

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ:

ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ,

ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΕ ΚΑΡΠΟΥΣ

ΜΟΥΡΙΑΣ (*Morus alba* L.)

ΜΑΚΑΒΕΛΟΥ Π. ΜΑΡΙΑΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΤΣΑΝΤΙΛΗ ΕΛΕΝΗ

ΑΘΗΝΑ 2010

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΕ ΚΑΡΠΟΥΣ ΜΟΥΡΙΑΣ
(*Morus alba* L.)**

της γεωπόνου Μακαβέλου Μαριάνας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Τσαντίλη Ελένη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Εξεταστική επιτροπή:

Πάσσαμ Χάρολντ, Καθηγητής

Ρούσσος Πέτρος, Επίκουρος Καθηγητής

Τσαντίλη Ελένη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

ΑΘΗΝΑ 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ευχαριστώ θερμά την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Εργαστηρίου Δενδροκομίας κυρία Ελένη Τσαντίλη, για την ανάθεση της διατριβής και τη συνεχή επιστημονική καθοδήγηση και επίβλεψη κατά την εκπόνηση και συγγραφή αυτής.

Ευχαριστίες οφείλονται στον Καθηγητή κύριο Πασχάλη Χαριζάνη για την προμήθεια των καρπών από μουριές του εργαστηρίου Σηροτροφίας και Μελισσοκομίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό του Εργαστηρίου Δενδροκομίας για την καλή συνεργασία κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συναδέλφους, για την πολύτιμη βοήθειά τους στα διάφορα στάδια εκπόνησης της διατριβής και κυρίως την Υποψήφια Διδάκτορα του Εργαστηρίου Δενδροκομίας Μίνα Καυκαλέτου.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου που στήριξε την προσπάθειά μου αυτή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη φυσιολογικών χαρακτηριστικών, ποιοτικών που αντιλαμβάνεται ο καταναλωτής, αλλά και διαιτητικών σε καρπούς τριών άγνωστων γενότυπων και ενός υβριδίου μουριάς (*Morus alba* L.).

Τα μούρα συγκομίστηκαν σε δύο στάδια, σε σχετικά ανώριμο και σε πλήρους ωριμότητας. Μετρήθηκε η έκλυση αιθυλενίου και ο ρυθμός αναπνοής με αέρια χρωματογραφία, το βάρος, το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας με χρωματόμετρο Minolta, η συνεκτικότητα με Chatillon χειρός, τα συνολικά διαλυτά στερεά με διαθλασίμετρο, το pH και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα. Όσον αφορά στη διαιτητική αξία, εκτιμήθηκε η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα με τις μεθόδους FRAP και DPPH. Επειδή η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα οφείλεται σε φαινολικές ενώσεις, μετρήθηκε επίσης η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών και φλαβονοειδών σε όλους τους γενότυπους, καθώς και των ολικών ανθοκυανινών στους έγχρωμους καρπούς.

Τα αποτελέσματα έδειξαν μια σημαντική διαφοροποίηση των παραπάνω εκτιμώμενων παραμέτρων μεταξύ των γενότυπων και των σταδίων συγκομιδής. Για τα ολικά φαινολικά, τα φλαβονοειδή, τις ολικές ανθοκυανίνες και την αντιοξειδωτική ικανότητα παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση των τιμών κατά την ωρίμανση στους έγχρωμους γενότυπους, ενώ στους υπόλοιπους καρπούς, παρατηρήθηκαν αυξομειώσεις οι οποίες δεν ήταν πάντα σημαντικές.

Σε όλους τους καρπούς, τα ολικά φαινολικά, τα φλαβονοειδή, οι ολικές ανθοκυανίνες και η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα καθ' οιονδήποτε δυαδικό συνδυασμό μεταξύ τους, καθώς και οι ολικές ανθοκυανίνες με τον παράγοντα C* του χρώματος στους έγχρωμους γενότυπους, παρουσίασαν σημαντική γραμμική συσχέτιση με υψηλό συντελεστή συσχέτισης.

ABSTRACT

The objective of this work was to study physiological and quality features of mulberry fruit in a known hybrid, 'Fengchisang', and other three randomly selected genotypes of mulberry tree (*Morus alba* L.). The quality included features perceived by the consumers, but also some dietary ones.

The berries from the hybrid 'Fengchisang' were harvested only at fully mature stage, whereas from the other genotypes at two maturity stages, less and fully mature. Ethylene production and respiration rates showed a significant dependence on genotype, were all at high levels, but their changes were not consistent in relation with the maturation. Genotype also affected all measured quality features. Fruit weight, pH, total soluble solids, total antioxidant activity measured both with FRAP and DPPH assays, as well as total anthocyanins in colored berries increased with advanced maturity, whereas firmness and the color parameters h° and C^* decreased. The rest of measurements (color L^* , titratable acidity, total phenolic and total flavonoid concentration) did not show a consistent change in relation with the maturation of all genotypes.

Significant linear correlations with high correlation coefficients were observed among total phenolics, flavonoids, total anthocyanins and total antioxidant capacity either with FRAP or DPPH assay, and between total anthocyanins and the color parameter C^* in colored berries. The present results indicated that the high antioxidant activity of the colored berries could be attributed rather to anthocyanins than to other components.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΟΥΡΙΑ.....	9
1.1.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΥΡΙΑΣ.....	9
1.1.2. ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ.....	10
1.1.3. ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ	11
1.2. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ.....	12
1.2.1. ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΡΙΖΕΣ - ΕΝΕΡΓΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (ROS).....	12
1.2.2. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ROS - ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ.....	14
1.2.3. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ.....	16
1.2.3.1. ΕΝΖΥΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ.....	16
1.2.3.2. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ.....	17
1.2.4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ.....	21
1.2.5. ΦΥΤΙΚΕΣ ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ.....	23
1.2.5.1. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ ΟΞΕΑ	26
1.2.5.2. ΦΛΑΒΟΝΕΣ ΚΑΙ ΦΛΑΒΟΝΟΝΕΣ	26
1.2.5.3. ΦΛΑΒΑΝΟΛΕΣ	27
1.2.5.4. ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΔΙΝΕΣ - ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	28
1.2.5.5. ΦΛΑΒΑΝΟΝΕΣ	29
1.2.5.6. ΙΣΟΦΛΑΒΟΝΕΣ	30
1.2.5.7. ΤΑΝΝΙΝΕΣ.....	30
1.2.5.8. ΣΤΙΛΒΕΝΙΑ.....	31
1.2.6. ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ.....	32
1.2.7. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ	33
1.2.8. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΕ ΚΟΚΚΙΝΟΥΣ ΚΑΡΠΟΥΣ	35
1.2.9. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΕ ΜΟΥΡΑ	36
1.3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	37
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	39
2.1. ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ	39
2.2. ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΡΠΩΝ	43
2.3. ΕΚΛΥΣΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ	43
2.4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ	43
2.5. ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΝ ΚΑΡΠΩΝ	44

2.6. ΜΕΤΡΗΣΗ pH, ΤΙΤΛΟΔΟΤΟΥΜΕΝΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ.....	45
2.7. ΕΚΧΥΛΙΣΗ.....	45
2.8. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΑΡΠΟΥΣ.....	46
2.9. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΑΡΠΟΥΣ.....	46
2.10. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΩΝ.....	47
2.11. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΗΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟΥΣ ΚΑΡΠΟΥΣ.....	47
2.12. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	50
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	51
3.1. ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΡΠΩΝ.....	51
3.1.1. ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	51
3.1.2. ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	52
3.2. ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ.....	54
3.2.1. ΕΚΛΥΣΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	54
3.2.2. ΕΚΛΥΣΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	55
3.3. ΒΑΡΟΣ	58
3.3.1. ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	58
3.3.2. ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	59
3.4. ΧΡΩΜΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΜΟΥΡΩΝ.....	60
3.4.1. ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ L* ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	60
3.4.2. ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ L* ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	61
3.4.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΗΥΕ ANGLE ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ	63
3.4.4. ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΗΥΕ ANGLE ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	64
3.4.5. ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ C* ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	65
3.4.6. ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ C* ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	66
3.5. ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΡΠΩΝ	67

3.5.1. ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	67
3.5.2. ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	68
3.6. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ, pH ΚΑΙ ΤΙΤΛΟΔΟΤΟΥΜΕΝΗ ΟΞΥΤΗΤΑ....	69
3.6.1. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	69
3.6.2. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	70
3.6.3. pH ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ	72
3.6.4. pH ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	73
3.6.5. ΤΙΤΛΟΔΟΤΟΥΜΕΝΗ ΟΞΥΤΗΤΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	74
3.6.6. ΤΙΤΛΟΔΟΤΟΥΜΕΝΗ ΟΞΥΤΗΤΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	75
3.7. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ.....	77
3.7.1. ΟΛΙΚΑ ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ....	77
3.7.2. ΟΛΙΚΑ ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	78
3.7.3. ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	80
3.7.4. ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	81
3.7.5. ΟΛΙΚΕΣ ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	83
3.7.6. ΟΛΙΚΕΣ ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ.....	84
3.7.7. ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ.....	86
3.7.7.1. ΜΕΘΟΔΟΣ - FRAP ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	86
3.7.7.2. ΜΕΘΟΔΟΣ - FRAP ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	87
3.7.7.3. ΜΕΘΟΔΟΣ - DPPH ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	88
3.7.7.4. ΜΕΘΟΔΟΣ - DPPH ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.....	90
3.8. ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ.....	91
3.9. ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	96
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	99

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΟΥΡΙΑ.

1.1.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΜΟΥΡΙΑΣ.

Η Μουριά (Mulberry tree) ανήκει στο γένος *Morus* της οικογένειας Moraceae (διαίρεση Magnoliophyta - Αγγειόσπερμα, κλάση Magnoliopsida - Δικότυλα, υποκλάση Hamamelididae, τάξη Urticales). Ευδοκίμει σε ήπια κλίματα και έχει μεγάλη προσαρμοστικότητα, ώστε να απαντά σε μια ευρεία γεωγραφική περιοχή από την εύκρατη ζώνη έως την τροπική και από το επίπεδο της θάλασσας έως και 4.000 m. υψόμετρο (Machii et al. 2000, Tutin et al., 1996).

Στο γένος *Morus* ανήκουν 24 γνωστά είδη και ένα υποείδος με πολλές γνωστές ποικιλίες τα οποία φύονται στη σηροτροφική ζώνη σε άγρια ή καλλιεργούμενη μορφή και ταξινομούνται ανάλογα με την προέλευσή τους (Ercisli and Orhan, 2007).

Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες των οποίων τα φύλλα χρησιμοποιούνται για την εκτροφή των μεταξοσκωλήκων, ανήκουν κυρίως στα τρία βασικά είδη: *M. alba*, *M. latifolia* και *M. bombycis*. Οι *M. alba* και *M. latifolia* κατάγονται από την Κίνα, απ' όπου μέσω Ινδίας και Περσίας μεταφέρθηκαν στη Γαλλία και διαδόθηκαν σε όλη την Ευρώπη, αντικαθιστώντας το είδος *M. nigra* που κυριαρχούσε σε αυτή.

Είναι φυλλοβόλο δέντρο και χρειάζεται κάποια περίοδο ψύχους για το ξεπέρασμα του ληθάργου. Τα είδη της μουριάς είναι συνήθως μόνοικα και φέρουν χωριστά τα θηλυκά από τα αρσενικά άνθη στο ίδιο δέντρο (δίκλινα). Υπάρχουν όμως και ποικιλίες δίοικες στις οποίες ξεχωρίζουν τα θηλυκά από τα αρσενικά δέντρα. Ως δέντρο είναι αρκετά ανθεκτικό στις δύσκολες συνθήκες της υποτροπικής και εύκρατης ζώνης όπου καλλιεργείται και σε εδάφη ποικίλης σύστασης. Για αυξημένες αποδόσεις θέλει ήπιο δροσερό περιβάλλον και έδαφος γόνιμο, βαθύ με καλή στράγγιση και ουδέτερο pH. Έχει μεγάλη ικανότητα προσαρμογής στο τοπικό περιβάλλον και μεταλλάσσεται εύκολα. Είναι ένα δέντρο που για πέντε χιλιετηρίδες έχει μεγάλη οικονομική αξία για τον άνθρωπο,

ο οποίος το μελέτησε και το βελτίωσε σημαντικά. Σήμερα είναι γνωστές περισσότερες από 1.000 ποικιλίες μουριάς (Biasiolo et al., 2004).

1.1.2. ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ.

Τα φύλλα της μουριάς αποτελούν τη μοναδική κατάλληλη τροφή για το μονοφάγο μεταξοσκώληκα. Από τα μορεόφυλλα παρασκευάζεται επίσης αφέψημα που καταναλώνεται από τον άνθρωπο για τις αντιβιοτικές και αντιδιαβητικές ιδιότητες που του αποδίδονται (Butt et al., 2008). Στις χώρες που κύρια καλλιεργείται Ινδία και Κίνα τα φύλλα της μουριάς προορίζονται για την τροφή μεταξοσκωλήκων. Η καλλιέργεια της μουριάς επικεντρώνεται εκεί στη βελτίωση της παραγωγής φύλλων (Vijayan et al., 1997). Τα φύλλα της αποτελούν ιδιαίτερη πηγή θρεπτικών ουσιών και συμπεριλαμβάνονται στη διατροφή των μηρυκαστικών ως συμπληρωματική πηγή πρωτεϊνών. Επίσης χρησιμοποιούνται σε διάφορους τομείς της ιατρικής. Σα δέντρο καλλιεργείται ως καλλωπιστικό για δενδροστοιχίες και ως δασικό για τη δημιουργία ζωνών πυρασφάλειας. Τα τελευταία χρόνια εξετάζεται η χρήση της ως ενεργειακή καλλιέργεια.

Ωστόσο, στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες συμπεριλαμβανομένων της Ελλάδας και της Τουρκίας, η μουριά καλλιεργείται και για παραγωγή φρούτων εκτός των φύλλων (Ercisli, 2004, Gerasopoulos and Stavroulakis, 1997). Ο χρωματισμός των καρπών ποικίλει από λευκό έως μαύρο για τη *M. alba* και κόκκινο για τη *M. nigra* κατά την ωρίμανσή τους. Οι καρποί είναι γλυκοί αλλά πολύ ευαίσθητοι γιατί μαλακώνουν πολύ γρήγορα δυσκολεύοντας τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς και την εμπορία τους. Η συλλογή τους είναι εξίσου δύσκολη καθώς η απόσπασή τους από το δέντρο δεν είναι εύκολη πριν την πλήρη ωρίμανσή τους. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται δίκτυα σε συνδυασμό με δόνηση του δέντρου και ακολούθως συλλογή με τα χέρια (Jackson, 1986). Οι κόκκινοι καρποί με την ευχάριστη γεύση καταναλώνονται φρέσκοι, χρησιμοποιούνται στην παραγωγή μαρμελάδων, χυμών και λικέρ. Έχουν επίσης και άλλες χρήσεις σα φυτική βαφή για βαμβάκι ή μαλλί, στην ιατρική και στη βιομηχανία καλλυντικών (Gerasopoulos and Stavroulakis, 1997).

1.1.3. ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ.

Μερικές από τις σπουδαιότερες ποικιλίες που καλλιεργούνται σήμερα στην Ελλάδα και κύρια στον Έβρο και στις Σέρρες είναι ποικιλίες για χρήση στη σηροτροφία:

Ichinose: Ποικιλία προερχόμενη από την Ιαπωνία, ανήκει στο είδος *M. alba* και είναι καλά εγκλιματισμένη στο Μεσογειακό περιβάλλον. Είναι μόνοικη, με φύλλα μεσαίου έως μεγάλου μεγέθους συνήθως έλλοβα, με ελαφρό χνούδι και χρώματος ανοιχτού πράσινου. Οι καρποί ωριμάζουν μεσοπρώιμα, έχουν χρώμα ερυθρό και είναι άγευστοι. Αναπτύσσεται πολύ γρήγορα και οι ετήσιοι βλαστοί μπορούν να ξεπεράσουν τα 3 μέτρα σε μήκος, ενώ φέρουν ρόζους σε πυκνά διαστήματα.

Kairyo: Ποικιλία προερχόμενη από την Ιαπωνία, ανήκει και αυτή στο είδος *M. alba* και είναι νεώτερη της Ichinose και πιο βελτιωμένη. Έχει φύλλα ακέραια ή με ένα λοβό και χρώμα βαθύ πράσινο. Οι ετήσιοι βλαστοί είναι χονδροί και φέρουν πυκνά φύλλα. Παρουσιάζει αντοχή στο ψύχος.

Kokuso 20, 21: Ποικιλίες όψιμες, Ιαπωνικές, που προέρχονται από την Ευρωπαϊκή ποικιλία Rossou, η οποία ανήκει στο είδος *M. latifolia*. Είναι μόνοικες και οι καρποί τους είναι μαύροι και υπόγλυκης γεύσης. Τα φύλλα είναι μεγάλα, καρδιόσχημα και έχουν ανοιχτό πράσινο χρώμα στην αρχή που σκουραίνει στη συνέχεια. Πολύ παραγωγικές λίγο όψιμες ποικιλίες.

Heyebai: Ποικιλία κινέζικης προέλευσης, μεσοόψιμη. Είναι μόνοικη αλλά φέρει μικρούς μαύρους καρπούς στη βάση των ετήσιων βλαστών. Έχει μεγάλα φύλλα, συνήθως με ένα λοβό και χρώμα ζωηρό πράσινο. Οι βλαστοί είναι πολύ ζωηροί.

Υπάρχουν πολλές ποικιλίες ντόπιες που καλλιεργούνται και είναι δύσκολο να ταξινομηθούν. Εντούτοις κάποιες ξεχωρίζουν για τα ποιοτικά και παραγωγικά τους στοιχεία. Δύο εκ των οποίων παρατίθενται παρακάτω:

Άγωνα ή Προύσσης: Τη μετέφεραν οι Έλληνες από τη Μικρά Ασία, όπου καλλιεργούνταν για πολλά χρόνια. Είναι δίσοικη, φέρει μόνο λίγα αρσενικά άνθη στη βάση των βλαστών και δεν παράγει καρπούς. Έχει φύλλα μεγάλα, ακέραια και καρδιόσχημα, με χρώμα βαθύ πράσινο και λεία αδρή επιφάνεια. Οι ετήσιοι

βλαστοί είναι λείοι, έχουν ανάπτυξη σχετικά αργή, αλλά δίνει ικανοποιητική παραγωγή, γιατί τα φύλλα εκπτύσσονται από τη βάση του βλαστού.

Άγρια: Ποικιλία ιθαγενής με φύλλα μεσαίου μεγέθους, έλλοβα, λεία, στιλπνά, τρυφερά και χρώματος ανοικτού πράσινου. Φέρουν λίγους άσπρους και μικρούς καρπούς. Οι ετήσιοι βλαστοί έχουν μεσαίο μήκος και τείνουν να βγάλουν δευτερεύουσες διακλαδώσεις στο ακραίο τμήμα. Έχει μέτρια παραγωγή και τα φύλλα της χρησιμοποιούνται για φθινοπωρινές εκτροφές (Χαριζάνης, 2002).

1.2. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ.

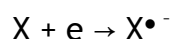
1.2.1. ΕΛΕΥΘΕΡΕΣ ΡΙΖΕΣ - ΕΝΕΡΓΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (ROS).

Ελεύθερες ρίζες χαρακτηρίζονται άτομα ή μόρια που διαθέτουν ένα ή περισσότερα μονήρη (ασύζευκτα) ηλεκτρόνια στο υψηλότερο κατειλημμένο ατομικό ή μοριακό τους τροχιακό, αντίστοιχα. Οι ελεύθερες ρίζες, που μπορεί να είναι θετικά ή αρνητικά φορτισμένες ή ηλεκτρικά ουδέτερες, σχηματίζονται γενικώς με τρεις τρόπους:

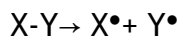
- Με απόδοση ενός ηλεκτρονίου από ένα μόριο.



- Με πρόσληψη ενός ηλεκτρονίου από ένα μόριο (κοινή αντίδραση σε βιολογικά συστήματα).



- Με ομολυτική σχάση ενός δεσμού και σχηματισμό δυο μοριακών θραυσμάτων που διαθέτουν από ένα μονήρες ηλεκτρόνιο (απαιτεί υψηλή ενέργεια και συνήθως συμβαίνει υπό την επίδραση υπεριώδους ακτινοβολίας).



Οι ελεύθερες ρίζες λόγω των ασύζευκτων ηλεκτρονίων είναι εξαιρετικά ασταθείς και κατά συνέπεια πολύ δραστικές. Αλληλεπιδρούν με οργανικές ενώσεις όπως λιπίδια, πρωτεΐνες, DNA και υδατάνθρακες και μέσω της οξειδωσης προκαλούν ζημιά στη δομή των άλλων ενώσεων, παρεμποδίζοντας την κανονική λειτουργία τους (Somogyi et al., 2007, Διαμαντίδης, 2007).

Από τις διάφορες ελεύθερες ρίζες, εκείνες που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για το πεδίο των επιστημών της υγείας και της χημείας των τροφίμων είναι οι οξυγονούχες (π.χ. $O_2^{\bullet -}$, HO^{\bullet} , RO^{\bullet} , ROO^{\bullet}), που είναι γνωστές με τη συλλογική ονομασία «ενεργές μορφές οξυγόνου» (*Reactive Oxygen Species, ROS*). Οι ενεργές μορφές οξυγόνου προέρχονται από τη μερική, μη πλήρη αναγωγή του μοριακού οξυγόνου, έχουν ισχυρότερη οξειδωτική δράση από το ίδιο το οξυγόνο και είναι τοξικές για τα κύτταρα. Τα ιόντα και οι ενώσεις που κατατάσσονται στις ενεργές μορφές οξυγόνου είναι το μονήρες οξυγόνο (1O_2), το υπεροξειδίο του οξυγόνου ($O_2^{\bullet -}$) το υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2), η ρίζα υδροξυλίου (OH^{\bullet}), η υπερυδροξυλική ρίζα ($^{\bullet}O_2H$) και το όζον (O_3).

