2012.4.3.255>
- European Commision. (2005). *Soil Atlas of Europe, European Soils Bureau Network*.
- Stavridou, K., Soufleros, E. H., Bouloumpasi, E., & Dagkli, V. (2016). The Phenolic Potential of Wines from French Grape Varieties Cabernet Sauvignon, Merlot and Syrah Cultivated in the Region of Thessaloniki (Northern Greece) and Its Evolution during Aging. *Food and Nutrition Sciences*, 07(02), 122–137. <https://doi.org/10.4236/fns.2016.72014>

- Steenwerth, K., & Guerra, B. (2012). Influence of floor management technique on grapevine growth, disease pressure, and juice and wine composition: A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63(2), 149–164. <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.10001>
- Stirbet, A., Lazár, D., Guo, Y., & Govindjee, G. (2020). Photosynthesis: Basics, history and modelling. *Annals of Botany*, 126(4), 511–537. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz171>
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Hawkins Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
- Theophrastus. (1976). *De causis plantarum* (A. Hort, Ed. & Trans.). Harvard University Press. https://doi.org/10.4159/DLCL.theophrastus-de_causis_plantarum.1976
- Two, C. (2012). - Phenolic Compounds. *Food Analysis by HPLC*, 734–773. <https://doi.org/10.1201/b13024-25>
- Vašková, R., Snopek, L., & Mlček, J. (2023). Evolution of the Polyphenolic Content of Moravian White Grape Variety Wines of Different Vintages During Storage. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 44(1), 9–24. <https://doi.org/10.21548/44-1-5428>
- Versari, A., Du Toit, W., & Parpinello, G. P. (2013). Oenological tannins: A review. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19(1), 1–10. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12002>
- Vidal, S., Francis, L., Noble, A., Kwiatkowski, M., Cheynier, V., & Waters, E. (2004). Taste and mouth-feel properties of different types of tannin-like polyphenolic compounds and anthocyanins in wine. *Analytica Chimica Acta*, 513(1), 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.10.017>
- Viel, A., Stellin, F., Carlot, M., Nadai, C., Concheri, G., Stevanato, P., Squartini, A., Corich, V., & Giacomini, A. (2018). Characteristics of Compost Obtained from Winemaking Byproducts. *Waste and Biomass Valorization*, 9(11), 2021–2029. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0160-2>
- Wei, X., Chen, J., Gao, B., & Wang, Z. (2019). Role of controlled and slow release fertilizers in fruit crop nutrition. In *Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints* (Vol. 2014). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00039-3>
- Xiao, F., Yang, Z. Q., & Lee, K. W. (2017). Photosynthetic and physiological responses to high temperature in grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaves during the seedling stage. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 92(1), 2–10. <https://doi.org/10.1080/14620316.2016.1211493>
- Αἰβαλάκης, Γ., Καραμπουρνιώτης, Γ., & Λιακόπουλος, Γ. (2016). *Φυσιολογία φυτών*. Εκδόσεις Έμβρυο
- Νικολάου, Ν. Α. (2011). *Αμπελουργία* (Β' έκδοση). Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.
- Σούλης, Θ. (1992). *Μαθήματα Οινοποιίας*. Θεσσαλονίκη: Α.Π.Θ., Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Πανεπιστημιακό Τυπογραφείο.

Σουφλερός, Ε. Η. (2009). *Οινολογία και αποστάγματα - Μέθοδοι ανάλυσης* (2η έκδ.). Θεσσαλονίκη.

Σταυρακάκης, Μ. Ν. (2019). *Αμπελουργία*. Εκδόσεις Έμβρυο.

Σταυρακάκης, Μ. Ν. (2021). *Αμπελογραφία*. Εκδόσεις Έμβρυο.