Στο φυτικό κύτταρο οι ενεργές μορφές οξυγόνου δημιουργούνται ως υποπροϊόντα του μεταβολισμού σε διάφορα οργανίδια του κυττάρου, όπως τα μιτοχόνδρια, οι χλωροπλάστες, τα μικροσωμάτια-υπεροξυσωμάτια και τον πυρήνα (Διαμαντίδης, 2007). Οι χημικές ενώσεις οι οποίες είναι ικανές να προκαλέσουν την παραγωγή ελευθέρων ριζών ονομάζονται προ-οξειδωτικές. Στα υγιή κύτταρα υπάρχει ισορροπία μεταξύ των προ-οξειδωτικών και των αντιοξειδωτικών ενώσεων. Τόσο η δημιουργία των ενεργών μορφών οξυγόνου όσο και η εξουδετέρωσή τους, είναι ένα ελεγχόμενο κυτταρικό φαινόμενο. Ωστόσο, ένα ποσοστό των ηλεκτρονίων που παράγονται π.χ. στα μιτοχόνδρια μπορεί να διαρρεύσουν από την μεμβράνη τους, και συνεπώς να αλληλεπιδράσουν με το οξυγόνο και να σχηματιστούν τοξικές για τα κύτταρα ROS (Brand 2004). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με μια σειρά από άλλους παράγοντες, όπως η έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία, ραδιενέργεια και ατμοσφαιρικούς ρύπους, η υψηλή πίεση οξυγόνου, αλλά και σε περιπτώσεις τραυματισμού των ιστών, η παραπάνω ισορροπία διαταράσσεται σε μεγάλο βαθμό οδηγώντας σε υπερπαραγωγή των ROS (συνθήκες οξειδωτικού στρες).

Ανάλογα με το είδος του φυτικού ιστού και της καταπόνησης, μπορεί να αλλάζει η τοποθεσία μέσα στο κύτταρο όπου δημιουργούνται οι ενεργές μορφές οξυγόνου, ωστόσο η αύξησή τους φαίνεται να είναι ο κοινός παρονομαστής σε πολλά είδη καταπονήσεων (Hodges, 2001).

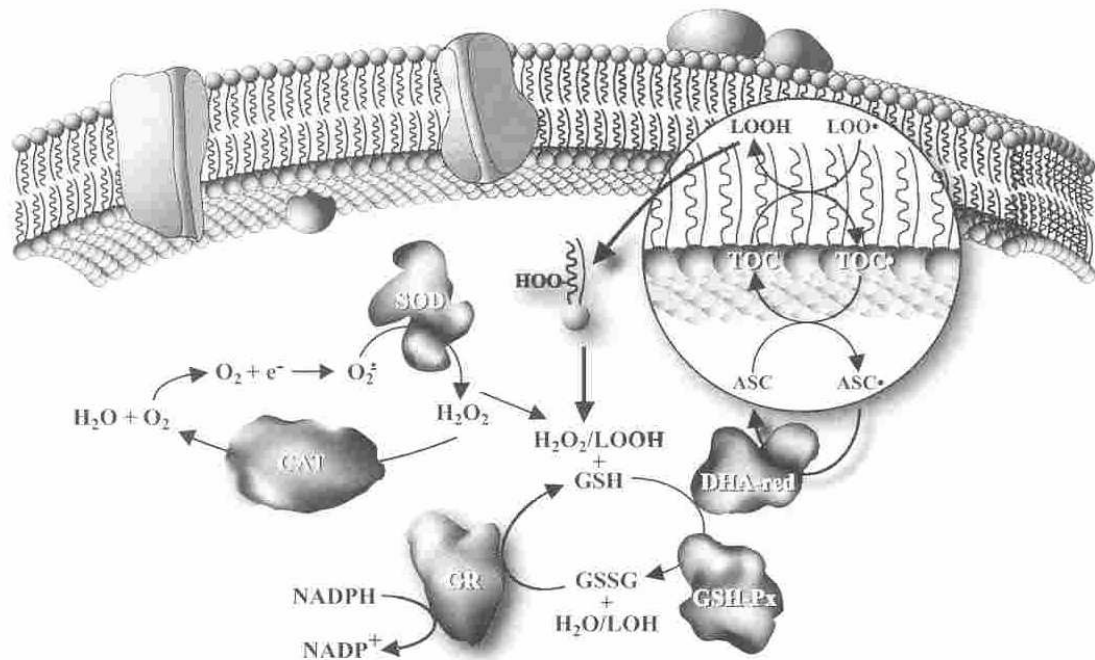
1.2.2. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ROS - ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ.

Η αντιμετώπιση των ελευθέρων ριζών είναι δυνατή με τη δράση των λεγόμενων αντιοξειδωτικών. Το περιεχόμενο του όρου είναι ευρύ και καθορίζεται από το ενδιαφέρον του κάθε επιστημονικού πεδίου. Σε γενικές γραμμές, ως αντιοξειδωτικό μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε ένωση που όταν υπάρχει σε χαμηλή συγκέντρωση σε σχέση με εκείνη ενός ευοξειδωτού υποστρώματος, μπορεί να καθυστερήσει ή και να παρεμποδίσει την οξειδωσή του. Ο παραπάνω ορισμός καλύπτει όλες τις ενώσεις που μπορούν να οξειδωθούν από τις ελεύθερες ρίζες, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που παρεμποδίζουν συγκεκριμένα οξειδωτικά ένζυμα ή αντιδρούν με οξειδωτικές ενώσεις πριν αυτές καταστρέψουν καίρια βιολογικά μόρια (Frankel and Meyer, 2000).

Τα αντιοξειδωτικά διακρίνονται σε δυο γενικά κατηγορίες. Σε αυτά που παρεμποδίζουν τον σχηματισμό ενεργών μορφών οξυγόνου και σε εκείνα που δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες με σχηματισμό σταθερών προϊόντων (Huang et al 2005).

Οι αερόβιοι οργανισμοί έχουν αναπτύξει για την αντιμετώπιση των τοξικών δράσεων των ROS ένα πολύπλοκο ενδογενές δίκτυο αντιοξειδωτικής προστασίας. Το δίκτυο αυτό, που πρέπει να αναπτύχθηκε από τότε που δημιουργήθηκαν οι πρώτοι αερόβιοι οργανισμοί και εξελίχθηκε με την πάροδο των αιώνων, περιλαμβάνει λιποδιαλυτές αντιοξειδωτικές ενώσεις (τοκοφερόλες, καροτενοειδή), υδατοδιαλυτές αντιοξειδωτικές ενώσεις (γλουταθειόνη, ασκορβικό οξύ), καθώς και διάφορα ένζυμα (υπεροξειδική δισμουτάση, καταλάση, ασκορβική υπεροξειδάση) που μπορούν να δεσμεύουν τις ROS ή να παρεμποδίζουν τον σχηματισμό τους (Σχήμα 1.1). Σε περίπτωση που η αποφυγή της οξειδωσης δεν είναι εφικτή, κατάλληλα ένζυμα που μπορούν να επιδιορθώνουν τις βλάβες των κυττάρων ή να οδηγήσουν στην απομάκρυνσή τους από τον οργανισμό (απόπτωση κυττάρων) συμπληρώνουν το ενδογενές

σύστημα προστασίας (Νενάδης, 2008). Τα τελευταία χρόνια δίνεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον και σε άλλα μόρια με αντιοξειδωτική ικανότητα εκτός των προαναφερθέντων, όπως οι φαινολικές ενώσεις (Robards et al., 1999), καθώς σύμφωνα με έρευνες οι ενώσεις αυτές φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα από τις βιταμίνες C και E (Cao et al., 1998, Vinson et al., 1995).



Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση του δικτύου αντιοξειδωτικής προστασίας των αερόβιων οργανισμών από την επιβλαβή δράση των ROS (SOD: δισμουτάση σουπεροξειδίου, CAT: καταλάση, GR: ρεδουκτάση της γλουταθειόνης, GSH-Px: υπεροξειδάση της γλουταθειόνης, DHA-red: ρεδουκτάση του δεϋδροασκορβικού οξέος, LOOH: υπεροξειδίο λιπαρού οξέος, TOC: α-τοκοφερόλη, ASC: ασκορβικό οξύ) (Πηγή: Νενάδης, 2008).

Υπό φυσιολογικές συνθήκες το σύνθετο αυτό δίκτυο εξασφαλίζει μια σχετική ισορροπία στη δράση οξειδωτικών και αντιοξειδωτικών παραγόντων στον οργανισμό. Ωστόσο, σε περιπτώσεις οξειδωτικού στρες, είναι συχνά απαραίτητη η ενίσχυση της ενδογενούς αντιοξειδωτικής άμυνας. Τα τελευταία χρόνια επιζητούνται μεγάλες ποσότητες φυσικών αντιοξειδωτικών ενώσεων στη

διατροφική αλυσίδα, προερχόμενα κυρίως από φυτικά προϊόντα, λόγω της ευεργετικής τους δράσης στον ανθρώπινο οργανισμό (Krishnaiah et al., 2007).

Οι αντιοξειδωτικές ενώσεις εκτός από χαρακτηριστικό ποιότητας των παραγόμενων φυτικών προϊόντων είναι και παράγοντας που την επηρεάζει, καθώς εμπλέκονται στο μηχανισμό άμυνας των φυτών και μεταβάλλουν την εξέλιξη ορισμένων φυσιολογικών ανωμαλιών των καρπών, επιμηκύνουν τη μετασυλλεκτική τους ζωή και επιβραδύνουν ή και καταστέλλουν τη μόλυνση από παθογόνα (Βασιλακάκης, 2006).

Σημαντικός είναι επίσης ο ρόλος των αντιοξειδωτικών ενώσεων στην καταστολή της δράσης των ROS όσον αφορά την εξασθένηση του ανθρώπινου ανοσοποιητικού συστήματος και τη μη ομαλή επιτέλεση των κυτταρικών λειτουργιών που τελικά μπορούν να οδηγήσουν στην εμφάνιση σειράς σοβαρών παθήσεων (Νενάδης, 2008).

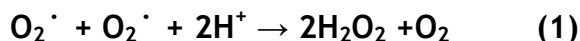
1.2.3. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ.

Η διαρκής ανάγκη αντιμετώπισης μιας πιθανής οξειδωτικής βλάβης στα κυτταρικά συστατικά υποχρεώνει τους αερόβιους οργανισμούς, μεταξύ αυτών και τα φυτά, στην ανάπτυξη ενός αντιοξειδωτικού μηχανισμού που περιλαμβάνει αντιοξειδωτικά ένζυμα και αντιοξειδωτικές ενώσεις.

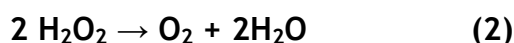
1.2.3.1. ΕΝΖΥΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ.

Αφορά ένζυμα τα οποία χρησιμοποιούν τις ενεργές μορφές οξυγόνου και τις ελεύθερες ρίζες ως υποστρώματα στις αντιδράσεις που καταλύουν ή σχηματίζουν με τη δράση τους ενώσεις που λειτουργούν ως αντιοξειδωτικά. Τα κυριότερα ένζυμα που εξουδετερώνουν τις ενεργές μορφές οξυγόνου είναι η υπεροξειδική δισμουτάση (SOD), η ασκορβική υπεροξειδάση (APX), η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης (GPX) και η καταλάση (CAT) (Διαμαντίδης, 2007, Βασιλακάκης, 2006). Ένζυμα που εμπλέκονται στη διατήρηση των αποθεμάτων των αντιοξειδωτικών ενώσεων είναι η αναγωγή (ρεδουκτάση) της γλουταθειόνης (GR), η μονοδιυδροασκορβική ρεδουκτάση (MDHAR) και η διυδροασκορβική ρεδουκτάση (DHAR) (Noctor and Foyer, 1998).

Το ένζυμο υπεροξειδική δισμουτάση (SOD) καταλύει την αντίδραση αυτοοξειδοαναγωγής δύο μορίων υπεροξειδίου, το ένα από τα οποία οξειδώνεται σε O₂ και το άλλο ανάγεται σε H₂O₂ και απαντάται σε όλους τους αερόβιους μηχανισμούς (Αντίδραση 1).



Το ένζυμο καταλάση (CAT) αποτοξινώνει το H₂O₂ μετατρέποντάς το σε H₂O κατά την αντίδραση:

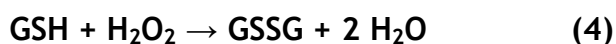


Η εξουδετέρωση του H₂O₂ επιτυγχάνεται επίσης με τη δράση των υπεροξειδασών, ενζύμων που καταλύουν αντιδράσεις αναγωγής του H₂O₂ με δότη ηλεκτρονίων μια οργανική ένωση.

Η υπεροξειδάση του ασκορβικού οξέος (APX) καταλύει την αντίδραση στην οποία δότης ηλεκτρονίων είναι το ασκορβικό οξύ που οξειδώνεται και μετατρέπεται σε αφυδρογονωμένο ασκορβικό οξύ, ως εξής:



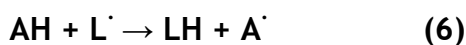
Η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης (GPX) καταλύει αντιδράσεις αναγωγής του H₂O₂ ή αντιδράσεις αναγωγής των υδροϋπεροξειδίων λιπαρών οξέων (LOOH), στην οποία δότης ηλεκτρονίων είναι το τριπεπτίδιο γλουταθειόνη (GSH) που οξειδώνεται και μετατρέπεται σε οξειδωμένη γλουταθειόνη (GSSG) (Αντιδράσεις 4 και 5) (Smirnoff, 2005, Mittler and Poulos, 2005, Βασιλακάκης, 2006, Διαμαντίδης, 2007).



1.2.3.2. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ.

Η γλουταθειόνη και το ασκορβικό οξύ εκτός της προαναφερθείσας δράσης τους, μπορούν να δρουν και ως εκκαθαριστές των ενεργών μορφών οξυγόνου (ROS) και των ελευθέρων ριζών. Αντιδρούν με αυτές και τις εξουδετερώνουν αποτρέποντας έτσι την αντίδρασή τους με βιομόρια και την πρόκληση ανεπανόρθωτων ζημιών. Άλλες ενώσεις με ισχυρή ικανότητα εκκαθάρισης των ROS και των ελευθέρων ριζών είναι οι τοκοφερόλες που προστατεύουν τις μεμβράνες από τη λιπιδική υπεροξειδωση, τα καροτινοειδή, οι φαινολικές ενώσεις κ.α. (Διαμαντίδης, 2007).

Οι αντιοξειδωτικές ενώσεις μπορούν να δράσουν κατά διάφορους τρόπους, όπως με συναγωνισμό στη δέσμευση ενεργών μορφών οξυγόνου και ελευθέρων ριζών, με επιβράδυνση του σταδίου έναρξης και παρεμπόδιση του σταδίου προπαρασκευής της αυτοοξειδωσης των λιπιδίων, με παρεμπόδιση της δράσης καταλυτών κ.τ.λ. Ο πλέον ενδιαφέρον μηχανισμός φαίνεται να είναι αυτός, κατά τη διάρκεια του σταδίου προπαρασκευής της αυτοοξειδωσης των λιπιδίων. Στην περίπτωση αυτή, οι αντιοξειδωτικές ενώσεις έχουν δύο μηχανισμούς δράσης, δρουν αναστέλλοντας ή επιβραδύνοντας τη διαδικασία της οξείδωσης των λιπιδίων, είτε ως δότες ατόμων υδρογόνου είτε ως δότες ηλεκτρονίων. Τόσο η απόδοση ατόμου υδρογόνου, όσο και εκείνη του μονήρους ηλεκτρονίου, αναφέρεται ότι συμβαίνουν παράλληλα σε ένα σύστημα, αλλά με διαφορετική ταχύτητα. Ως δότες ατόμων υδρογόνου, δίνουν ένα άτομο υδρογόνου στις ελεύθερες ρίζες των λιπιδίων (L[•]), στις αλκοξυλικές (LO[•]) και στις υπεροξειδικές ρίζες (LOO[•]) κατά τις αντιδράσεις 6, 7 και 8, αντίστοιχα.



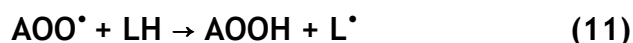
(όπου AH: οποιοδήποτε αντιοξειδωτικό)

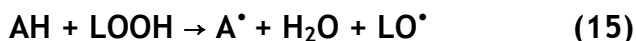
Οι φαινοξυ-ρίζες (A[•]) που παράγονται τελικά ανεξάρτητα από το μηχανισμό δράσης των AH, είναι λιγότερο δραστικές από τις LOO[•] και RO[•] καθώς

σταθεροποιούνται λόγω δομών συντονισμού. Ειδική περίπτωση αποτελεί η αποτροπή των αντιοξειδωτικών ενώσεων στο σχηματισμό των αλδεϋδών και κάποιων υποπροϊόντων που παράγονται με αυτές κατά τη β απόσπαση. Συγκεκριμένα, από την ομολυτική αποσύνθεση των υδροϋπεροξειδίων σχηματίζονται αλκοξυλικές ρίζες, οι οποίες μέσω της β απόσπασης σχηματίζουν αλδεϋδες και υποπροϊόντα που είναι υπεύθυνα για την οξείδωση και το τάγγισμα των λιπιδίων. Τα αντιοξειδωτικά μπορούν να εμποδίσουν αυτή τη διεργασία, αντιδρώντας με τις αλκοξυλικές ρίζες σε πρώτη φάση, δίνοντας τους ένα άτομο υδρογόνου (Αντίδραση 7). Οι αντιοξειδωτικές ελεύθερες ρίζες που σχηματίζονται αντιδρούν επίσης με τις αλκοξυλικές ρίζες σχηματίζοντας σταθερά μόρια, με βάση την αντίδραση 9.



Όλες οι φαινοξυ-ρίζες (A^{\cdot}) των AH με ισχυρή αντιοξειδωτική δράση δεσμεύονται με τον παραπάνω τρόπο. Αντίθετα, στην περίπτωση AH με ασθενή δράση είναι δυνατόν να λάβουν χώρα και άλλες παράπλευρες αντιδράσεις που είναι όμως πιο βραδείες σε σχέση με την αντίδραση (7). Έτσι, για παράδειγμα, η A^{\cdot} μπορεί να αντιδράσει με το οξυγόνο (3O_2) της ατμόσφαιρας και στη συνέχεια με το λιπαρό υπόστρωμα (LH) (Αντιδράσεις 10, 11) ή απευθείας με το λιπαρό υπόστρωμα (LH) και τα υδροϋπεροξειδία όταν δεν είναι σταθερή (Αντιδράσεις 12, 13). Επίσης, η ίδια η AH μπορεί να οξειδωθεί απευθείας από το οξυγόνο ή και να αντιδράσει με υπάρχοντα υδροϋπεροξειδία (Αντιδράσεις 14, 15) εμφανίζοντας τελικά προοξειδωτική δράση.

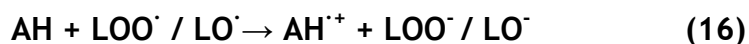




Αντιοξειδωτική δράση παρουσιάζεται πάνω από μια συγκέντρωση, διαφορετική για κάθε AH, που ονομάζεται κρίσιμη συγκέντρωση. Όταν όμως το επίπεδο προσθήκης είναι εξαιρετικά υψηλό αντί της αντιοξειδωτικής μπορεί να παρατηρηθεί και προοξειδωτική δράση (Αντιδράσεις 14, 15).

Όταν η AH απαντάται σε υψηλές συγκεντρώσεις η ταχύτητα των αντιδράσεων 7 και 8 είναι σταθερή, καθώς το περιεχόμενο σε LOO^{\bullet} και LO^{\bullet} είναι περιορισμένο. Υπό αυτές τις συνθήκες αντιδράσεις όπως οι 10, 14 και 15, στις οποίες δε συμμετέχουν οι παραπάνω ρίζες, γίνονται πιο σημαντικές με αποτέλεσμα την παραγωγή L^{\bullet} (Αντιδράσεις 11,12). Χαρακτηριστικό παράδειγμα AH που μπορεί να εμφανίσει προοξειδωτική δράση με αύξηση της συγκέντρωσης είναι η α-τοκοφερόλη (Νενάδης, 2008).

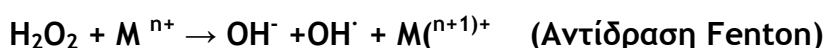
Ο δεύτερος μηχανισμός δράσης των αντιοξειδωτικών ενώσεων αφορά την προσφορά μονήρους ηλεκτρονίου σύμφωνα με τις αντιδράσεις 16, 17 και 18 (Prior et al., 2005, Wright et al., 2001, Gordon, 2001, Yanishlieva-Maslarova, 2001, Jadhav et al., 1996, Frankel and Meyer, 2000).



Όπως είναι φανερό η αποτελεσματικότητα των αντιοξειδωτικών εξαρτάται αφενός από την ευκολία απόδοσης ατόμου υδρογόνου ή μονήρους ηλεκτρονίου προς τις ελεύθερες ρίζες και αφετέρου από τη σταθερότητα της φαινοξυ-ρίζας (A^{\bullet}). Καθοριστικό ρόλο και στις δύο περιπτώσεις παίζουν τα δομικά

χαρακτηριστικά τους, όπως το είδος και ο αριθμός των υποκαταστατών στον αρωματικό δακτύλιο.

Σημειώνεται επίσης ένας ακόμη μηχανισμός δράσης, που στηρίζεται στην ικανότητα των αντιοξειδωτικών ενώσεων να χηλιοποιούν μεταλλικά ιόντα, δημιουργώντας έτσι σταθερά σύμπλοκα και αποτρέποντας τη συμμετοχή των μεταλλικών ιόντων στη δημιουργία ελευθέρων ριζών κατά την αντίδραση Fenton (Leopoldini et al., 2006).



1.2.4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ.

Οι διάφορες μέθοδοι που έχουν καθιερωθεί για την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας, στηρίζονται στους προαναφερόμενους μηχανισμούς δράσης των αντιοξειδωτικών. Προκειμένου να εκτιμηθεί η αντιοξειδωτική ικανότητα τροφίμων και βιολογικών δειγμάτων, αρκετές μέθοδοι διεξάγονται για την καλύτερη αξιολόγησή της. Κάθε μέθοδος παρέχει μόνο μία εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας, η οποία εξαρτάται τόσο από το χρόνο όσο και από την πολυπλοκότητα της κινητικής της αντίδρασης στην οποία βασίζεται η μέθοδος. Επίσης, η δυνατότητα αλληλεπίδρασης ή πολυμερισμού των αντιοξειδωτικών μορίων στα διάφορα δείγματα, μπορεί να συντελέσει σε μείωση της εκτιμώμενης αντιοξειδωτικής τους ικανότητας (Prior and Cao, 1999). Μια ενδεχόμενη αύξηση της συγκέντρωσης των αντιοξειδωτικών ενώσεων, δε συνεπάγεται απαραίτητα ότι είναι αποτέλεσμα μιας προγενέστερης αύξησης των ενεργών μορφών οξυγόνου ή των ελεύθερων ριζών. Αντίθετα, μια ενδεχόμενη μείωση της συγκέντρωσης των αντιοξειδωτικών ενώσεων, μπορεί να οφείλεται στην αύξηση των ενεργών μορφών οξυγόνου ή των ελεύθερων ριζών τα οποία αντιδρούν με τις αντιοξειδωτικές ενώσεις ή στην απλή ανταπόκριση αυτών των ενώσεων στη χαμηλή παραγωγή ενεργών μορφών οξυγόνου ή ελεύθερων ριζών (Francisco and Resurreccion, 2008).

Γενικά, οι μέθοδοι εκτίμησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας ταξινομούνται σε μεθόδους που βασίζονται στη μεταφορά ατόμου υδρογόνου (Hydrogen Atom Transfer, HAT-μέθοδοι) και σε μεθόδους που βασίζονται στη μεταφορά

ηλεκτρονίου (Single Electron Transfer, SET-μέθοδοι), αν και σε ορισμένες περιπτώσεις οι δύο αυτοί μηχανισμοί δεν διαφοροποιούνται με σαφή όρια (Ozgen et al., 2006).

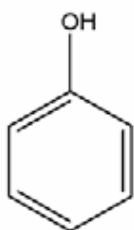
Οι μέθοδοι της πρώτης κατηγορίας (HAT), στηρίζονται στην ικανότητα ενός αντιοξειδωτικού να καταστέλλει τις ελεύθερες ρίζες δίνοντας σε αυτές άτομα υδρογόνου. Στην πλειονότητα αυτών των μεθόδων, όπως στις ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) και TRAP (Total Radical Trapping Antioxidant Parameter), υφίσταται ένα ανταγωνιστικό πλαίσιο αντιδράσεων μεταξύ αντιοξειδωτικών ενώσεων του υπό μελέτη δείγματος και ενός ανιχνεύσιμου φθορίζοντος οξειδωτικού υποστρώματος με τις ρίζες υπεροξειδίων που παράγονται κατά τη θερμική αποσύνθεση μιας αζωτοένωσης. Στην περίπτωση της ORAC, καθώς το φθορίζων υπόστρωμα και οι αντιοξειδωτικές ενώσεις αντιδρούν με τις ρίζες υπεροξειδίων, η αντιοξειδωτική ικανότητα υπολογίζεται από την διαφορά των ολοκληρώσεων των καμπύλων εξασθένησης του φθορίζοντος υποστρώματος, απουσία και παρουσία των αντιοξειδωτικών ενώσεων.

Οι μέθοδοι της δεύτερης κατηγορίας (SET), στηρίζονται στην ικανότητα ενός αντιοξειδωτικού να εξουδετερώνει ένα οξειδωτικό αντιδραστήριο ή μια συνθετική ρίζα μέσω της μεταφοράς ηλεκτρονίου σε αυτό, τα οποία αλλάζουν χρώμα όταν ανάγονται. Ο βαθμός αλλαγής του χρώματος (αύξηση ή μείωση της απορρόφησης σε δεδομένο μήκος κύματος ανάλογα με το οξειδωτικό αντιδραστήριο), συσχετίζεται άμεσα με τη συγκέντρωση των αντιοξειδωτικών ενώσεων στο υπό μελέτη δείγμα και η αντιοξειδωτική ικανότητα θεωρείται ίση με την αναγωγική ικανότητα των αντιοξειδωτικών ενώσεων. Μεταξύ των μεθόδων αυτών, στις ABTS/TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) και DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl Radical Scavenging) υφίσταται αποχρωματισμός των οξειδωτικών αντιδραστηρίων, ενώ στις FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), CUPRAC (Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity) και FCR (Folin-Ciocalteu Reagent), αύξηση της απορρόφησης των αναγόμενων μορφών των αντιδραστηρίων (Apak et al., 2007, Prior et al., 2005, Huang et al., 2005). Η τελευταία μέθοδος περιλαμβάνει χρήση του αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu και συνήθως χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των επιπέδων των ολικών φαινολικών σε διάφορα εκχυλίσματα (Singleton et al., 1999). Στην επιστημονική έρευνα,

καθώς ο διαχωρισμός των αντιοξειδωτικών ενώσεων κάθε δείγματος είναι οικονομικά ασύμφορος αλλά και αναποτελεσματικός, εφαρμόζονται διάφοροι μέθοδοι εκτίμησης της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, στις οποίες συμψηφίζονται οι επιδράσεις αλλά και οι αλληλεπιδράσεις όλων των αντιοξειδωτικών μορίων (Prior et al., 2005, Huang et al., 2005).

1.2.5. ΦΥΤΙΚΕΣ ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ.

Με τον όρο φαινολικές ενώσεις ή φαινολικά συστατικά εννοούμε μια κατηγορία χημικών ενώσεων οι οποίες περιέχουν στο μόριό τους τη χαρακτηριστική ομάδα της φαινόλης. Μαζί με τα αλκαλοειδή και τα τερπενοειδή, οι φαινολικές ενώσεις είναι προϊόντα του δευτερογενούς μεταβολισμού των φυτών και βρίσκονται εντός αυτών ελεύθερα ή ενωμένα με μόρια γλυκόζης ή άλλα σάκχαρα (γλυκοζίτες ή γλυκοσίδες), ενώ πολλές περιλαμβάνουν αμίνες, οργανικά οξέα, λιπίδια και άλλα συστατικά (Robins, 2003, Harborne and Baxter, 1999).

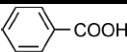
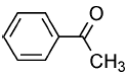
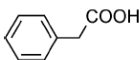
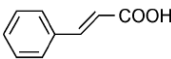
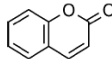
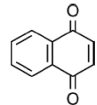
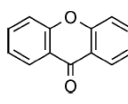
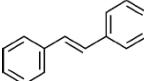
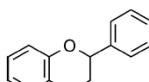


Σχήμα 2. Η ομάδα της φαινόλης (κατά Bravo, 1998).

Επειδή με τον ορισμό αυτό συμπεριλαμβάνονται και άλλες ενώσεις είναι προτιμότερος ένας ορισμός που βασίζεται στο μεταβολικό μονοπάτι σύνθεσης των φαινολικών ενώσεων στα φυτά. Φαινολικές ενώσεις θεωρούνται εκείνες που προέρχονται από τα μεταβολικά μονοπάτια του σικιμικού και του οξικού οξέος και βασικός τους ρόλος είναι η προστασία των φυτών από το φωτοσυνθετικό και το περιβαλλοντικό stress. Τα φαινολικά οξέα και τα φλαβονοειδή, βασικές κατηγορίες φαινολικών ενώσεων, είναι δευτερογενείς μεταβολίτες που παράγονται από τη φαινυλαλάνη, μέσω της βιοσυνθετικής οδού του σικιμικού οξέος, από το γενικό βιοσυνθετικό μονοπάτι του φαινυλοπροπανίου και το ειδικό μονοπάτι σύνθεσης των φλαβονοειδών (Bravo, 1998). Θεωρείται ότι ποσοστό 20% των σακχάρων που σχηματίζονται κατά τη φωτοσύνθεση, χρησιμοποιούνται στο

μεταβολισμό των φαινυλπροπανοειδών, σχηματίζοντας την πλειοψηφία των φαινολικών συστατικών (Ververidis et al., 2007, Robards et al., 1999).

Πίνακας 1. Κυριότερες τάξεις φαινολικών ενώσεων (κατά Crozier et al., 2009).

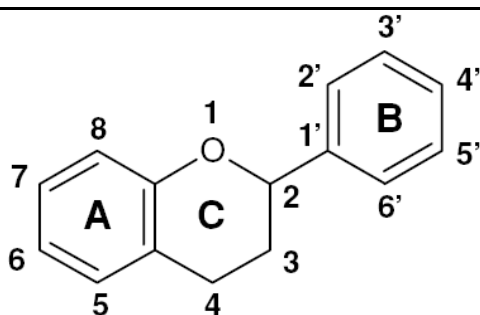
Βασικός Ανθρακικός Τύπος	Τάξεις Φαινολικών Ενώσεων	Βασική Συντακτική Δομή
C6-C1	Φαινολικά οξέα	
C6-C2	Ακετοφαινόνες	
C6-C2	Φαινυλοξικά οξέα	
C6-C3	Υδροξυκινναμωμικά οξέα	
C6-C3	Κουμαρίνες	
C6-C4	Ναφθοκινόνες	
C6-C1-C6	Ξανθόνες	
C6-C2-C6	Στιλβένια	
C6-C3-C6	Φλαβονοειδή	

Η ταξινόμηση των φαινολικών ενώσεων γίνεται με βάση τον αριθμό και τη διάταξη των ατόμων του άνθρακα που ενώνονται με τον δακτύλιο της φαινόλης

(Πίνακας 1) και συνήθως απαντώνται υπό συζευγμένη μορφή με σάκχαρα και οργανικά οξέα. Με βάση αυτή τη ταξινόμηση προκύπτουν δύο μεγάλες κατηγορίες φαινολικών ενώσεων στα φυτά, τα φλαβονοειδή και τα μη φλαβονοειδή.

A. ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ.

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό φυτικών φαινολικών ενώσεων με βασικό τύπο C₆-C₃-C₆, ο οποίος αντιστοιχεί στη φλαβονόνη και κύριους εκπροσώπους τις ανθοκυανίνες και τις ταννίνες. Βρίσκονται κυρίως στην επιδερμίδα των φύλλων και στο φλοιό των φρούτων (Crozier et al., 2009, Goodwin and Mercer, 1983).



Σχήμα 3. Δομή φλαβονοειδών (Harborne and Baxter, 1999).

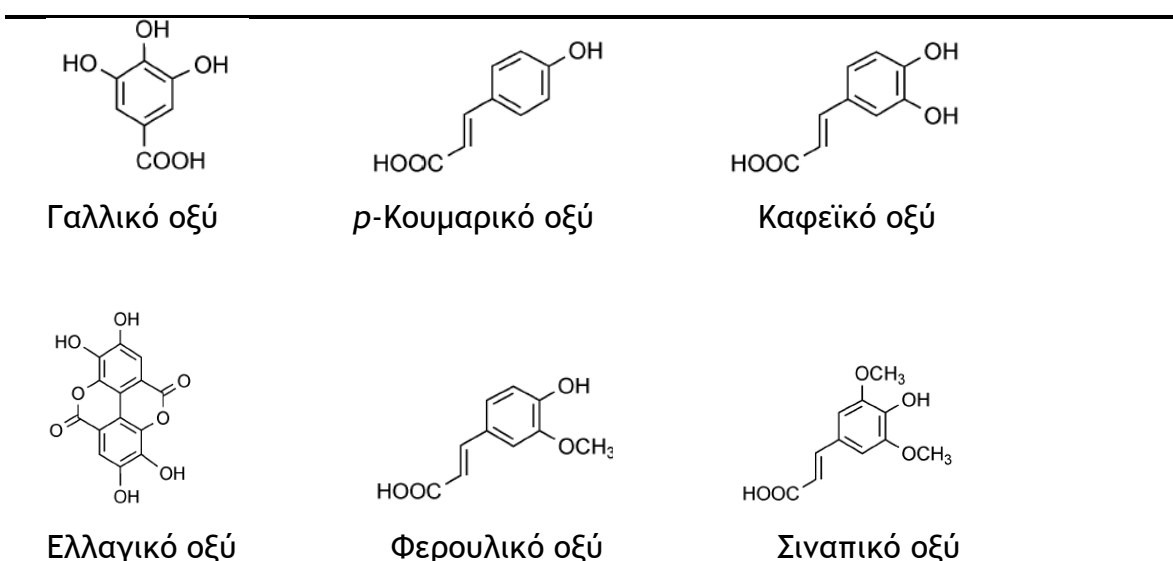
Η χημική δομή των φλαβονοειδών στηρίζεται στην ύπαρξη του φλαβανικού σκελετού, ο οποίος αποτελείται από έναν αρωματικό δακτύλιο A (Σχ. 3, κάτω αριστερά), έναν αρωματικό δακτύλιο B (Σχ. 2, πάνω δεξιά) και από έναν κεντρικό ετεροδακτύλιο, ο οποίος φέρει οξυγόνο. Ανάλογα με το βαθμό οξειδωσης του ετεροκυκλικού δακτυλίου μπορούν να διακριθούν αρκετές ομάδες των φλαβονοειδών, όπως οι φλαβόνες, οι φλαβανόνες, οι φλαβονόλες, οι 3-φλαβονόλες, οι ισοφλαβόνες και οι ανθοκυανιδίνες. Κάθε ομάδα αποτελείται από πολλές ενώσεις οι οποίες διαφέρουν η μία από την άλλη ως προς τους υποκαταστάτες του σκελετού και ιδιαίτερα τους υποκαταστάτες του B δακτυλίου (Harborne and Baxter, 1999).

B. ΜΗ ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ.

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τα φαινολικά οξέα που διακρίνονται σε βενζοϊκά οξέα (C6-C1), με κύριο εκπρόσωπο το γαλλικό οξύ, το οποίο είναι η πρόδρομη ένωση στη βιοσύνθεση των υδρολυόμενων ταννινών και σε υδροξυκιναμωμικά οξέα (C6-C3) και σιλβένια (C6-C2-C6) (Crozier et al., 2009, Goodwin and Mercer, 1983).

1.2.5.1. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ ΟΞΕΑ.

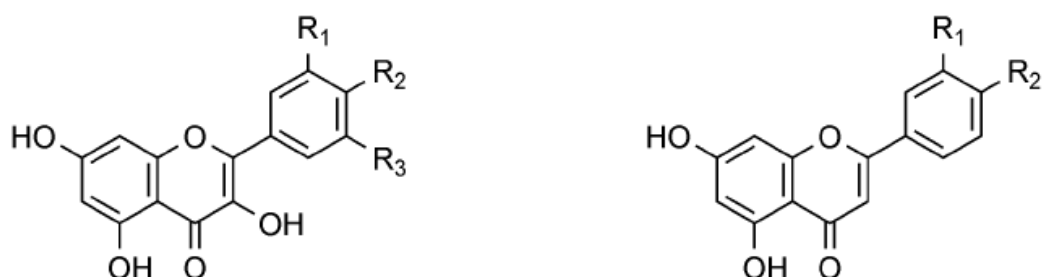
Τα φαινολικά οξέα διακρίνονται σε δύο ομάδες, στα παράγωγα του βενζοϊκού οξέος και στα παράγωγα του υδροξυκιναμωμικού οξέος. Η ποικιλομορφία της δομής των υδροξυβενζοϊκών οξέων (C6-C1), στηρίζεται στη διάταξη των υδροξυλίων και των μεθυλομάδων στον αρωματικό δακτύλιο (Crozier et al., 2009). Τα κυριότερα οξέα της κατηγορίας αυτής που απαντούν στα φυτά είναι το *p*-υδροξυβενζοϊκό, το βανιλικό, το συριγγικό, το σαλικυλικό, το γαλλικό και το ελλαγικό οξύ. Τα δύο τελευταία οξέα απαντώνται κυρίως υπό δεσμευμένη μορφή, ως γαλλοταννίνες και ελλαγοταννίνες αντίστοιχα (Harborne, 1998). Ως προς τα υδροξυκιναμωμικά οξέα (C6-C3), τα κυριότερα που απαντώνται στο φυτικό βασίλειο είναι το *p*-κουμαρικό, το καφεϊκό, το φερουλικό και το σιναπικό οξύ (Σχήμα 9) (Crozier et al., 2009).



Σχήμα 4. Δομή των κυριότερων φαινολικών οξέων (κατά Crozier et al., 2009).

1.2.5.2. ΦΛΑΒΟΝΕΣ ΚΑΙ ΦΛΑΒΟΝΟΝΕΣ.

Οι φλαβόνες και φλαβονόλες έχουν παρόμοια δομή του C δακτυλίου, ο οποίος φέρει διπλό δεσμό μεταξύ των θέσεων 2- και 3-. Η μεταξύ τους διαφορά είναι ότι οι φλαβονόλες φέρουν ομάδα υδροξυλίου στη θέση 3- στο δακτύλιο C (Σχήμα 4).



Φλαβονόλη	R ₁	R ₂	R ₃
Καμφερόλη	H	O	H
Κερκετίνη	O	O	H
Μιρικετίνη	O	O	H
Ισοραμνετίνη	H	H	H
Καμπερόλη	H	O	H
Κερκετίνη	O	O	H
Μιρικετίνη	CH ₃	H	H
Ισοραμνετίνη	O	O	O
Καμπερόλη	H	H	H

Φλαβόνη	R ₁	R ₂
Απιγενίνη	H	O
Λουτεολίνη	O	O
Καμπερόλη	H	H

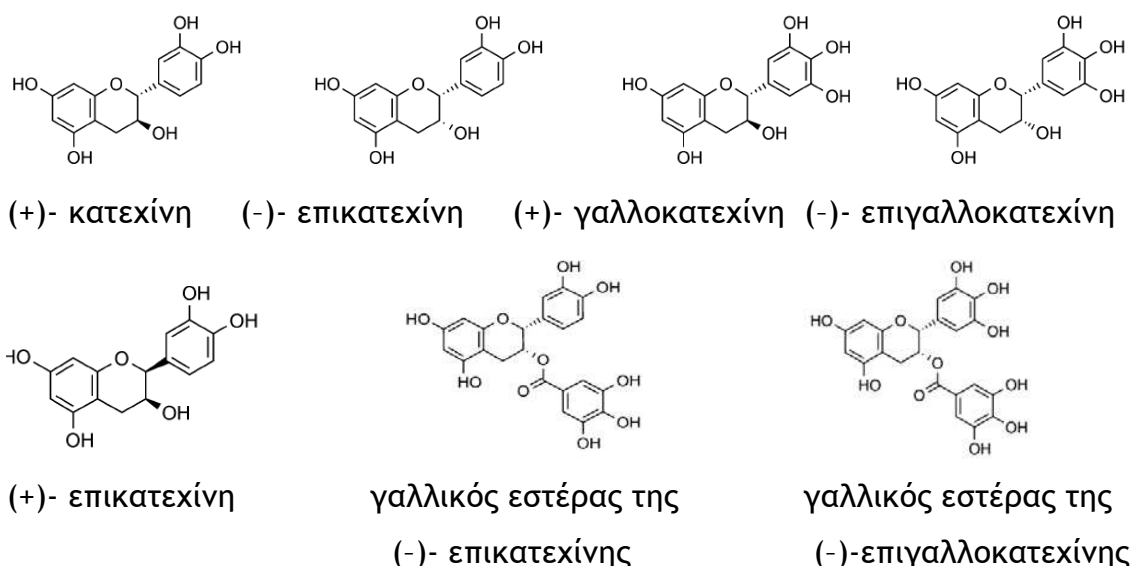
Σχήμα 5. Δομή των κυριότερων φλαβονολών και φλαβονών (κατά Crozier et al., 2009).

Οι φλαβόνες, αν και στερούνται της παρουσίας ομάδας υδροξυλίου στη θέση 3- του δακτυλίου C παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία, η οποία οφείλεται στην

υδροξυλίωση, μεθυλίωση, O- και C- αλκυλίωση και γλυκοζυλίωσή τους. Οι φλαβονόλες είναι ευρύτατα διαδεδομένες στο φυτικό βασίλειο, με εξαίρεση τις άλγες και τους μύκητες. Οι περισσότερες φλαβόνες συνήθως απαντώνται ως 7-γλυκοζίτες, ενώ οι φλαβονόλες συνήθως ως 3-γλυκοζίτες. Κύριοι εκπρόσωποι των φλαβονών στα φυτά είναι η λουτεολίνη και η απιγενίνη, ενώ των φλαβονολών η κερκετίνη, η καμφερόλη, η μρικετίνη και η ισοραμνετίνη (Harborne and Baxter, 1999, Crozier et al., 2009).

1.2.5.3. ΦΛΑΒΑΝΟΛΕΣ.

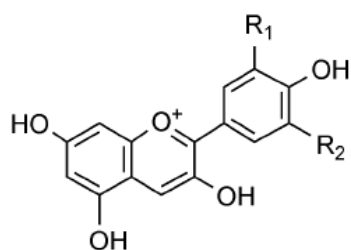
Το παράγωγο της φλαβονόλης που έχει τον κεντρικό ετεροκυκλικό δακτύλιο υδρογονωμένο λέγεται φλαβαν-3-όλη (Rice-Evans et al., 1997). Στη φύση οι κυριότερες φλαβαν-3-όλες είναι οι : (+)- κατεχίνη, (+)- γαλλοκατεχίνη, (-)- επικατεχίνη, (+)- επικατεχίνη, (-)- επιγαλλοκατεχίνη και οι γαλλικοί εστέρες της (-)- επικατεχίνης και (-)- επιγαλλοκατεχίνης (Σχήμα 5). Τα ολιγομερή ή πολυμερή των φλαβαν-3-ολών, τα οποία ονομάζονται επίσης προανθοκυανιδίνες ή συμπυκνωμένες ταννίνες, αποτελούν μια μεγάλη ομάδα φυσικών φαινολικών παραγώγων (Francisco and Resurreccion, 2008).



Σχήμα 6. Δομή των κυριότερων φλαβανολών (κατά Crozier et al., 2009).

1.2.5.4. ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΔΙΝΕΣ - ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ.

Οι ανθοκυανίνες αποτελούν σημαντική υποκατηγορία των φαινολικών παραγώγων. Το μεγαλύτερο μέρος των χημικών ενώσεων που δίνουν στα άνθη, στους καρπούς, στα φύλλα και καμιά φορά στο περίβλημα των σπόρων, το πορφυρό, ερυθρό, πορτοκαλί, κυανό και ιώδες χρώμα τους είναι ανθοκυανίνες. Απαντούν στη φύση είτε ως άλατα του οξονίου, συνήθως κλωρίου, είτε υπό μορφή ετεροζιτών, οι οποίοι (ως ακετάλες) υδρολύονται εύκολα προς ένα άγλυκο και ένα ή περισσότερα μόρια σακχάρων. Τα άγλυκα που προκύπτουν λέγονται ανθοκυανιδίνες. Οι ανθοκυανιδίνες δεν απαντούν ελεύθερες στη φύση, αλλά ενωμένες με σάκχαρα, ως ετεροζίτες, των οποίων είναι γνωστοί είκοσι διαφορετικοί τύποι. Τα σάκχαρα που απαντούν στις ανθοκυανίνες είναι πάντα αλδόζες, κυρίως γλυκόζη, ξυλόζη, αραβινόζη, γαλακτόζη ή ραμνόζη. Οι πιο διαδεδομένες ανθοκυανιδίνες είναι η πελαργονιδίνη, η κυανιδίνη, η πεονιδίνη, η δελφινιδίνη, η πετουινιδίνη και η μαλβιδίνη (Σχήμα 6) (Crozier et al., 2009).



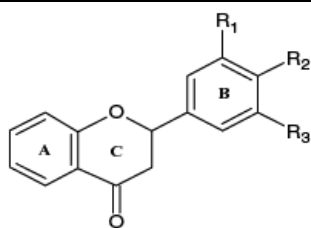
Σχήμα 7. Δομή των κυριοτέρων ανθοκυανιδινών (Crozier et al., 2009).

Ανθοκυανιδίνη	R ₁	R ₂	
Πελαργονιδίνη	H	H	
Κυανιδίνη	OH	H	
Πεονιδίνη	OCH ₃	H	
Δελφινιδίνη	OH	O	
		H	
Πετουινιδίνη	OCH ₃	O	
		H	
Μαλβιδίνη	OCH ₃	O	(κατά
		CH ₃	

1.2.5.5. ΦΛΑΒΑΝΟΝΕΣ.

Οι φλαβανόνες έχουν τον δακτύλιο C κορεσμένο και απαντώνται κυρίως ως O- και C- γλυκοζίτες. Δεν είναι ευρύτατα διαδεδομένες στο φυτικό βασίλειο, αλλά

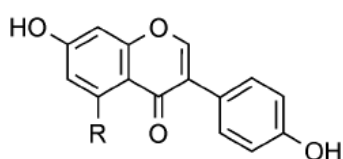
τις συναντάμε σε αξιόλογες ποσότητες στα εσπεριδοειδή και στα δαμάσκηνα. (Francisco and Resurreccion, 2008, Bravo, 1998).



Σχήμα 8. Δομή φλαβανονών (κατά Francisco and Resurreccion, 2008).

1.2.5.6. ΙΣΟΦΛΑΒΟΝΕΣ.

Οι ισοφλαβόνες συνήθως έχουν τον Β δακτύλιο προσαρτημένο στη θέση 3- και όχι στη θέση 2- και απαντώνται είτε στην άγλυκη μορφή τους, είτε ως διάφοροι γλυκοζίτες (Σχήμα 8). Οι ισοφλαβόνες θεωρούνται φυτοοιστρογόνες ενώσεις (Francisco and Resurreccion, 2008).

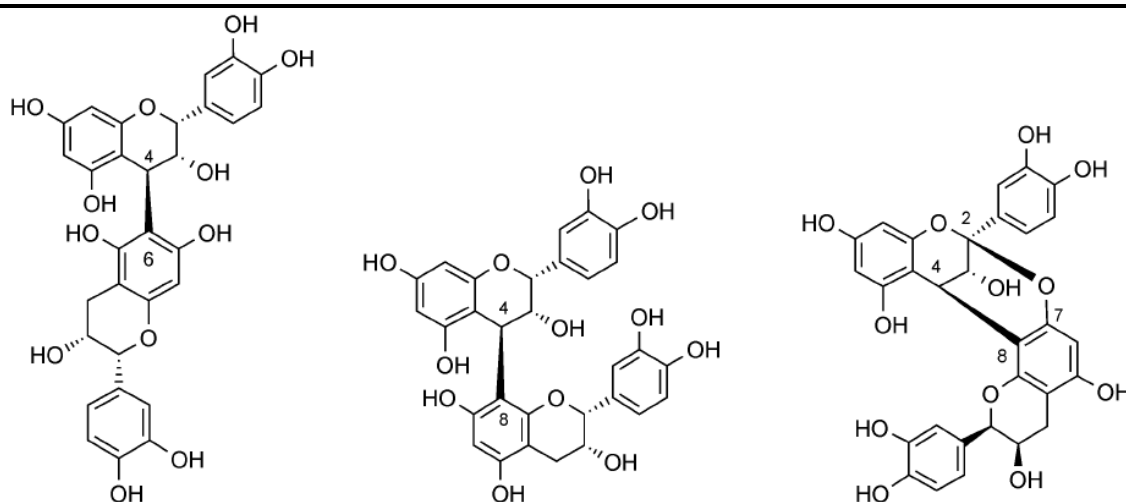


Σχήμα 9. Δομή των άγλυκων ισοφλαβονών (κατά Crozier et al., 2009).

1.2.5.7. TANNINEΣ.

Ως ταννίνες χαρακτηρίζονται οι πολυφαινολικές ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους που ενώ έχουν διαφορετική δομή, έχουν όμως μια κοινή ιδιότητα: ενώνονται με τις πρωτεΐνες και άλλα πολυμερή, όπως π.χ. με πολυσακχαρίτες. Από αυτή την ιδιότητα απορρέει η στυφή γεύση τους, γιατί καθώς οι ταννίνες

ενώνονται με τις πρωτεΐνες του εκκρίματος των σιελογόνων αδένων, αυτό κάνει την ικανότητα να υγραίνει το στόμα, ενώ παράλληλα αναστέλλουν τη δράση των ενζύμων του εκκρίματος επειδή δεσμεύουν την πρωτεϊνική ομάδα τους, με συνέπεια να φράσσουν οι βλεννογόνοι και να παρεμποδίζεται η εκροή σάλιου. Έτσι, προκαλείται μια αίσθηση ξηρότητας και τραχύτητας στη γλώσσα και σε όλη τη στοματική κοιλότητα. Στη φύση απαντούν δύο ομάδες ταννινών: οι υδρολυόμενες και οι συμπυκνωμένες ταννίνες. Οι υδρολυόμενες ταννίνες αποτελούνται κυρίως από εστέρες του γαλλικού και του ελλαγικού οξέος με γλυκόζη και διακρίνονται σε γαλλοταννίνες και ελλαγοταννίνες αντίστοιχα. Οι συμπυκνωμένες ταννίνες, οι οποίες ονομάζονται και προανθοκυανιδίνες, είναι ολιγομερή ή πολυμερή φλαβαν-3-ολών. Το μέγεθος του μορίου εξαρτάται από το βαθμό πολυμερισμού. Τα μονομερή συνδέονται μέσω C4-C8 δεσμού ή C4-C6 δεσμού, οπότε προκύπτουν προανθοκυανιδίνες τύπου B, ενώ στις αντίστοιχες τύπου A συνδέονται μέσω ενός επιπλέον C2-C7 αιθερικού δεσμού (Σχήμα 10) (Crozier et al., 2009, Francisco and Resurreccion, 2008, Bravo, 1998).



B-τύπου διμερές

B-τύπου διμερές

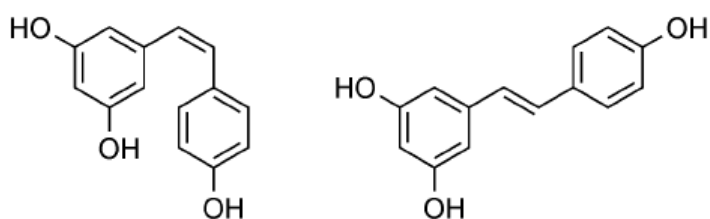
A-τύπου διμερές

Σχήμα 10. Δομή των διμερών προανθοκυανιδίων τύπου A και B (κατά Crozier et al., 2009).

1.2.5.8. ΣΤΙΛΒΕΝΙΑ.

Τα στιλβένια αποτελούνται από δύο φαινυλομάδες, οι οποίες ενώνονται μέσω μιας αλυσίδας δύο ατόμων άνθρακα (C6-C2-C6). Στα φυτά εμφανίζονται σε

περιορισμένο βαθμό και χαρακτηρίζονται ως φυτοιστρογόνες ενώσεις, ενώ παρέχουν και προστασία έναντι τραυματισμών και μυκητολογικών προσβολών (φυτοαλεξίνες). Χαρακτηριστική ένωση της ομάδας αυτής είναι η ρεσβερατρόλη (3,5,4'-τριυδροξυστυλβένιο), η οποία συναντάται ως *cis*- και *trans*-ισομερές (Σχήμα 11) (Francisco and Resurreccion, 2008).



cis- Ρεσβερατρόλη

trans- Ρεσβερατρόλη

Σχήμα 11. Δομή της ρεσβερατρόλης (κατά Crozier et al., 2009).

1.2.6. ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ.

Οι φαινολικές ενώσεις είναι ευρύτατα διαδεδομένες στο φυτικό βασίλειο και επιτελούν πολλές και σημαντικές λειτουργίες μέσα στο φυτικό κύτταρο. Η σημαντικότερη εκ των οποίων είναι η προστασία που παρέχουν στο φυτικό κύτταρο από την οξειδωτική καταπόνηση. Η δράση αυτή συσχετίζεται με τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες. Επιπροσθέτως, στα φυτά σε συνθήκες βιοτικής καταπόνησης (προσβολές, τραυματισμοί από παθογόνα) ή και αβιοτικής αντίστοιχα (υπεριώδης ακτινοβολία, έντονος φωτισμός, χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες) επάγεται η σύνθεση της PAL και συντίθενται περαιτέρω νέες φαινολικές ενώσεις (Solecka and Kacperska, 2003). Οι ενώσεις αυτές συμμετέχουν ενεργά στην επικοινωνία του φυτού με το περιβάλλον του και βοηθούν στην προσαρμοστικότητά του σε περιβαλλοντικές αλλαγές, καθώς αποτελούν δομικά στοιχεία των κυτταρικών τοιχωμάτων τους (Boudet, 2007). Επίσης, δρουν ως ρυθμιστές στη διαδικασία της αύξησης, της φωτοσύνθεσης και στις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής και συνεισφέρουν στην ανθεκτικότητα έναντι ασθενειών (Βασιλακάκης, 2006), ενώ επιτελούν και σημαντικό έργο στη διαδικασία της επικονίασης (Wink, 2003).

Από διαιτητικής αξίας για τον άνθρωπο, οι φαινολικές ενώσεις ως συστατικό της ανθρώπινης διατροφής, συμβάλλουν στην αντιοξειδωτική άμυνα του οργανισμού. Η αντιοξειδωτική τους δράση αποδίδεται τόσο στην ικανότητά τους

να κηλιοποιούν τα μέταλλα, προστατεύοντάς τα από την οξειδωτική επίδραση των ελευθέρων ριζών, όσο και στην ικανότητά τους να προστατεύουν διάφορα μακρομόρια όπως DNA, σάκχαρα και λιπίδια, από τις τοξικές επιδράσεις των ενεργών μορφών οξυγόνου (Βασιλακάκης, 2006, Rice-Evans, 2001). Οι ενώσεις αυτές έχουν αντιμικροβιακές, αντιιολογικές, αντιφλεγμονώδεις και αντιγηραντικές ιδιότητες, βοηθούν στην ανανέωση και στον πολλαπλασιασμό των κυττάρων και προσφέρουν έμμεση προστασία στον ανθρώπινο οργανισμό ενεργοποιώντας διάφορα ενδογενή αμυντικά συστήματα (Lule and Xia, 2005, Han et al., 2007). Τροφές πλούσιες σε φαινολικές ενώσεις συνεισφέρουν σημαντικά στην πρόληψη πολλών ασθενειών όπως του καρκίνου (Lambert et al., 2005, Lee et al., 2004), του διαβήτη (Tsuda et al., 2003) και διαφόρων καρδιαγγειακών παθήσεων (Vita, 2005, Wu et al., 2001). Τέλος σημειώνεται, ως προς τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων φυτικών προϊόντων, τόσο η θετική συνεισφορά τους (επιθυμητό χρώμα, γεύση και άρωμα), όσο και η αρνητική τους αντίστοιχα (καφέτιασμα μεταποιημένων προϊόντων και άλλες φυσιολογικές ανωμαλίες) (Lule and Xia, 2005).

1.2.7. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ.

Η αντιοξειδωτική δράση των φαινολικών ενώσεων αποδίδεται στην ικανότητά τους να συμπλοκοποιούν τα ελεύθερα μέταλλα ώστε αυτά να μη συμμετέχουν στην αντίδραση Fenton, στη συμμετοχή τους ως υποστρώματα των υπεροξειδασών, ενζύμων που καταλύουν αντιδράσεις εξουδετέρωσης του υπεροξειδίου του υδρογόνου και στη δράση τους ως δεσμευτές των ROS και των ελευθέρων ριζών (Διαμαντίδης, 2007).

Η ικανότητά τους να δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες αναφέρεται ως ο κυριότερος τρόπος δράσης, τόσο *in vitro* όσο και *in vivo*. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την ευκολία απόδοσης ατόμου υδρογόνου ή μονήρους ηλεκτρονίου στις ελεύθερες ρίζες και από τη σταθερότητα της παραγόμενης φαινολικής ρίζας.

Ο μεγάλος αριθμός φλαβονοειδών οδήγησε στην αναζήτηση της συσχέτισης της δομής τους με την αντιοξειδωτική τους ικανότητα (Rice-Evans et al., 1996, Silva et al., 2002). Οι έρευνες αυτές κατέληξαν σε ορισμένα κριτήρια, που πρέπει

να πληρεί ένα φλαβονοειδές, προκειμένου να είναι αποτελεσματικός εκκαθαριστής ελεύθερων ριζών. Τα κριτήρια αυτά είναι:

α) η παρουσία της όρθο-διυδρόξυ δομής στο δακτύλιο Β, η οποία σταθεροποιεί τη φαινολική ρίζα,

β) η παρουσία του 2,3-διπλού δεσμού σε συνδυασμό με την 4-όξο δομή στο δακτύλιο C, ο οποίος συμβάλλει στην κατανομή της ηλεκτρονιακής πυκνότητας βελτιώνοντας έτσι το αντιοξειδωτικό δυναμικό της ουσίας και

γ) η παρουσία του 3- ή του 5- υδροξυλικού υποκαταστάτη σε συνδυασμό με την 4-όξο θέση η οποία θεωρείται απαραίτητη για να προσδίδεται η μέγιστη αποτελεσματικότητα στην εκκαθάριση ελεύθερων ριζών (Rice-Evans et al., 1996).

Μεταξύ των διαφόρων ομάδων στη στερεοχημική τους δομή, το σημαντικότερο ρόλο αποτελεί ο αριθμός και η διάταξη των ομάδων υδροξυλίου (Cao et al., 1997, Frankel and Meyer, 2000, Fernandez-Panchon et al., 2008).

Σύμφωνα με τους Soobrattee et al. (2005), στην αντιοξειδωτική ικανότητα συνεισφέρουν τόσο οι φλαβονοειδείς, όσο και οι μη φλαβονοειδείς ενώσεις, με τα διμερή προκυανιδινών να έχουν τη μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα και να ακολουθούν κατά φθίνουσα σειρά οι φλαβανόλες, φλαβονόλες, τα υδροξυκινναμωμικά οξέα και τα απλά φαινολικά οξέα. Σύμφωνα με τους ερευνητές, μεταξύ των μονομερών φλαβαν-3-ολών, μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα παρουσίασαν οι γαλλικοί εστέρες της επιγαλλοκατεχίνης και επικατεχίνης και μικρότερη η κατεχίνη. Η δράση αυτή των εστέρων οφείλεται στην παρουσία περισσοτέρων ομάδων υδροξυλίου στη δομή τους (Salah et al., 1995). Ως προς τα άγλυκα μέρη των φλαβονολών, μεγαλύτερη ικανότητα παρουσιάζει η κερκετίνη και ακολουθούν η μινικετίνη και η καμφερόλη. Σε αυτή την κλάση των φαινολικών ενώσεων σημαντικό ρόλο παίζει και ο αριθμός των υδροξυλίων στο δακτύλιο Β, ωστόσο η ύπαρξη και τρίτης ομάδας υδροξυλίου (μυρικετίνη) δε βελτιώνει την αντιοξειδωτική ικανότητα (Soobrattee et al., 2005), αν και οι Kim et al. (2006) δε συμφωνούν με την τελευταία άποψη. Σχετικά με τα φαινολικά οξέα, τα παράγωγα του υδροξυκινναμωμικού οξέος υπερτερούν των αντίστοιχων του βενζοϊκού οξέος (Chen and Ho, 1997). Μεταξύ των υδροξυκινναμικών οξέων η αντιοξειδωτική ικανότητα κατά φθίνουσα σειρά είναι: ροσμαρινικό οξύ > χλωρογενικό οξύ > καφεϊκό οξύ > φερουλικό οξύ > κουμαρικό οξύ (Cuvelier et al., 1992).

Η αντιοξειδωτική ικανότητα των ανθοκυανιδινών εξαρτάται από τους υποκαταστάτες στο δακτύλιο B και συγκεκριμένα από τον αριθμό των υδροξυλίων στις θέσεις 3,4 του δακτυλίου. Μεταξύ ανθοκυανιδινών με ίδιους υποκαταστάτες στους δακτυλίους A και C, μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα έχει παρατηρηθεί σε αυτές που έχουν δύο υδροξύλια στις θέσεις 3,4 του δακτυλίου B, σε σχέση με εκείνες που έχουν μόνο ένα στη θέση 4 (Wang et al., 1997, Rice-Evans et al., 1996). Οι Wang et al. (1997) επισημαίνουν το σημαντικό ρόλο του είδους του σακχάρου στην αντιοξειδωτική ικανότητα των ανθοκυανιδινών. Για παράδειγμα στην περίπτωση της κυανιδίνης, η ύπαρξη γλυκόζης στη θέση 3- του δακτυλίου C προκάλεσε αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας, σε σχέση με την ύπαρξη ραμνόζης ή γαλακτόζης αντίστοιχα.

1.2.8. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΕ ΚΟΚΚΙΝΟΥΣ ΚΑΡΠΟΥΣ.

Μια σημαντική πηγή αντιοξειδωτικών ουσιών είναι οι κόκκινοι καρποί των οποίων, η ικανότητά τους αυτή οφείλεται κύρια στα φαινολικά συστατικά τους και στη βιταμίνη C.

Οι μικροί καρποί είναι πλούσιοι σε φλαβονοειδή και φαινολικά οξέα. Οι περισσότεροι φρέσκοι καρποί περιέχουν ως και 100 μg/g φλαβανόλες, 300 μg/g φλαβονόλες, 200 μg/g υδροξυκινναμωμικά οξέα και υψηλά ποσά ανθοκυανινών ιδίως σε μύρτιλλα, μαύρα φραγκοστάφυλα και κεράσια. Από τα υδροξυκινναμωμικά κυριαρχεί το καφεϊκό οξύ, το οποίο αποτελεί το 17-41% των ολικών υδροξυκινναμωμικών σε μαύρα φραγκοστάφυλα, το 42-48% σε κόκκινα φραγκοστάφυλα, το 90-100% σε μύρτιλλα και το 35-87% σε κεράσια (Macheix et al., 1990).

Τα ολικά φαινολικά κυμαίνονται από 1610 έως 2940 μg/g σε φράουλες (Shin et al., 2007), από 3610 έως 4350 μg/g σε βατόμουρα, από 2700 έως 3480 μg/g σε μύρτιλλα, από 2650 έως 3030 μg/g σε κόκκινα σμέουρα (Heinonen et al., 1998), από 1250 έως 3750 μg/g σε δαμάσκηνα (Kim et al., 2003).

Σύμφωνα με τους Pantelidis et al. (2007), τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες έχουν τα κεράσια *Cornelean* (2230 μg μονογλυκοζίτη-3 της κυανιδίνης / g και ακολουθούν κατά φθίνουσα συγκέντρωση τα βατόμουρα και τα υβρίδιά τους με σμέουρα (1040 έως 1980 μg/g), τα σμέουρα και τα κόκκινα

ριβήσια (350 έως 490 $\mu\text{g/g}$) και τέλος τα λευκά ριβήσια και τα κόκκινα φραγκοστάφυλα (13-78 $\mu\text{g/g}$).

Όσον αφορά τα φαινολικά οξέα, το κυρίαρχο φαινολικό οξύ στα βατόμουρα είναι το χλωρογενικό (Heinonen et al., 1998), ενώ το νεοχλωρογενικό κυριαρχεί σε μύρτιλλα και σε δαμάσκηνα (Kim et al., 2003).

Η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα σε βατόμουρα και υβρίδια βατόμουρων με σμέουρα κυμαίνεται από 113,6 μmol ασκορβικού οξέος / g ξηρού βάρους, σε σμέουρα από 77,7 έως 145,4 μmol / g ξηρού βάρους και σε κόκκινα φραγκοστάφυλα από 40,7 έως 65,1 μmol / gr ξηρού βάρους (Pantelidis et al., 2007).

Υψηλή είναι και η περιεκτικότητα των περισσότερων μικρών καρπών σε ασκορβικό οξύ, με τα κόκκινα φραγκοστάφυλα να έχουν τιμές από 356 έως 400 $\mu\text{g/g}$, τα ριβήσια από 203 έως 254 $\mu\text{g/g}$, τα σμέουρα από 168 έως 324 $\mu\text{g/g}$, τα βατόμουρα από 143 έως 175 $\mu\text{g/g}$, τα κεράσια Cornelean 1033 $\mu\text{g/g}$ (Pantelidis et al., 2007) και οι φράουλες 410 $\mu\text{g/g}$ (Shin et al., 2007).

Ωστόσο, η συνεισφορά του ασκορβικού οξέος στην ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των μικρών καρπών φαίνεται να είναι μικρή (Deighton et al., 2000) και στις φράουλες δεν ξεπερνά το 22% (Guo et al., 2003). Η αντιοξειδωτική τους ικανότητα πρέπει να οφείλεται σε άλλες ουσίες και μάλλον στα φαινολικά συστατικά, με τα οποία υπάρχει καλή συσχέτιση (Deighton et al., 2000). Άλλωστε τα φαινολικά συστατικά θεωρείται ότι έχουν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα από το ασκορβικό οξύ (Shahidi and Naczk, 2003, Vinson et al., 1995).

Σε μερικούς μικρούς καρπούς (Moyer et al., 2002, Mullen et al., 2002, Wada and Ou, 2002), η αντιοξειδωτική ικανότητα έχει συσχετιστεί σε σημαντικό βαθμό με την περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες, υποδηλώνοντας έτσι ότι οι ανθοκυανίνες μπορούν να ρυθμίζουν σε κάποιο βαθμό την αντιοξειδωτική ικανότητα σε διάφορους ιστούς των φυτών (Bae and Suh, 2007).

1.2.9. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΕ ΜΟΥΡΑ.

Τα μούρα είναι μια πολύ καλή πηγή φαινολικών συστατικών και κύρια ανθοκυανινών. Κυρίαρχες είναι ο γλυκοζίτης-3 και ο ρουτινοζίτης-3 της κυανιδίνης (Liu et al., 2004, Du et al., 2008).

Η περιεκτικότητα των μούρων σε ολικά φαινολικά και ολικές ανθοκυανίνες ποικίλλει ανάλογα με την ηλικία του δέντρου (Ercisli and Orhan 2007), το γενότυπο και το στάδιο ωριμότητας (Scalzo et al., 2005) και τις καλλιεργητικές φροντίδες (Hakkinen and Torronen, 2000). Τα ολικά φαινολικά κυμαίνονται από 2235 έως 2570 μg γαλλικού οξέος/ g νωπού βάρους, ανάλογα με τη ποικιλία (Bae and Suh, 2007) και τη μέθοδο εκχύλισης και από 1350 έως 14220 μg γαλλικού οξέος / g (Ercisli and Orhan, 2007).

Αντίστοιχα, παρόμοιες διακυμάνσεις έχουν παρατηρηθεί και στην περιεκτικότητα των μούρων σε ολικές ανθοκυανίνες, με τιμές από 1229 έως 2057 $\mu\text{g}/\text{g}$ εκφρασμένο σε γλυκοζίτη-3 της μαλβιδίνης (Bae and Suh, 2007) και από 190 έως 3290 $\mu\text{g}/\text{g}$ σε ώριμους καρπούς (Park et al., 1997). Η κυρίαρχη ανθοκυανίνη στα μούρα είναι ο γλυκοζίτης-3 της κυανιδίνης και σε σημαντικές ποσότητες βρίσκεται ο ρουτινοζίτης-3 της κυανιδίνης (Aramwit 2010, Du et al., 2008, Bae and Suh, 2007). Σε αντίθεση με τους προηγούμενους ερευνητές οι Qin et al (2010), αναφέρουν σαν κυρίαρχη ανθοκυανίνη των μούρων τον 3-*O*-ρουτινοζίτη της κυανιδίνης (60%) και σε μικρότερα ποσοστά τον 3-*O*-γλυκοζίτη της κυανιδίνης (38%).

Οι ολικές φλαβονόλες κυμαίνονται από 16.4 έως 65.4 μg κατεχίνης/ g νωπού βάρους (Bae and Suh, 2007).

Όσον αφορά την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας σε εκχυλίσματα μούρων, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι. Οι Ozgen et al. (2009a), εκτίμησαν την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα με τη μέθοδο FRAP και τη μέθοδο TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) και τα αποτελέσματά τους κυμάνθηκαν από 3,7 έως 16,9 $\mu\text{mol TE}/\text{g fw}$ και από 5,1 έως 14,4 $\mu\text{mol TE}/\text{g fw}$, αντίστοιχα και ανάλογα με την ποικιλία. Και οι Ercisli et al. (2010), με τη μέθοδο FRAP (6,82-14,11 $\mu\text{mol}/\text{g fw}$) και τη μέθοδο DPPH (9,22-21,17 $\mu\text{mol}/\text{fw g}$).

1.3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη φυσιολογικών χαρακτηριστικών, ποιοτικών που αντιλαμβάνεται ο καταναλωτής και διαιτητικών χαρακτηριστικών σε εκχυλίσματα καρπών τριών γενότυπων και ενός υβριδίου μουριάς (*Morus alba* L.). Επίσης, ο έλεγχος της υπόθεσης ότι οι έγχρωμοι γενότυποι έχουν

μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα, λόγω της περιεκτικότητάς τους σε ανθοκυανίνες.

Τα τελευταία χρόνια δίνεται ιδιαίτερη σημασία στη διαιτητική αξία φρούτων, καθώς σε αρκετές επιδημιολογικές και κλινικές έρευνες έχει βρεθεί σημαντική συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσής τους και της μείωσης εμφάνισης διαφόρων παθήσεων (Ozgen et al., 2009a, Du et al., 2008). Οι ευεργετικές επιδράσεις της κατανάλωσης μούρων στην ανθρώπινη υγεία, αποδίδονται και στην περιεκτικότητά τους σε φυσικά μη θρεπτικά αντιοξειδωτικά όπως οι φαινολικές ενώσεις, καθώς διάφορες έρευνες αναφέρουν ότι οι ενώσεις αυτές έχουν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα από τις βιταμίνες C και E (Vinson et al., 1995, Shahidi and Naczk, 2003).

Όσον αφορά τις αναλύσεις σύστασης των μούρων, μετρήθηκαν τα ολικά φαινολικά, τα φλαβονοειδή, οι ολικές ανθοκυανίνες καθώς και η ολική αντιοξειδωτική τους ικανότητα. Η συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων στους καρπούς εκτιμήθηκε ως ολικά φαινολικά, με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu και ως ολικά φλαβονοειδή, με τη μέθοδο των Gunes et al. (2002).

Για την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι εκτίμησης οι FRAP και DPPH, για την καλύτερη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων (Prior and Cao, 1999), οι οποίες βασίζονται στην ικανότητα αναγωγής του Fe^{+3} -TPTZ και στην ικανότητα εξουδετέρωσης της ελεύθερης ρίζας DPPH*, από τις αντιοξειδωτικές ενώσεις αντίστοιχα (Huang et al., 2005).

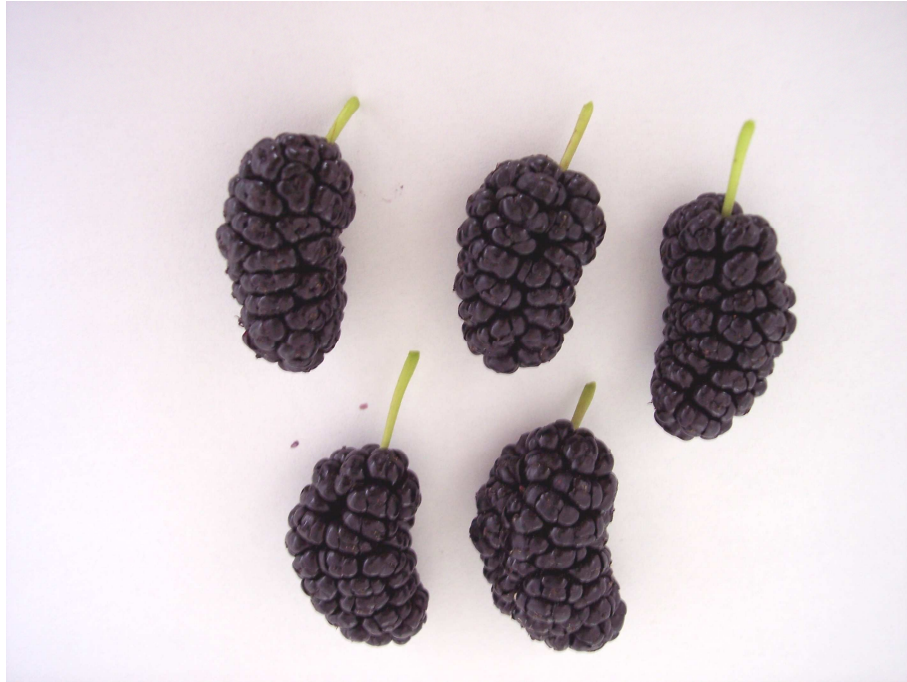
Επίσης μετρήθηκε το βάρος, το χρώμα, η συνεκτικότητα, τα συνολικά διαλυτά στερεά, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα και το pH καρπών, χαρακτηριστικά τα οποία δίνουν πληροφορίες για το στάδιο ωριμότητάς τους και παίζουν ρόλο στην αποδοχή των καρπών από τους καταναλωτές.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ.

Στην παρούσα μελέτη τα χρησιμοποιούμενα δείγματα καρπών συλλέχθηκαν από δύο άγνωστους γενότυπους μουριάς και το υβρίδιο Fengchisang που βρίσκονται στον αγρό του Εργαστηρίου Σηροτροφίας και Μελισσοκομίας και έναν επίσης άγνωστο γενότυπο που βρίσκεται στο δενδροκομείο, του εργαστηρίου Δενδροκομίας. Όλα τα δέντρα είχαν αφεθεί ακλάδευτα τον τελευταίο χρόνο για να υπάρχει ικανοποιητική παραγωγή καρπών. Οι καρποί συγκομίστηκαν Μάιο και Ιούνιο κατά το έτος 2010. Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια. Σε ανώριμο και κατά το στάδιο της πλήρους ωριμότητας κατά το οποίο ο καρπός αποσπάται εύκολα από το βλαστό. Οι καρποί των αγνώστων γενότυπων συλλέχθηκαν από ένα δέντρο και του υβριδίου Fengchisang από έξι δέντρα.

Fengchisang: υβρίδιο υψηλών αποδόσεων που αναπτύσσεται ταχύτατα. Κατάγεται από την Κίνα και προήλθε από τη διασταύρωση των ποικιλιών: Zhongsang 5801 × 5801 × Huasang (Gao et al., 1999).



Εικόνα 1. Υβρίδιο Fengchisang, ώριμο στάδιο (στάδιο II).



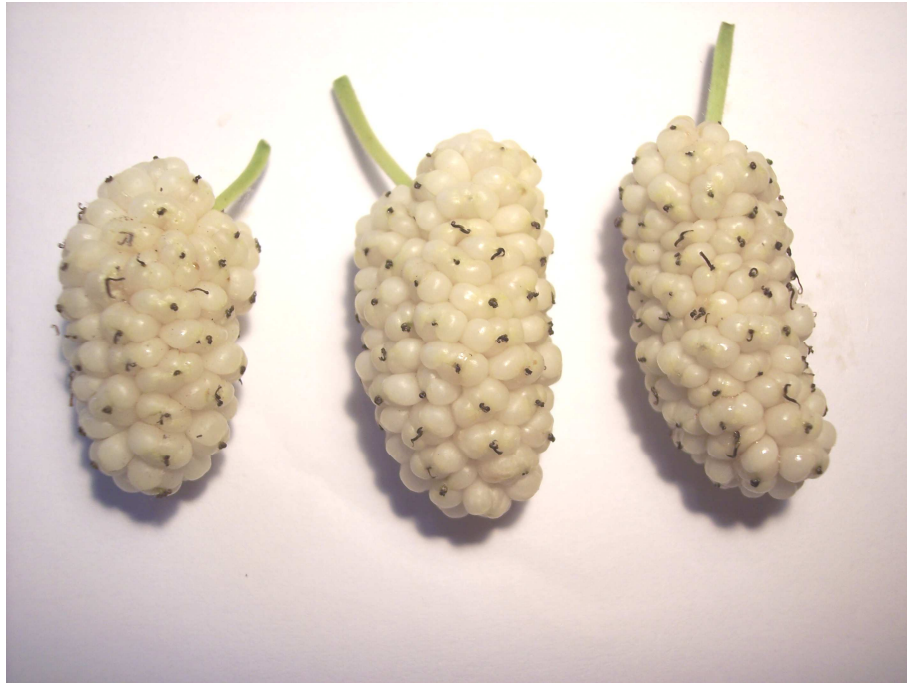
Εικόνα 2. Γενότυπος A1, ανώριμο στάδιο (στάδιο I).



Εικόνα 3. Γενότυπος A1, ώριμο στάδιο (στάδιο II).



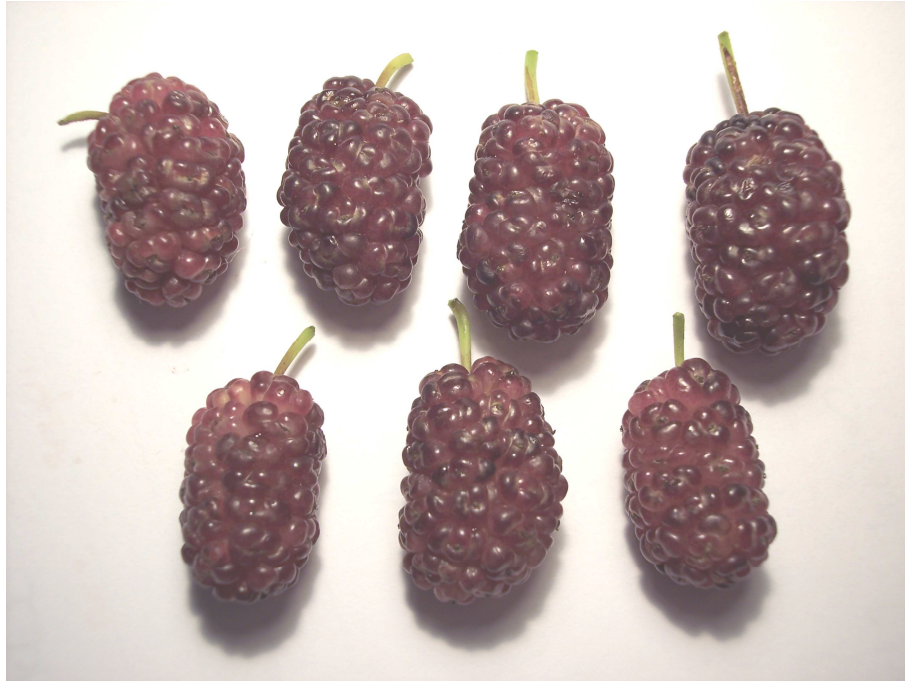
Εικόνα 4. Γενότυπος A2, ανώριμο στάδιο (στάδιο I).



Εικόνα 5. Γενότυπος A2, ώριμο στάδιο (στάδιο II).



Εικόνα 6. Γενότυπος K, ανώριμο στάδιο (στάδιο I).



Εικόνα 7. Γενότυπος Κ, ώριμο στάδιο (στάδιο II).

2.2. ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΡΠΩΝ.

Η εκτίμηση της αναπνοής των καρπών έγινε μέσω της μέτρησης του εκλυόμενου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) σύμφωνα με τους Tsantili et al. (2002). Το παραγόμενο CO₂ από τους καρπούς μετρήθηκε με ένα κλειστό σύστημα αέριο-χρωματογραφίας (IRGA), τύπου Li - COR, μοντέλο Li -6200.

Η αναπνοή των καρπών εκφράστηκε ως η εκλυόμενη συγκέντρωση CO₂ σε ml, ανά κιλό καρπών, ανά ώρα (ml/kg/h).

Οι καρποί που χρησιμοποιήθηκαν στη μέτρηση ήταν απόλυτα υγιείς, χωρίς τραυματισμούς και είχαν μεταφερθεί στο χώρο μέτρησης τουλάχιστον δύο ώρες πριν, ώστε να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος (25 °C)

2.3. ΕΚΛΥΣΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ.

Ο προσδιορισμός του εκλυόμενου αιθυλενίου έγινε σύμφωνα με τους Tsantili et al. (2002). Χρησιμοποιήθηκε αέριος χρωματογράφος (Perkin Elmer, μοντέλο Sigma 300), με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας, με κολόνα αλουμινίου (80-100 mesh).

Η παραγωγή αιθυλενίου προσδιορίστηκε μετά από τοποθέτηση των καρπών σε αεροστεγείς γυάλινες φιάλες συγκεκριμένου όγκου και την παραμονή τους για συγκεκριμένη ώρα. Η ανάλυση του αιθυλενίου πραγματοποιήθηκε με έκχυση 1ml δείγματος από την αέρια φάση στην κολόνα του χρωματογράφου και η συγκέντρωσή του υπολογίστηκε με σύγκριση με αιθυλένιο γνωστής συγκέντρωσης.

Οι καρποί που χρησιμοποιήθηκαν στη μέτρηση ήταν απόλυτα υγιείς, χωρίς τραυματισμούς και είχαν μεταφερθεί στο χώρο μέτρησης τουλάχιστον δύο ώρες πριν, ώστε να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος (25 °C)

2.4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ.

Η μέτρηση αυτή βασίστηκε στη μέθοδο της χρωματομετρίας και χρησιμοποιήθηκε χρωματόμετρο Minolta CR-300. Η αρχή λειτουργίας του χρωματόμετρου βασίζεται στη μέτρηση των βασικών συντεταγμένων L*, a* και b*. Η συντεταγμένη L* αποδίδει τη φωτεινότητα (Lightness) της εικόνας παίρνοντας τιμές από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό) ενώ οι παράγοντες a* και b* την πληροφορία χρώματος χωρίς να υπάρχουν για αυτά κάποια αριθμητικά όρια. Θετικές τιμές του a* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κόκκινου. Αρνητικές τιμές του a* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του πράσινου. Θετικές τιμές του b* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κίτρινου. Αρνητικές τιμές b* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του μπλε.

Για τους σκοπούς του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της συντεταγμένης L* και οι παράμετροι Hue angle και Chroma.

➤ C* (Chroma): Χρωματική πυκνότητα: Προσδιορίζει τη συγκέντρωση δηλαδή την ένταση ή την καθαρότητα του χρώματος ή διαφορετικά τη σχέση μεταξύ της εντονότητας και της φωτεινότητας της μελετώμενης απόχρωσης

➤ Χροιά h° (Hue angle): Μετράται σε μοίρες και προσδιορίζει την απόχρωση παίρνοντας τιμές 0° για το κόκκινο-πορφυρό, 90 ° για το κίτρινο, 180 ° για το γαλαζοπράσινο και 270 ° για το μπλε (Holcroft and Kader, 1999).

Ο παράγοντας C* υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

Και ο παράγοντας h:

$$h = \tan^{-1} (b^* / a^*)$$

Σε κάθε καρπό μετρήθηκε το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειάς του, στο μέσο κάθε πλευράς.

2.5. ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΝ ΚΑΡΠΩΝ.

Η εκτίμηση της συνεκτικότητας ολόκληρου του καρπού έγινε με τον προσδιορισμό της δύναμης που χρειάζεται για να διατρηθεί ο καρπός. Για τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκε πενετόμετρο Chatillon με κωνική βελόνα διαμέτρου 5 mm και ύψους 5 mm. Η είσοδος της βελόνας στον καρπό γινόταν κατακόρυφα και διακοπτόταν όταν όλος ο κώνος εισχωρούσε στο μούρο.

2.6. ΜΕΤΡΗΣΗ pH, ΤΙΤΛΟΔΟΤΟΥΜΕΝΗΣ ΟΞΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ.

Η μέτρηση του pH του χυμού πραγματοποιήθηκε με τη χρήση pHμέτρου JENWAY 3310 με ακρίβεια εκατοστού της μέτρησης. Η ρύθμιση του οργάνου γινόταν με ρυθμιστικό διάλυμα με pH=4 και pH=7 και ακολουθούσαν οι μετρήσεις στο χυμό μούρων.

Αρχικά έγινε ομογενοποίηση δείγματος καρπών με συγκεκριμένη ποσότητα διπλά απεσταγμένου σε εργαστηριακό ομογενοποιητή. Σε δείγμα όγκου 20 ml έγινε τιτλοδότηση με διάλυμα καυστικού νατρίου κανονικότητας 0,1 N. Το σημείο εξουδετέρωσης προσδιορίστηκε με τη χρήση pHμέτρου, όταν το pH έπαιρνε τιμή 8,2. Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα εκφράστηκε σε g άνυδρου κιτρικού οξέος ανά 100 ml χυμού.

Η μέτρηση των συνολικών διαλυτών στερεών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση διαθλασίμετρου χειρός, μοντέλο ATAGO 8469 και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν

σε βαθμούς Brix ($^{\circ}$ Brix). Η ρύθμιση του οργάνου γινόταν κάθε φορά με απεσταγμένο νερό και στη συνέχεια ακολουθούσαν οι μετρήσεις, με τη λήψη 1-2 σταγόνων χυμού μούρων.

2.7. ΕΚΧΥΛΙΣΗ.

Οι καρποί παρέμειναν στην κατάψυξη στους -20° C μέχρι να ολοκληρωθεί η διαδικασία της εκχύλισης. Ποσότητα 10 gr κατεψυγμένου δείγματος προστέθηκε σε 30 ml διαλύματος ακετόνης 80% (σε διπλά απεσταγμένο νερό) σε εργαστηριακό ομογενοποιητή, για συγκεκριμένο χρόνο και σε συγκεκριμένη ταχύτητα. Ακολούθησε εκχύλιση σε λουτρό υπερήχων και μετά φυγοκέντριση στις 4000 rpm. Το εκχύλισμα απομακρύνθηκε και αποθηκεύτηκε στους 0° C. Μετά την προσθήκη νέας ποσότητας διαλύματος ακετόνης, η παραπάνω διαδικασία (λουτρό υπερήχων και φυγοκέντριση) επαναλήφθηκε άλλες δύο φορές. Όλη η διαδικασία της εκχύλισης πραγματοποιήθηκε σε θερμοκρασία 0° C. Στη συνέχεια συμπυκνώθηκαν στους 37° C, σε ρεύμα αζώτου και αποθηκεύτηκαν στους -20° C.

2.8. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΑΡΠΟΥΣ.

Τα ολικά φαινολικά εκτιμήθηκαν με κάποιες τροποποιήσεις της μεθόδου Folin-Ciocalteu (FCR), σύμφωνα με τους Gunes et al. (2002). Δείγμα συγκεκριμένου όγκου, κατάλληλα αραιωμένο, αναμείχθηκε με συγκεκριμένο όγκο διπλά απεσταγμένου νερού και αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu. Μετά από την πάροδο συγκεκριμένου χρόνου, προστέθηκε ορισμένη ποσότητα ανθρακικού νατρίου 7% (Na_2CO_3) και μετά την πάροδο 90 λεπτών, μετρήθηκε η απορρόφηση στα 750 nm με χρήση φασματοφωτόμετρου. Παράλληλα μετρήθηκαν οι απορροφήσεις διαλυμάτων γαλλικού οξέος διαφόρων συγκεντρώσεων για την παρασκευή πρότυπης καμπύλης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εις τριπλούν για κάθε επανάληψη και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε μg γαλλικού οξέος ανά g νωπού βάρους καρπού (μg GAE/g f. w. καρπού).

2.9. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΩΝ ΣΤΟΥΣ ΚΑΡΠΟΥΣ.

Τα φλαβονοειδή υπολογίστηκαν με κάποιες τροποποιήσεις της μεθόδου των Gunes et al. (2002). Δείγμα συγκεκριμένου όγκου, κατάλληλα αραιωμένο αναμείχθηκε με συγκεκριμένο όγκο διπλά απεσταγμένου νερού και διαλύματος νιτρώδους νατρίου 5% (NaNO_2). Μετά από 5 λεπτά προστέθηκαν συγκεκριμένος όγκος διαλύματος χλωριούχου αργίλου 10% ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), και στο 6^ο λεπτό συγκεκριμένος όγκος διαλύματος καυστικού νατρίου (NaOH) 1N και διπλά απεσταγμένου νερού. Η απορρόφηση μετρήθηκε στα 510 nm με χρήση φασματοφωτόμετρου, ενώ παράλληλα μετρήθηκαν οι απορροφήσεις διαλυμάτων κατεχίνης διαφόρων συγκεντρώσεων για την παρασκευή πρότυπης καμπύλης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εις τριπλούν για κάθε επανάληψη και τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφράστηκαν σε μg ισοδύναμων κατεχίνης ανά g νωπού βάρους καρπού ($\mu\text{g CE/g f. w. καρπού}$).

2.10. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΩΝ.

Ο προσδιορισμός των ολικών ανθοκυανινών έγινε με τη μέθοδο του διαφορικού pH, όπως περιγράφεται από τους Guisti and Wrolstad (2001). Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στο γεγονός ότι η χρωμοφόρα ομάδα των ανθοκυανινών αλλάζει χημική δομή ανάλογα με το pH και συγκεκριμένα αποχρωματίζεται σε pH 4,5.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εις τριπλούν για κάθε επανάληψη και τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφράστηκαν σε μg ισοδύναμων γλυκοζίτη-3 της κυανιδίνης που είναι η κυρίαρχη ανθοκυανίνη των μούρων ανά g νωπού βάρους καρπού ($\mu\text{g G3C/g f. w. καρπού}$) (Aramwit et al., 2010, Du et al., 2008, Bae and Suh, 2007).

2.11. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΗΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟΥΣ ΚΑΡΠΟΥΣ.

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκαν δύο μέθοδοι για την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας σε εκχυλίσματα μούρων, οι FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) και DPPH (2,2 - Diphenyl - 1 - picrylhydrazyl Radical

Scavenging), οι οποίες βασίζονται στη μεταφορά ηλεκτρονίου (Apak et al., 2007, Prior et al., 2005, Huang et al., 2005). Η μέθοδος DPPH παλαιότερα θεωρούνταν ότι βασίζεται στη μεταφορά ατόμου υδρογόνου (Brand-Williams et al., 1995), ωστόσο σύγχρονες μελέτες αναφέρουν ότι βασίζεται κυρίως στη μεταφορά ηλεκτρονίου (Apak et al., 2007, Prior et al., 2005, Huang et al., 2005), αν και οι δύο αυτοί μηχανισμοί δεν ξεχωρίζουν απόλυτα και φαίνεται ότι συμβαίνουν παράλληλα σε ένα σύστημα (Apak et al., 2007, Wright et al., 2001).

Η επιλογή δύο διαφορετικών μεθόδων προτείνεται για την καλύτερη αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας, καθώς μόνο μία μέθοδος δεν αρκεί να δώσει μια ολοκληρωμένη εικόνα αυτής (Prior and Cao, 1999). Τόσο η FRAP όσο και η DPPH είναι μέθοδοι γρήγορες και οικονομικές, δεν απαιτούν ιδιαίτερο εργαστηριακό εξοπλισμό και ακριβά αντιδραστήρια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αντιοξειδωτικές ενώσεις που βρίσκονται σε υδατικό μέσο και χρησιμοποιούνται ευρέως για τον υπολογισμό της αντιοξειδωτικής ικανότητας διαφόρων φυτικών προϊόντων (Francisco and Resurreccion, 2008, Halvorsen et al., 2002). Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ των δύο μεθόδων είναι ότι στη μέθοδο FRAP εκτιμάται άμεσα η αναγωγική ικανότητα των αντιοξειδωτικών ενώσεων, θεωρώντας την αναγωγική ικανότητα και την αντιοξειδωτική ικανότητα ίσες (Benzie and Strain, 1996), ενώ στη μέθοδο DPPH εκτιμάται η ικανότητα των αντιοξειδωτικών ενώσεων να εξουδετερώνουν τις συνθετικές ελεύθερες ρίζες του αντιδραστηρίου DPPH (Brand-Williams et al., 1995). Επιπλέον, η μέθοδος FRAP είναι περισσότερο ευαίσθητη στην παρουσία υδρόφιλων αντιοξειδωτικών ενώσεων, ενώ η μέθοδος DPPH στην παρουσία λιπόφιλων αντίστοιχα (Apak et al., 2007).

Η μέθοδος FRAP στηρίζεται στη μείωση του θετικού φορτίου του τρισθενούς σιδήρου στο σύμπλοκο Fe^{3+} -TPTZ [2,4,6-τρι-(2-πυριδύλ)-s-τριαζίνη] κατά την παρουσία κάποιου αντιοξειδωτικού σε όξινο μέσο και στο σχηματισμό του συμπλόκου Fe^{2+} -TPTZ, το οποίο έχει χρώμα μπλε (Σχήμα 12). Το αντιδραστήριο FRAP παρασκευάστηκε από τρία διαλύματα, το ρυθμιστικό διάλυμα οξικού οξέος 300 mM με pH 3,6, το διάλυμα TPTZ 10 mM διαλυμένο σε 40 mM HCl και το διάλυμα 20 mM $FeCl_3 \cdot 6H_2O$. Το αντιδραστήριο προκύπτει μετά την ανάμειξη των παραπάνω διαλυμάτων σε αναλογία 10:1:1, με τη σειρά που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Με την αλληλεπίδρασή της με μόρια με αντιοξειδωτική δράση η απορρόφηση της μειώνεται σταδιακά με το χρόνο έως ότου να μηδενιστεί. Μετρώντας τη μείωση της απορρόφησης κάθε δείγματος και με βάση την μέγιστη απορρόφηση του μάρτυρα (χωρίς φυτικό ιστό), υπολογίζεται η αντιοξειδωτική ικανότητα των δειγμάτων.

Στην παρούσα μελέτη δείγμα συγκεκριμένου όγκου κατάλληλα αραιωμένο αναμείχθηκε με συγκεκριμένη ποσότητα διαλύματος 60 μM DPPH σε MeOH. Μετά την πάροδο 30 λεπτών στο σκοτάδι, μετρήθηκε η μείωση της απορρόφησης στα 515 nm με χρήση φασματοφωτόμετρου (Brand-Williams et al., 1995, Prior et al., 2005, Huang et al., 2005). Παράλληλα μετρήθηκαν και οι απορροφήσεις διαλυμάτων trolox, διαφόρων συγκεντρώσεων για την παρασκευή πρότυπης καμπύλης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εις τριπλούν για κάθε επανάληψη και τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφράστηκαν σε μmol ισοδύναμων trolox ανά g νωπού βάρους καρπού ($\mu\text{mol TE/g f. w. καρπού}$).

2.12. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.

Η σημαντικότητα της επίδρασης του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής στις παραμέτρους που μελετήθηκαν, εκτιμήθηκαν με βάση τις τιμές των πιθανοτήτων (P) των πινάκων της Ανάλυσης Διασποράς, κατά το εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο. Ο έλεγχος της σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων, έγινε μέσω της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD test), σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0,05$. Η στατιστική ανάλυση έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα Statgraphics Centurion XV.II.

Οι συσχετίσεις κατά Pearson μεταξύ των μετρούμενων παραμέτρων, ελέγχθηκαν επίσης για τη σημαντικότητά τους.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.

3.1. ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΡΠΩΝ.

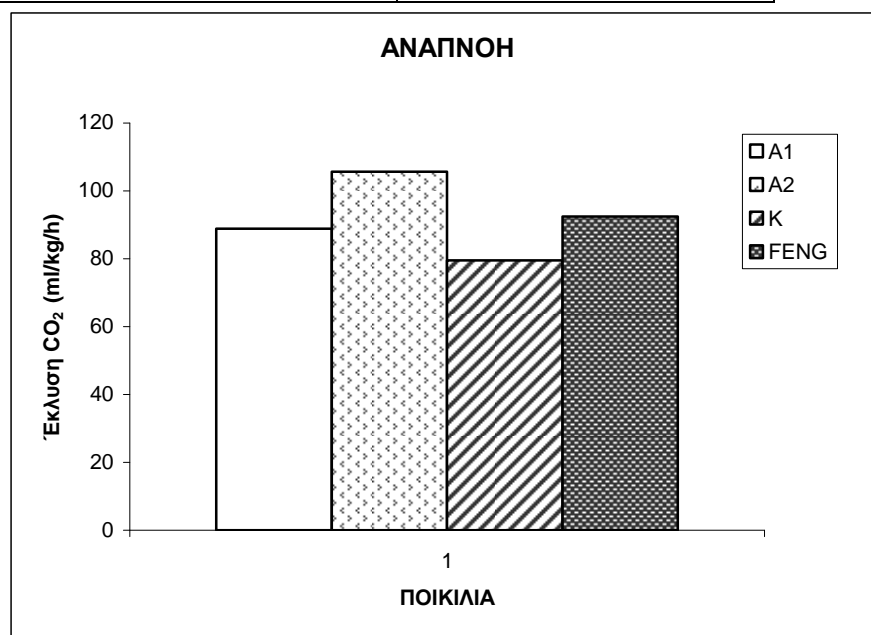
3.1.1. ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Η αναπνοή των καρπών μετρήθηκε ως το εκλυόμενο CO₂ και εκφράστηκε ως ml ανά κιλό καρπών, ανά ώρα (ml/kg/h). Στο ώριμο στάδιο συγκομιδής, οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν για το γενότυπο A2 με 105,705 ml CO₂/kg/h, ακολουθούσε το υβρίδιο Fengchisang με 92,423 ml CO₂/kg/h και τέλος οι γενότυποι A1 και K με 88,883 και 79,491 ml CO₂/kg/h αντίστοιχα (Σχήμα 14).

Πίνακας 2. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενότυπου ($P_{\gamma\epsilon\nu}$) σε φυσιολογικές και ποιοτικές παραμέτρους καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

ΜΟΝΟΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	$P_{\gamma\epsilon\nu}$
ΑΝΑΠΝΟΗ	0,0152
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	0,0000
ΒΑΡΟΣ	0,0000

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ L*	0,0000
ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΗΥΕ ANGLE	0,0002
ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ C*	0,0000
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	0,0002
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	0,1311
pH	0,0002
ΤΙΤΛΟΔΟΤΟΥΜΕΝΗ ΟΞΥΤΗΤΑ	0,0075
ΟΛΙΚΑ ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	0,0000
ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	0,0000
FRAP	0,0000
DPPH	0,0000
ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	0,0001



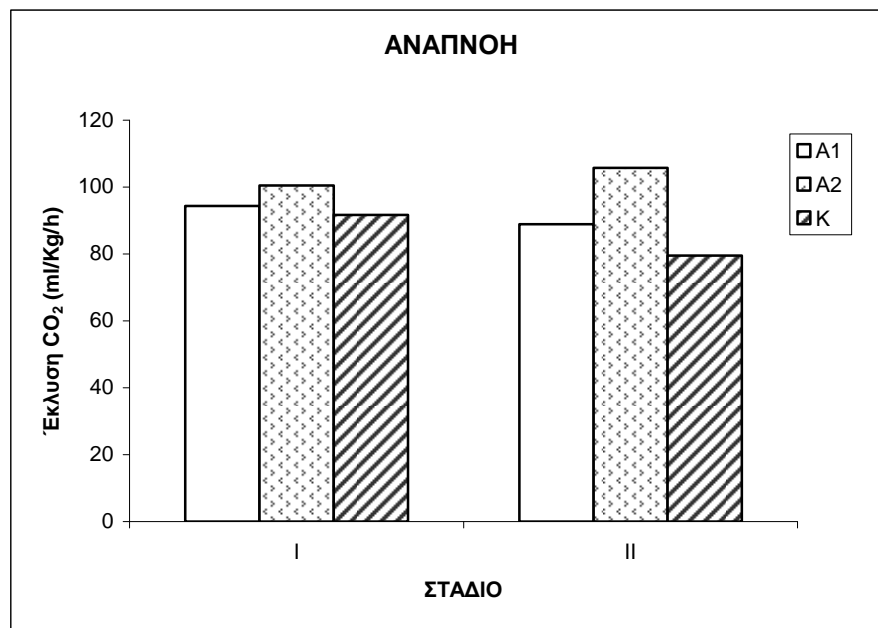
Σχήμα 14. Επίδραση του γενότυπου στην έκλυση CO₂ καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), n = 3, LSD_(P=0.05) =13.22.

Η σημαντική επίδραση του γενότυπου ($P_{γεν.} = 0,0152$), στην αναπνοή των καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 2). Συγκεκριμένα, οι διαφορές αυτές ήταν σημαντικές μόνο μεταξύ των ζευγών A1 και A2 που αντιστοιχούν στους δύο λευκούς γενότυπους,

καθώς και μεταξύ του A2 και K που αντιστοιχούν σε λευκούς και κόκκινους καρπούς.

3.1.2. ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Στα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο σχήμα 15, οι τιμές της αναπνοής κυμάνθηκαν από 79,491 μέχρι 105,705 ml/kg/h. Η διαφορά που είχαν τα δύο στάδια συγκομιδής μεταξύ τους ήταν δύο ημέρες για τους γενότυπους A2 και K και τρεις ημέρες για το γενότυπο A1. Τα αποτελέσματα δείχνουν αύξηση της συγκέντρωσης του εκλυόμενου CO₂ κατά την ωρίμανση για το γενότυπο A2 και μείωση για τους γενοτύπους A1 και K. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση του εκλυόμενου CO₂ κατά την ωρίμανση αυξάνεται για το γενότυπο A2 από 100,487 σε 105,705 ml/kg/h και μειώνεται για τους γενοτύπους A1 από 94,327 σε 88,883 ml/kg/h και K από 91,707 σε 79,491 ml/kg/h.



Σχήμα 15. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II: ώριμο) στην έκλυση CO₂ καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), n = 3, LSD_(p=0.05) = 12.38.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς των αποτελεσμάτων, σημαντική είναι η επίδραση του γενοτύπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0030$). Συγκεκριμένα, οι σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων γενοτύπων εντοπίζονται μόνο στο ώριμο στάδιο (στάδιο 2), στα ζεύγη τιμών μεταξύ A1 και A2, καθώς και μεταξύ A2 και K. Όσον αφορά την επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,2302$) και την αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}} = 0,1336$) στην αναπνοή των καρπών δεν ήταν σημαντικές.

Πίνακας 3. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενοτύπου ($P_{\text{γεν.}}$), του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}}$) και της αλληλεπίδρασης αυτών ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$) στην αναπνοή καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

ΑΝΑΠΝΟΗ	$P_{\text{γεν.}}$	$P_{\text{σταδ.}}$	$P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0030	0,2302	0,1336

Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχουν αναφορές για τη μέτρηση αναπνοής σε καρπούς μουριάς, ώστε να συγκριθούν με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Ωστόσο, για άλλους μικρούς καρπούς γίνονται αναφορές για μετρήσεις του ρυθμού αναπνοής σε διάφορες θερμοκρασίες. Στα μύρτιλλα (bleuberrries) αναφέρεται τριπλασιασμός και επταπλασιασμός του ρυθμού αναπνοής σε θερμοκρασίες 10 και 21 °C, αντίστοιχα, συγκρινόμενος με αυτόν στους 4 °C (10 mg CO₂ /kg/h). Αντίστοιχα, αυξάνεται και ο ρυθμός αναπνοής σε φράουλες, ο οποίος είναι σαφώς υψηλότερος από αυτόν των μυρτίλλων, από 25 mg CO₂ /kg/h στους 4 °C σε 75 και 150 mg CO₂ /kg/h στους 10 °C και 21 °C αντίστοιχα (Strik et al., 2006). Υψηλότερος ρυθμός αναπνοής αναφέρεται και για τα raspberries, από 24 mg CO₂ /kg/h στους 0 °C σε 92 και 200 mg CO₂ /kg/h στους 10 και 20 °C, αντίστοιχα (Pritts, 2009). Οι παρούσες μετρήσεις μετά από τη μετατροπή τους, σε mg CO₂ /kg/h κυμάνθηκαν από 153 έως 206 mg CO₂ /kg/h, στους 25 °C.

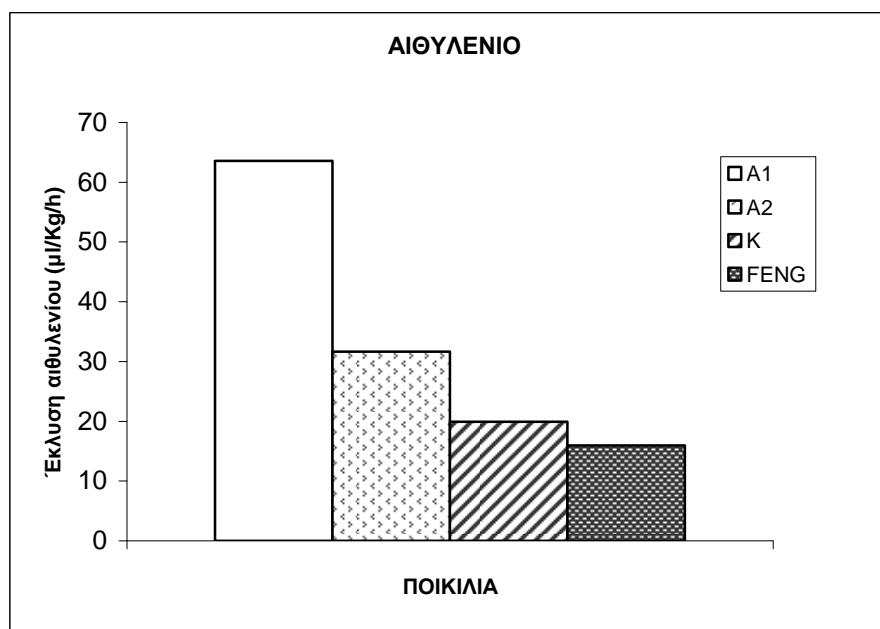
3.2. ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ.

3.2.1. ΕΚΛΥΣΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Η έκλυση αιθυλενίου των καρπών εκφράστηκε ως η εκλυόμενη συγκέντρωση αιθυλενίου σε μl , ανά κιλό καρπών, ανά ώρα ($\mu\text{l}/\text{kg}/\text{h}$). Στο ώριμο στάδιο

συγκομιδής, οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν για το γενότυπο A1 με 63,551 $\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg}/\text{h}$, ακολουθούσαν οι γενότυποι A2 και K με 31,645 και 19,945 $\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg}/\text{h}$ αντίστοιχα και τέλος το υβρίδιο Fengchisang με 15,975 $\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg}/\text{h}$.

Η σημαντική επίδραση της ποικιλίας ($P_{\text{γεν.}} = 0,0000$), στην αναπνοή των καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 2 από μονοπαραγοντική ανάλυση). Συγκεκριμένα, οι διαφορές αυτές ήταν σημαντικές μεταξύ όλων των ζευγών, εκτός του ζεύγους K και Fengchisang, με κόκκινους και μαύρους καρπούς αντίστοιχα που δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές. Είναι αξιοπαρατήρητο, ότι οι έγχρωμες ποικιλίες τυχάνει να εκλύουν λιγότερο αιθυλένιο από τις λευκές.

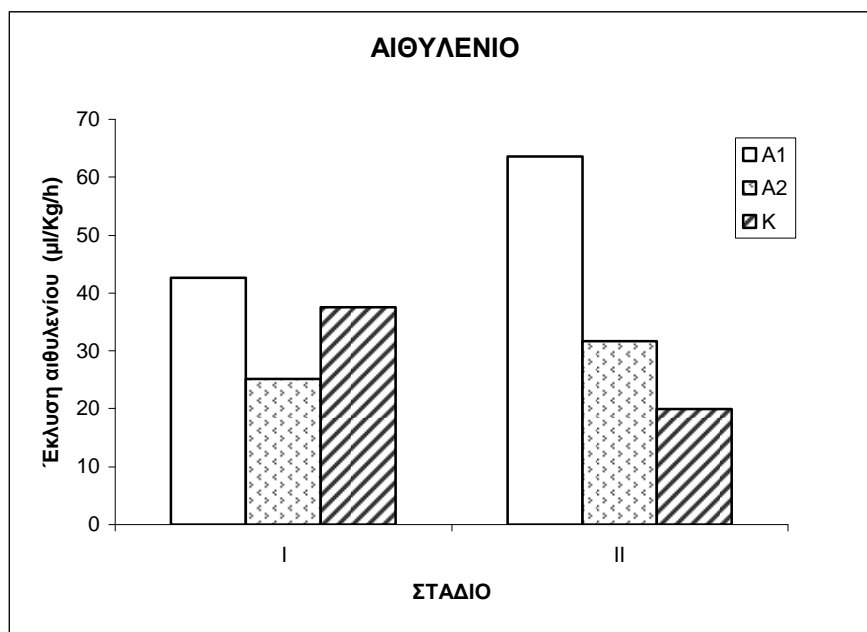


Σχήμα 16. Επίδραση του γενότυπου στην έκλυση αιθυλενίου καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $\text{LSD}_{(P=0.05)} = 9.54$.

3.2.2. ΕΚΛΥΣΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Τα αποτελέσματα δείχνουν αύξηση της συγκέντρωσης του εκλυόμενου αιθυλενίου κατά την ωρίμανση για τους γενότυπους A1 και A2 και μείωση για το γενότυπο K. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση του εκλυόμενου αιθυλενίου κατά την

ωρίμανση αυξάνεται για το γενότυπο A1 από 42,630 σε 63,551 μl/kg/h και για το γενότυπο A2 από 25,181 σε 31,645 και μειώνεται για το γενότυπο K από 37,538 σε 19,945 μl/kg/h. Η μείωση για το γενότυπο K εξηγείται από το γεγονός ότι για τη συγκεκριμένη ποικιλία τα μούρα στο δεύτερο στάδιο συγκομιδής ήταν μάλλον υπερώριμα και η συγκέντρωση του εκλυόμενου αιθυλενίου έχει αρχίσει να μειώνεται, όπως αναμενόταν.



Σχήμα 17. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II: ώριμο) στην έκλυση αιθυλενίου καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 15.59$.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς, σημαντική είναι η επίδραση του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0011$) στο πρώτο στάδιο συγκομιδής μόνο για το ζεύγος τιμών A1 και A2. Στο ώριμο στάδιο συγκομιδής, σημαντική ήταν η επίδραση μεταξύ του A1 και εκάστου των άλλων δύο γενοτύπων, δηλαδή A2 και K, ενώ οι διαφορές μεταξύ του A2 και K δεν ήταν σημαντικές. Επίσης σημαντική ήταν και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}} = 0,0155$). Αντιθέτως, η επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,4895$) δεν ήταν σημαντική, και τούτο θα μπορούσε πιθανά να εξηγηθεί με την μη σταθερή τάση αλλαγών που παρουσίασαν οι ποικιλίες στο σύνολό τους, καθώς και από τις σχετικά μεγάλες τυπικές αποκλίσεις των τιμών.

Πίνακας 4. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}}$), του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,4895$) και της αλληλεπίδρασης αυτών ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}} = 0,0155$) στην έκλυση αιθυλενίου καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	$P_{\text{γεν.}}$	$P_{\text{σταδ.}}$	$P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0011	0,4895	0,0155

Στη διεθνή βιβλιογραφία, υπάρχει αναφορά χαρακτηρισμού των καρπών μουριάς ως μη κλιμακτηριακοί, χωρίς ωστόσο να υπάρχει αιτιολόγηση (Darias-Martín et al., 2003). Οι μετρήσεις στο παρόν πείραμα είναι αρκετά υψηλές. Κατά γενική θεώρηση, χωρίς ωστόσο να αποτελεί κριτήριο κατάταξης, οι μη κλιμακτηριακοί καρποί κατά την ωρίμανσή τους εκλύουν περίπου από 1 μl C₂H₄/kg/h και οι κλιμακτηριακοί κατά την κλιμακότητά τους περίπου από 1 μέχρι 100 μl C₂H₄/kg/h (στους 20 °C), ανάλογα με το είδος του καρπού. Παρόλο που οι απόλυτες τιμές της έντασης της αναπνοής και του αιθυλενίου ενός καρπού δεν αποτελούν κριτήριο για την κατάταξή του στους κλιμακτηριακούς ή μη καρπούς, αλλά μόνο οι σχετικές τους μεταβολές πριν και κατά την ωρίμανση (Τσαντίλη, 2002). Αξίζει ωστόσο, να σημειωθεί ότι οι μεταβολές κατά την ωρίμανση δεν ήταν μεγάλες ούτε προς μια κατεύθυνση. Αυτό πιθανά να οφείλεται στην επίδραση του σταδίου συγκομιδής. Το στάδιο (I) ίσως δεν ήταν αρκετά άγουρο και είχε αρχίσει ήδη η ωρίμανση και το στάδιο (II) του γενότυπου Κ ίσως να ήταν υπερώριμο.

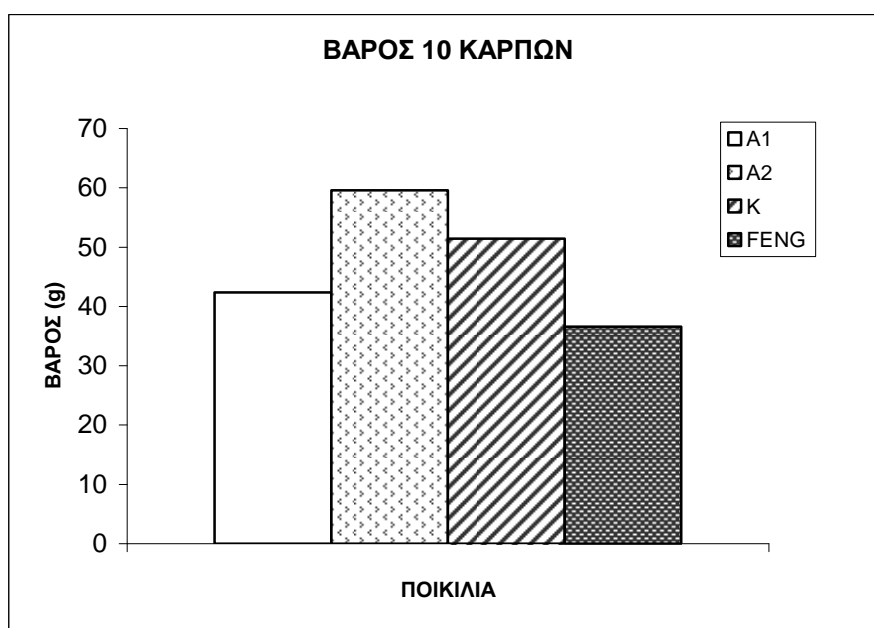
Οι ενδείξεις αυτές δεν επαρκούν για την τεκμηρίωση του χαρακτηρισμού των καρπών (ως κλιμακτηριακά ή μη), χωρίς περαιτέρω πειράματα. Τα πειράματα αυτά θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν την επίδραση του αιθυλενίου στην ένταση της αναπνοής και στην έκλυση του ενδογενούς αιθυλενίου των καρπών, τόσο κατά τη διάρκεια του χειρισμού όσο και μετά τον χειρισμό, καθώς και επιδράσεις σε άλλες παραμέτρους ωρίμανσης.

3.3. ΒΑΡΟΣ.

3.3.1. ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Το βάρος 10 καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής ήταν 36,57 g για το υβρίδιο Fengchisang, 42,388g και 51,455 g για τους γενότυπους A1 και K αντίστοιχα και 59,602 g για το γενότυπο A2.

Οι Ercisli and Orhan (2007), αναφέρουν μετρήσεις βάρους καρπών από 2,14 έως 4,37 g με τις υψηλότερες τιμές να αντιστοιχούν σε μαύρους καρπούς και οι Gerasopoulos and Stavrulakis (1997), 3,5 g για άσπρη και μαύρη ποικιλία και 3,8 g για ρόδινη ποικιλία ανά καρπό.

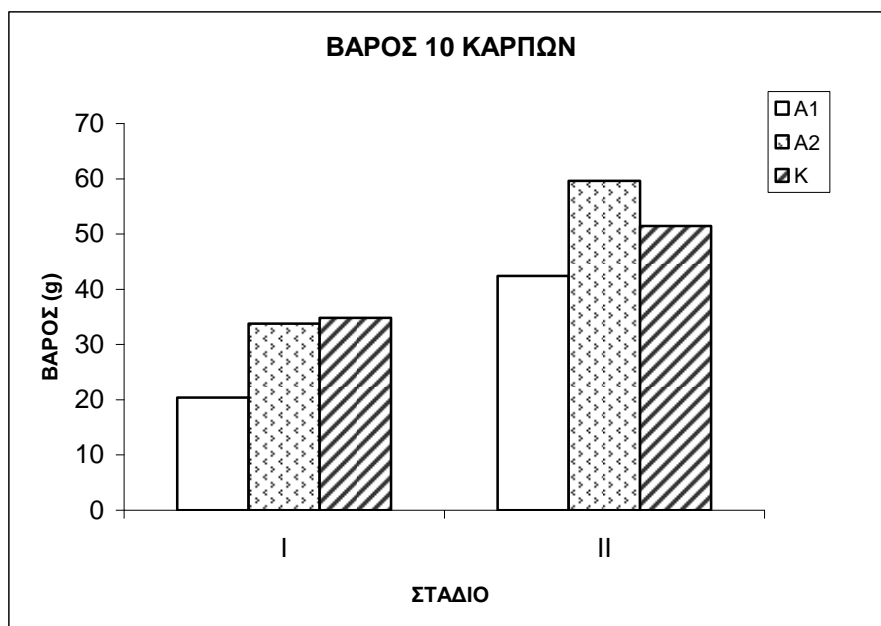


Σχήμα 18. Επίδραση του γενότυπου στο βάρος καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 4,56$.

Η σημαντική επίδραση της ποικιλίας ($P_{γεν.} = 0,0000$), στο βάρος καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 2 από μονοπαραγοντική ανάλυση). Συγκεκριμένα, οι διαφορές αυτές ήταν σημαντικές μεταξύ όλων των ζευγών, εκτός του ζεύγους A1 και Fengchisang, με άσπρους και μαύρους καρπούς αντίστοιχα που δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές.

3.3.2. ΒΑΡΟΣ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Κατά την ωρίμανση το βάρος των καρπών αυξάνεται κατά 53%, 43% και 32% για τους γενότυπους A1, A2 και K αντίστοιχα. Στη βιβλιογραφία γίνεται αναφορά για αύξηση του βάρους καρπών της τάξης του 43% για μαύρη ποικιλία και σε μικρότερα ποσοστά για άσπρη και ρόδινη ποικιλία (Gerasopoulos and Stavrulakis, 1997).



Σχήμα 19. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II:ώριμο) στο βάρος καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 4,11$.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 5 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς, σημαντική είναι η επίδραση του γενοτύπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0000$) σε όλα τα ζεύγη με εξαίρεση το ζεύγος των γενότυπων A2 και K στο ανώριμο στάδιο, με λευκούς και κόκκινους καρπούς αντίστοιχα, στο οποίο οι διαφορές δεν ήταν σημαντικές. Επίσης σημαντική ήταν και η επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,0000$) μεταξύ όλων των ζευγών τιμών, αλλά και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}} = 0,0160$).

Πίνακας 5. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}}$), του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}}$) και της αλληλεπίδρασης αυτών ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$) στο βάρος καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

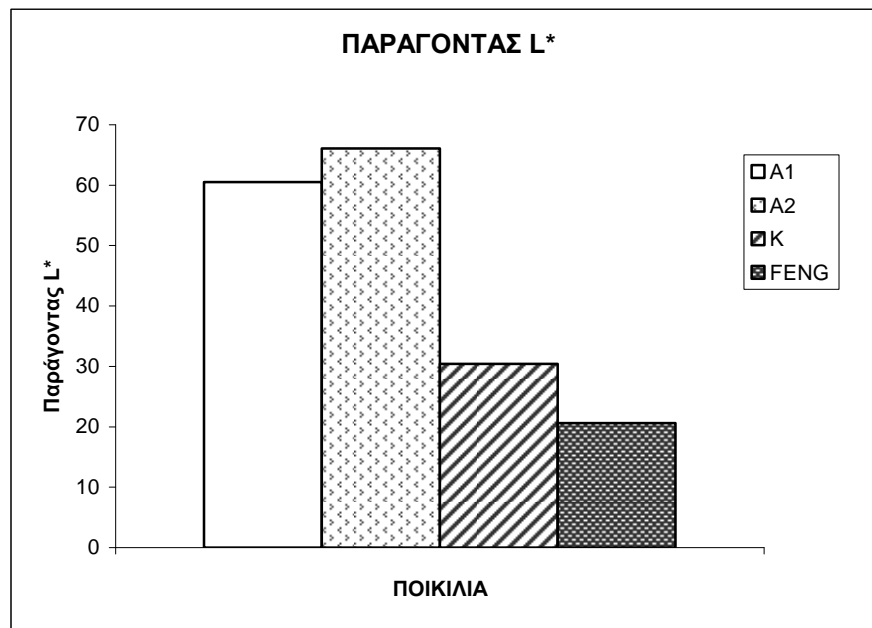
ΒΑΡΟΣ 10 ΚΑΡΠΩΝ	$P_{\text{γεν.}}$	$P_{\text{σταδ.}}$	$P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0000	0,0000	0,0160

3.4. ΧΡΩΜΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΜΟΥΡΩΝ.

3.4.1. ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ L* ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Ο παράγοντας L* που αποδίδει τη φωτεινότητα των καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής κυμάνθηκε σε υψηλές τιμές για τους γενότυπους με λευκούς καρπούς και σε χαμηλότερες για τους έγχρωμους καρπούς, όπως και αναμενόταν, καθόσον οι τιμές του παράγοντα κυμαίνονται από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό). Συγκεκριμένα από 60,503 και 66,067 για τους γενότυπους A1 και A2 με λευκούς καρπούς, σε χαμηλότερες 30,407 για το γενότυπο K με κόκκινους καρπούς και ακόμα πιο χαμηλές 20,587 για μαύρους καρπούς του υβριδίου Fengchisang.

Η σημαντική επίδραση της ποικιλίας ($P_{\text{γεν.}} = 0,0000$), στο βάρος καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 2 από μονοπαραγοντική ανάλυση). Οι διαφορές αυτές ήταν σημαντικές μεταξύ όλων των ζευγών τιμών.

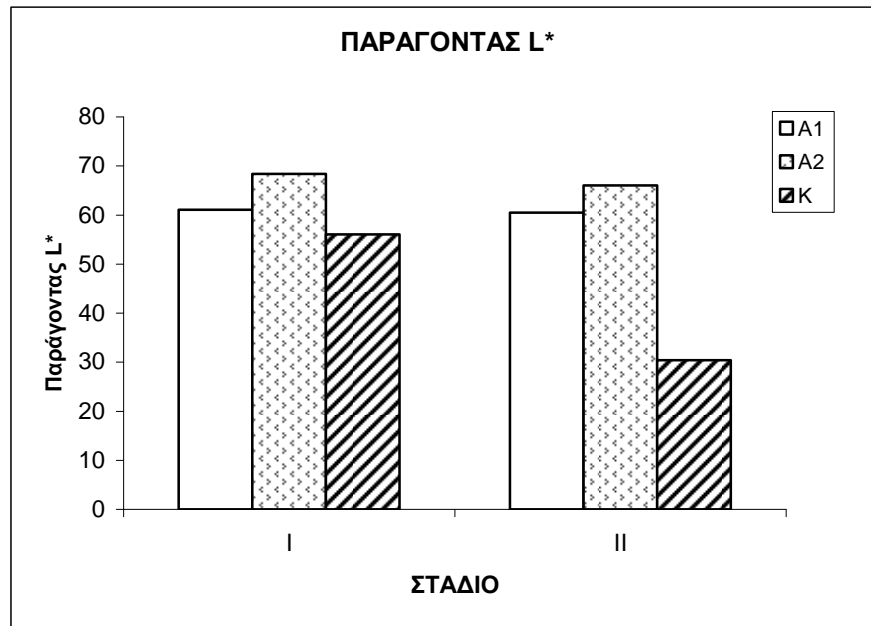


Σχήμα 20. Επίδραση του γενότυπου στον παράγοντα L* της εξωτερικής επιφάνειας καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), n = 3, $LSD_{(p=0.05)} = 2,95$.

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται τιμές του παράγοντα L* από 14,4 έως 27,9 για ποικιλίες με μαύρους καρπούς και 11,1 έως 14,2 για ποικιλίες με κόκκινους καρπούς (Ozgen et al, 2009a), σε αντίθεση με τις μετρήσεις του παρόντος πειράματος. Οι Ercisli and Orhan (2007) ωστόσο, αναφέρουν μετρήσεις 14,3 για ποικιλίες με μαύρους καρπούς και 78,4 για ποικιλίες με λευκούς καρπούς και ο Aramwit et al (2010) από 27,75 για ποικιλίες με κόκκινους καρπούς έως 3,92 για πιο σκουρόχρωμες ποικιλίες, μετρήσεις οι οποίες συμφωνούν κατά γενική εκτίμηση με τα αποτελέσματα του παρόντος πειράματος.

3.4.2. ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ L* ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Κατά την ωρίμανση των καρπών παρατηρήθηκε μικρή μείωση των τιμών του παράγοντα L* για τους λευκούς γενότυπους (από 61,057 και 68,373 σε 60,503 και 66,067 αντίστοιχα) μεγαλύτερη για το γενότυπο K με κόκκινους καρπούς (από 56,083 σε 30,407).



Σχήμα 21. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II:ώριμο) στον παράγοντα L* της εξωτερικής επιφάνειας καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 3,53$.

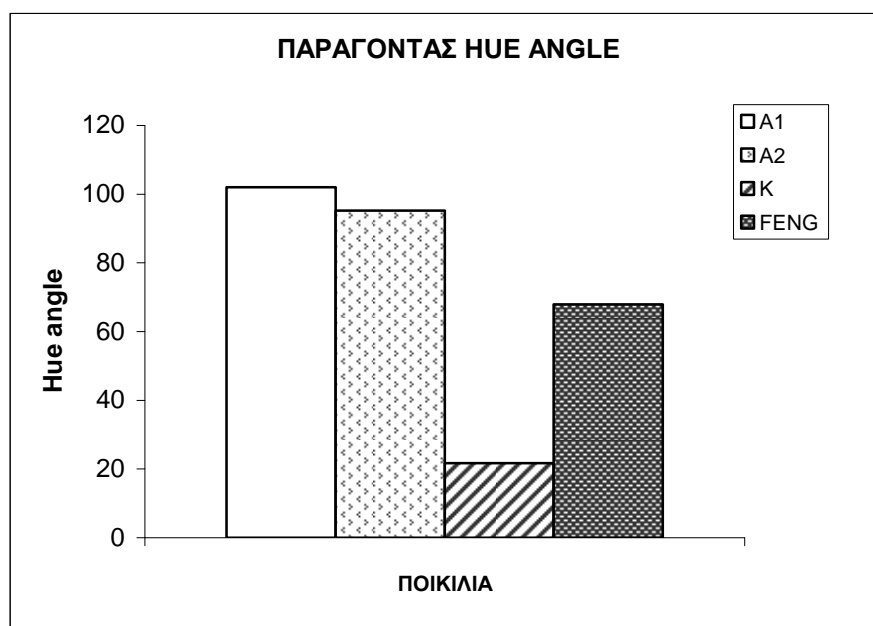
Όπως φαίνεται στον πίνακα 6 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς, σημαντική είναι η επίδραση του γενότυπου ($P_{γεν.} = 0,0000$) σε όλα τα ζεύγη τιμών και στα δύο στάδια συγκομιδής. Επίσης σημαντική ήταν και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{γεν. \times σταδ.} = 0,0000$), αλλά η επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{σταδ.} = 0,0000$) ήταν σημαντική μόνο για το ζεύγος του γενότυπου Κ και όχι για τους γενότυπους Α1 και Α2.

Πίνακας 6. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενότυπου ($P_{γεν.}$), του σταδίου συγκομιδής ($P_{σταδ.}$) και της αλληλεπίδρασης αυτών ($P_{γεν. \times σταδ.}$) στον παράγοντα L* της εξωτερικής επιφάνειας καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ L*	$P_{γεν.}$	$P_{σταδ.}$	$P_{γεν. \times σταδ.}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0000	0,0000	0,0000

3.4.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ HUE ANGLE ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Ο παράγοντας Hue angle που προσδιορίζει την απόχρωση, κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής κυμάνθηκε σε υψηλές τιμές για τους γενότυπους με λευκούς καρπούς και σε χαμηλότερες για τους έγχρωμους καρπούς, όπως και αναμενόταν, καθώς μετράται σε μοίρες παίρνοντας τιμές από 0° για το κόκκινο-πορφυρό, 90° για το κίτρινο, 180° για το γαλαζοπράσινο και 270° για το μπλε. Συγκεκριμένα από 101,973° και 95,174° για τους γενότυπους A1 και A2 με λευκούς καρπούς, σε χαμηλότερες 67,959° για τους μαύρους καρπούς του υβριδίου Fengchisang και ακόμα πιο χαμηλές 21,724° για το γενότυπο K με κόκκινους καρπούς.



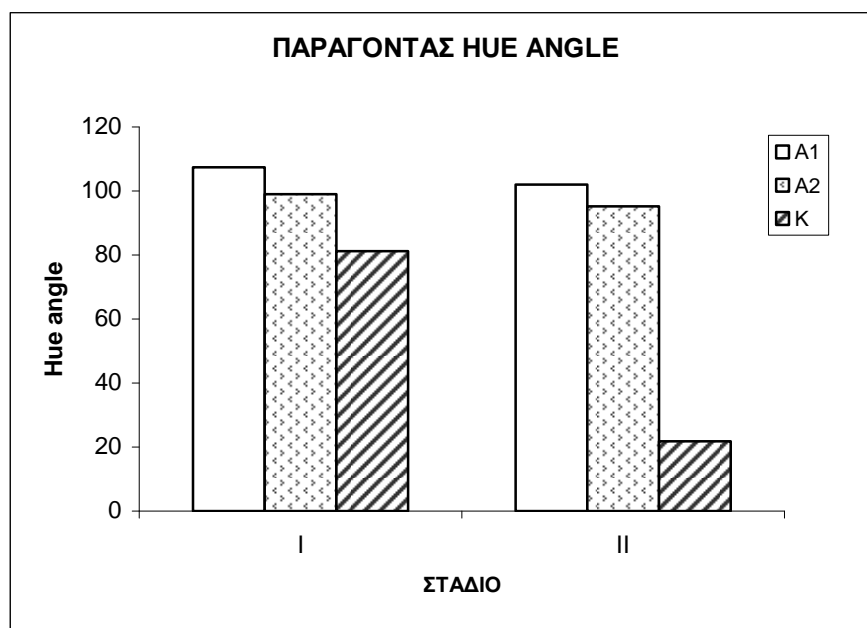
Σχήμα 22. Επίδραση του γενότυπου στον παράγοντα Hue angle της εξωτερικής επιφάνειας καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 22,12$.

Η σημαντική επίδραση της ποικιλίας ($P_{\gamma\epsilon\nu.} = 0,0002$), στον παράγοντα Hue angle καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 2 από μονοπαραγοντική ανάλυση). Οι διαφορές αυτές ήταν σημαντικές μεταξύ όλων των ζευγών, εκτός του ζεύγους A1 και A2 που δεν ήταν σημαντικές.

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται τιμές του παράγοντα Hue angle από 1,9° έως 19° για ποικιλίες με κόκκινους καρπούς και 13,3° έως 20,6° για ποικιλίες με μαύρους καρπούς (Ozgen et al, 2009a).

3.4.4. ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ HUE ANGLE ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Κατά την ωρίμανση των καρπών παρατηρήθηκε μικρή μείωση των τιμών του παράγοντα Hue angle για τους λευκούς γενότυπους (από 107,393° και 99,069° σε 101,973° και 95,174° αντίστοιχα) μεγαλύτερη για το γενότυπο Κ με κόκκινους καρπούς (από 81,135° σε 21,724°).



Σχήμα 23. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II:ώριμο) στον παράγοντα Hue angle της εξωτερικής επιφάνειας καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 5,77$.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 7 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς, σημαντική είναι η επίδραση του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0000$) σε όλα τα ζεύγη τιμών και για τα δύο στάδια συγκομιδής. Επίσης σημαντική ήταν και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}} = 0,0000$),

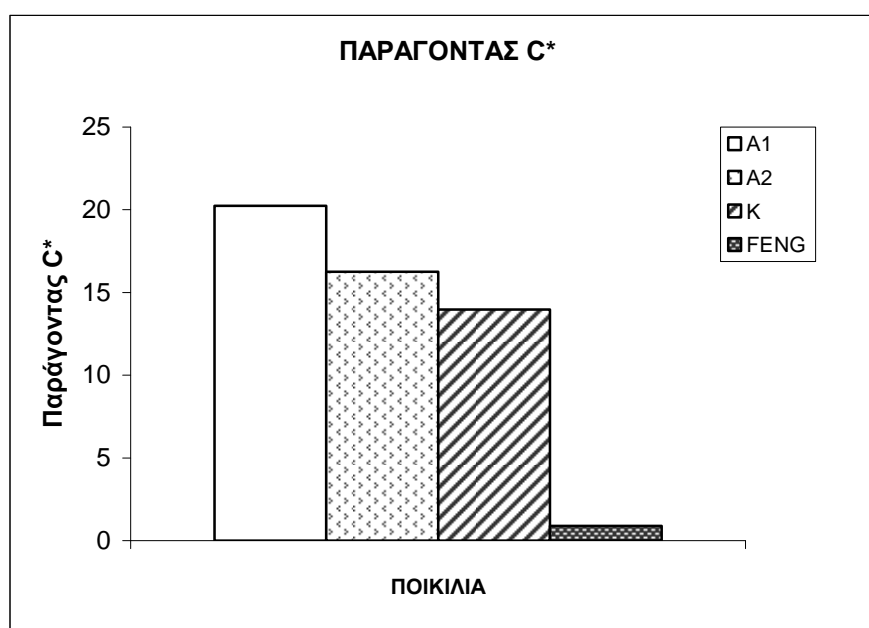
αλλά η επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,0000$) ήταν σημαντική μόνο για το ζεύγος τιμών του γενότυπου K και όχι για τους γενότυπους A1 και A2.

Πίνακας 7. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}}$), του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}}$) και της αλληλεπίδρασης αυτών ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$) στον παράγοντα Hue angle της εξωτερικής επιφάνειας καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ HUE ANGLE	$P_{\text{γεν.}}$	$P_{\text{σταδ.}}$	$P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0000	0,0000	0,0000

3.4.5. ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ C* ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Ο παράγοντας C* που προσδιορίζει τη συγκέντρωση δηλαδή την ένταση ή την καθαρότητα του χρώματος κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής κυμάνθηκε σε υψηλότερες τιμές για τους γενότυπους με λευκούς καρπούς, σε χαμηλότερες για τους καρπούς του K γενότυπου και σε πολύ χαμηλές για το υβρίδιο Fengchisang. Συγκεκριμένα από 20,249 και 16,245 για τους γενότυπους A1 και A2 με λευκούς καρπούς, σε χαμηλότερες 13,971 για τους καρπούς του K γενότυπου και πολύ χαμηλές 0,888 για τους μαύρους καρπούς του υβριδίου Fengchisang.



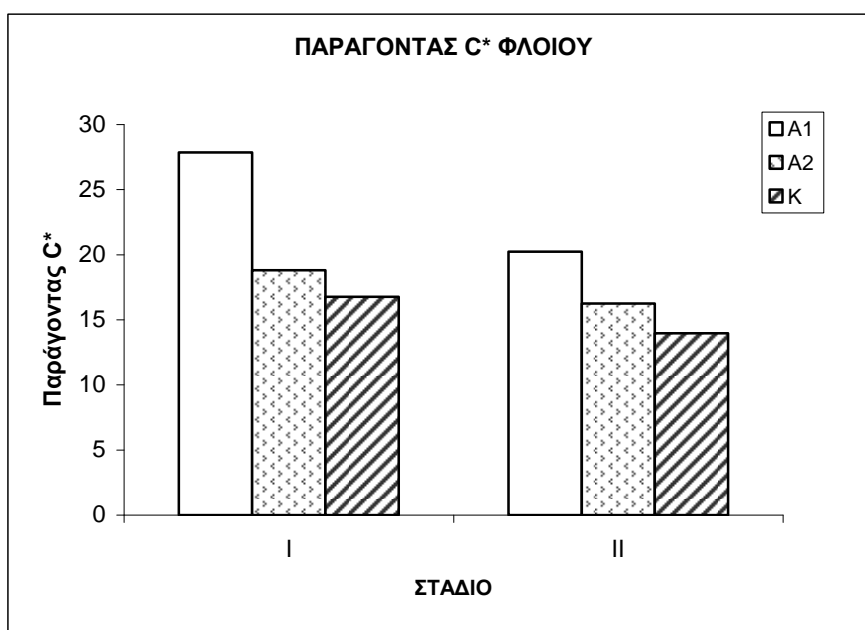
Σχήμα 24. Επίδραση του γενότυπου στον παράγοντα C* της εξωτερικής επιφάνειας καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), n = 3, $LSD_{(P=0.05)} = 2,38$.

Η σημαντική επίδραση της ποικιλίας ($P_{\text{γεν.}} = 0,0000$), στον παράγοντα C* καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 2 από μονοπαραγοντική ανάλυση). Οι διαφορές αυτές ήταν σημαντικές μεταξύ όλων των ζευγών, εκτός του ζεύγους A2 και K που δεν ήταν σημαντικές.

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται τιμές του παράγοντα C* από 1,6 έως 5,5 για ποικιλίες με κόκκινους καρπούς και 10,6 έως 26,4 για ποικιλίες με μαύρους καρπούς (Ozgen et al, 2009a).

3.4.6. ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ C* ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Κατά την ωρίμανση των καρπών παρατηρήθηκε μικρότερη μείωση των τιμών του παράγοντα C* για τους γενότυπους A2 και K με λευκούς και κόκκινους καρπούς (από 18,813 και 16,779 σε 16,245 και 13,971 αντίστοιχα) και μεγαλύτερη για το γενότυπο A1 (από 27,854 σε 20,249).



Σχήμα 25. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II: ώριμο) στον παράγοντα C* της εξωτερικής επιφάνειας καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), n = 3, $LSD_{(P=0.05)} = 1,94$.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 8 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς, σημαντική είναι η επίδραση του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0000$) και η επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,0000$) για όλα τα ζεύγη τιμών και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}} = 0,0026$).

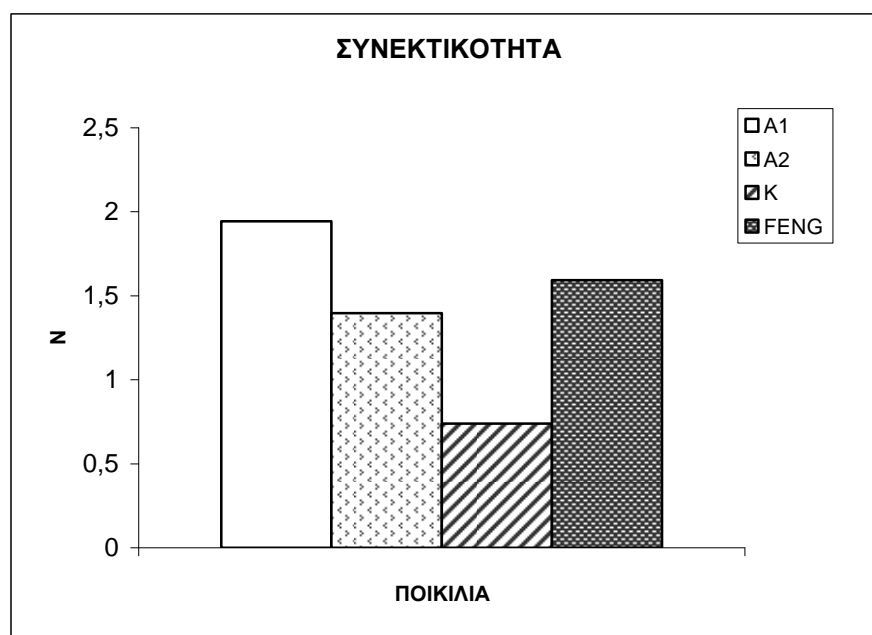
Πίνακας 8. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}}$) του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}}$) και της αλληλεπίδρασης αυτών ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$) στον παράγοντα C της εξωτερικής επιφάνειας καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ C*	$P_{\text{γεν.}}$	$P_{\text{σταδ.}}$	$P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0000	0,0000	0,0026

3.5. ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ.

3.5.1. ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Η συνεκτικότητα εκφρασμένη σε Newton κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής κυμάνθηκε σε υψηλότερες τιμές για τους γενότυπους A1 και A2 με λευκούς καρπούς (1,944N και 1,396N αντίστοιχα) και το υβρίδιο Fengchisang (1,592N) και σε χαμηλότερες για το γενότυπο K (0,739N).

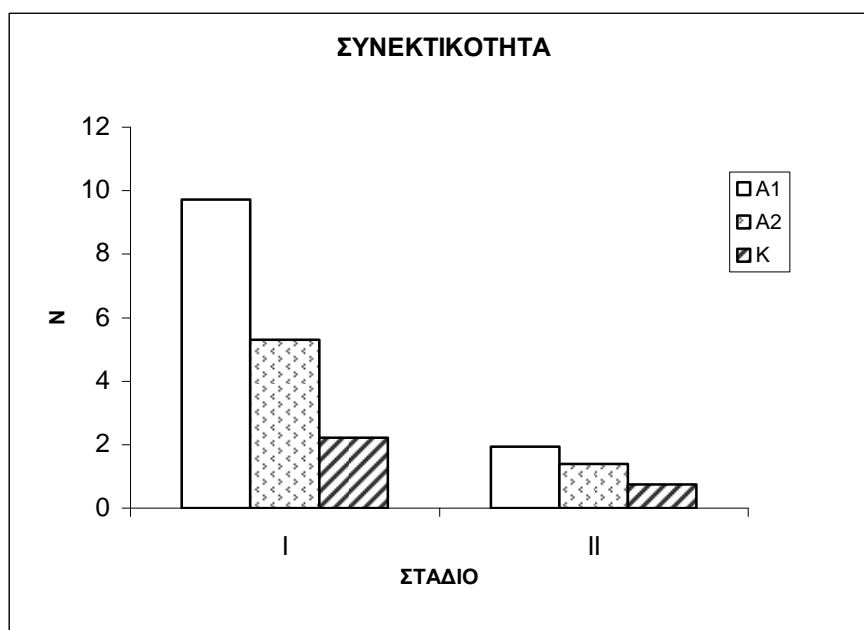


Σχήμα 26. Επίδραση του γενότυπου στη συνεκτικότητα καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 0,31$.

Η σημαντική επίδραση της ποικιλίας ($P_{\text{γεν.}} = 0,0002$), στη συνεκτικότητα καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 2 από μονοπαραγοντική ανάλυση). Οι διαφορές αυτές ήταν σημαντικές μεταξύ όλων των ζευγών, εκτός του ζεύγους A2 και Fengchisang που δεν ήταν σημαντικές.

3.5.2. ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Κατά την ωρίμανση των καρπών παρατηρήθηκε μείωση της συνεκτικότητας. Συγκεκριμένα η συνεκτικότητα για τους γενότυπους A1 και A2 μειώθηκε από 9,725N και 5,310N σε 1,944N και 1,396N, αντίστοιχα και για το γενότυπο K από 2,227N σε 0,739N.



Σχήμα 27. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II: ώριμο) στη συνεκτικότητα καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(p=0.05)} = 1,06$.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 9 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς, σημαντική είναι η επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,0000$) σε όλα τα ζεύγη τιμών και επίσης σημαντική είναι η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}} = 0,0000$). Η επίδραση του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0000$), ήταν σημαντική για όλα τα ζεύγη τιμών στο ανώριμο στάδιο και μόνο για το ζεύγος τιμών A1 και K στο ώριμο στάδιο συγκομιδής.

Στη βιβλιογραφία γίνεται αναφορά για μείωση της συνεκτικότητας από το ανώριμο στάδιο από 17, 16 και 25N σε 8, 7 και 15N κατά το ημιώριμο στάδιο και σε 4, 5 και 7N κατά το ώριμο στάδιο για ποικιλίες με μαύρους, ρόδιους και άσπρους καρπούς αντίστοιχα (Gerasopoulos and Stavroulakis, 1997). Οι τιμές αυτές είναι υψηλότερες από αυτές του παρόντος πειράματος, ωστόσο δείχνουν όπως και τα αποτελέσματα του παρόντος πειράματος ότι οι λευκοί καρποί είναι πιο συνεκτικοί από τους έγχρωμους σε όλα τα στάδια συγκομιδής, με εξαίρεση τους καρπούς του υβριδίου Fengchisang.

Πίνακας 9. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενότυπου, του σταδίου συγκομιδής και της αλληλεπίδρασης αυτών στη συνεκτικότητα καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

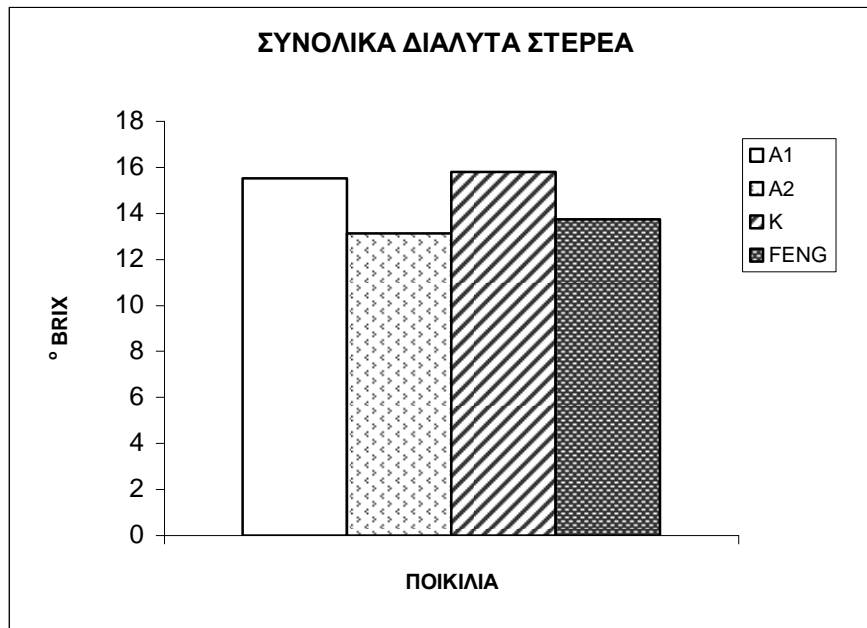
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	$P_{\text{γεν.}}$	$P_{\text{σταδ.}}$	$P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0000	0,0000	0,0000

3.6. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ, pH ΚΑΙ ΤΙΤΛΟΔΟΤΟΥΜΕΝΗ ΟΞΥΤΗΤΑ.

3.6.1. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Τα συνολικά διαλυτά στερεά κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής κυμάνθηκαν σε υψηλότερες τιμές για τους γενότυπους Α1 (15,533 °Brix) και Κ (15,800 °Brix) με λευκούς καρπούς και κόκκινους καρπούς αντίστοιχα και σε χαμηλότερες για το γενότυπο Α2 (13,133 °Brix) και το υβρίδιο Fengchisang (13,733 °Brix).

Η Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 2 από μονοπαραγοντική ανάλυση) έδειξε ότι η επίδραση της ποικιλίας ($P_{\text{γεν.}} = 0,1311$), στα συνολικά διαλυτά στερεά καρπών μουριάς κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής δεν ήταν σημαντική.

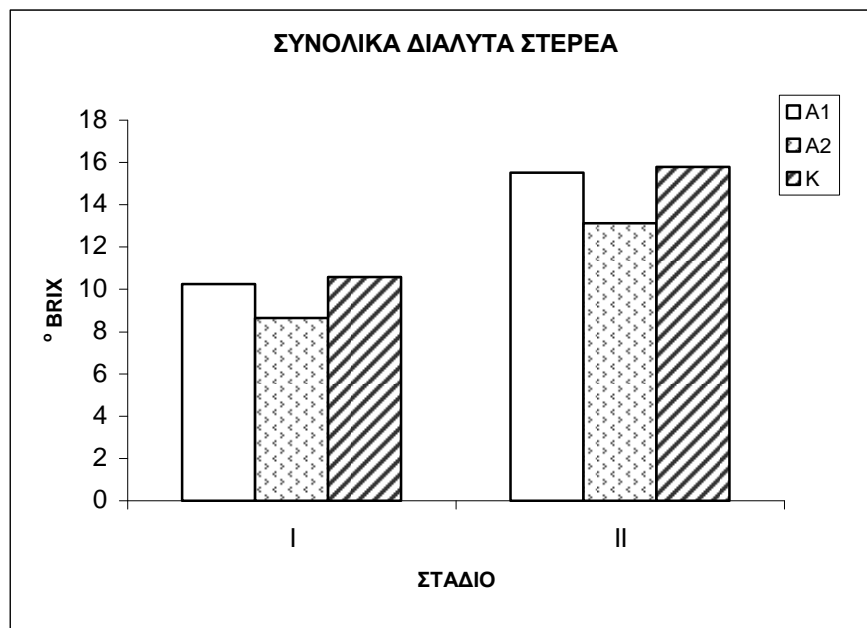


Σχήμα 28. Επίδραση του γενότυπου στα Συνολικά Διαλυτά Στερεά καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(p=0.05)} = 2,58$.

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές για συνολικά διαλυτά στερεά σε μαύρες (16,95 - 18,4 °Brix) και κόκκινες ποικιλίες (14,38 - 15,11 °Brix) από τους Ercisli et al (2010). Επίσης οι Ercisli and Orhan (2007) αναφέρουν μετρήσεις 15,9, 16,4 και 20,4 °Brix για κόκκινους, μαύρους και λευκούς καρπούς αντίστοιχα. Οι Ozgen et al (2009b), αναφέρουν υψηλότερες τιμές για τα διαλυτά στερεά, 18 - 23,9 °Brix και 20,3 - 31,9 °Brix για μαύρες και κόκκινες ποικιλίες αντίστοιχα.

3.6.2. ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Κατά την ωρίμανση των καρπών παρατηρήθηκε αύξηση των συνολικών διαλυτών στερεών, όπως και αναμενόταν. Συγκεκριμένα τα συνολικά διαλυτά στερεά για τους γενότυπους A1 και A2 αυξήθηκαν από 10,267 και 8,667 °Brix σε 15,533 και 13,133 °Brix αντίστοιχα. Επίσης και για το γενότυπο K αυξήθηκαν από 10,600 σε 15,800 °Brix.



Σχήμα 29. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II: ώριμο) στα Συνολικά Διαλυτά Στερεά καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 1,96$.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 10 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς, σημαντική είναι η επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,0000$) σε όλα τα ζεύγη τιμών. Η επίδραση του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0070$) ήταν σημαντική μόνο για το ώριμο στάδιο και για τα ζεύγη τιμών A1 και A2 και A2 και K. Η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}} = 0,7879$) δεν είχε σημαντική επίδραση.

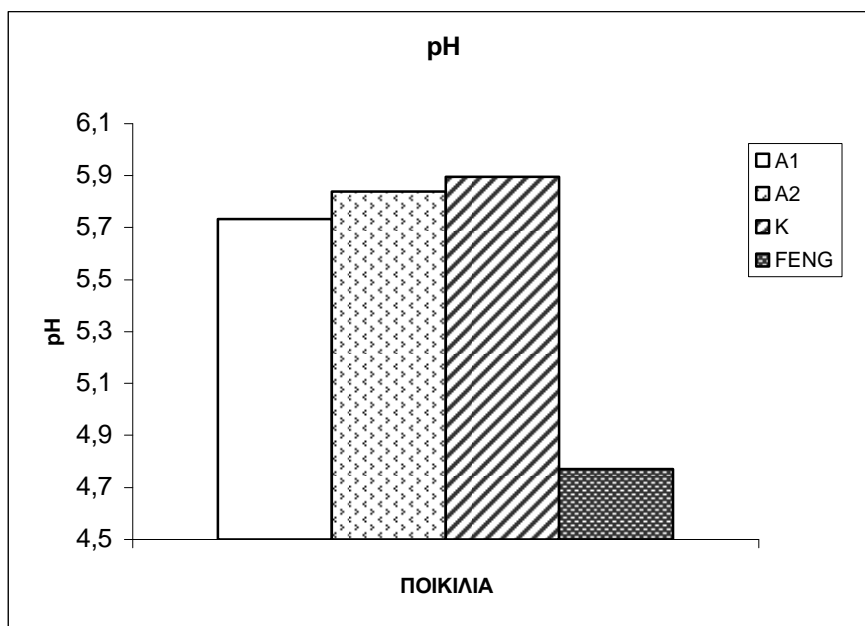
Πίνακας 10. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}}$), του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}}$) και της αλληλεπίδρασης αυτών ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$) στα Συνολικά Διαλυτά Στερεά καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	$P_{\text{γεν.}}$	$P_{\text{σταδ.}}$	$P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0070	0,0000	0,7879

Στη διεθνή βιβλιογραφία ελάχιστες αναφορές υπάρχουν για την πορεία των συνολικών διαλυτών στερεών κατά την ωρίμανση των καρπών. Οι Gegasoroulos and Stavrulakis (1997), αναφέρουν ότι σε ανώριμα φρούτα τα συνολικά διαλυτά στερεά κυμαίνονται σε παραπλήσια επίπεδα (10 °Brix) για όλες τις ποικιλίες ανεξαρτήτως χρωματισμού και κατά την ωρίμανση αυξάνονται κατά 0 έως 7% στο ημιώριμο στάδιο και κατά 3 έως 12 % στο ώριμο στάδιο.

3.6.3. pH ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Το pH κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής κυμάνθηκε σε υψηλότερες τιμές για τους γενότυπους A1 (5,733), A2 (5,840) και K (5,897) και σε χαμηλότερη για το υβρίδιο Fengchisang (4,77).



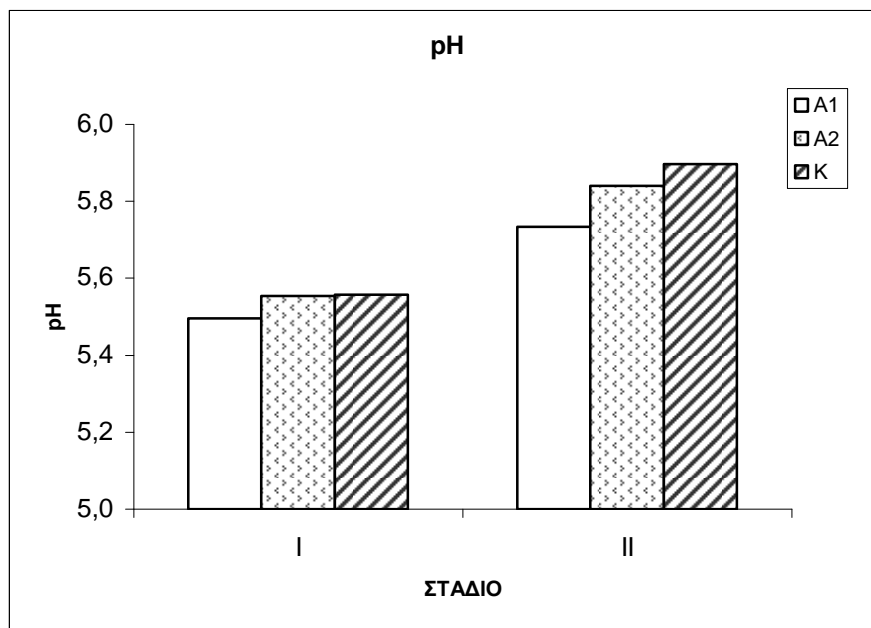
Σχήμα 30. Επίδραση του γενότυπου στο pH καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 0,34$.

Η σημαντική επίδραση της ποικιλίας ($P_{\text{γεν.}} = 0,0002$), στο pH καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 2 από μονοπαραγοντική ανάλυση). Οι διαφορές αυτές ήταν σημαντικές μεταξύ όλων των ζευγών, εκτός των ζευγών A1 και A2 και A2 και K που δεν ήταν σημαντικές.

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν λίγες αναφορές για μέτρηση του pH. Οι Ercisli and Orhan (2007), αναφέρουν τιμές 3,52, 4,04 και 5,60 για μαύρους, κόκκινους και άσπρους καρπούς, αντίστοιχα και οι Gerasopoulos and Stavrulakis (1997), 4,5 για κόκκινους καρπούς και 7,5 για άσπρους και μαύρους καρπούς.

3.6.4. pH ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Κατά την ωρίμανση των καρπών παρατηρήθηκε μικρή αύξηση των τιμών του pH. Συγκεκριμένα το pH για τους γενότυπους A1 και A2 αυξήθηκε από 5,497 και 5,553 σε 5,733 και 5,840 αντίστοιχα. Επίσης και για το γενότυπο K αυξήθηκε από 5,557 σε 5,897.



Σχήμα 31. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II:ώριμο) στο pH καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 0,04$.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 11 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς, σημαντική είναι η επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,0000$) σε όλα τα ζεύγη τιμών. Η επίδραση του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0000$) ήταν σημαντική για το ώριμο στάδιο για όλα τα ζεύγη τιμών και για το ανώριμο

στάδιο για όλα τα ζεύγη τιμών εκτός του ζεύγους A2 και K. Επίσης σημαντική ήταν και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{\gamma\epsilon\nu. \times \sigma\tau\alpha\delta.} = 0,0130$).

Πίνακας 11. Πίνακας πιθανοτήτων του γενότυπου ($P_{\gamma\epsilon\nu.}$), του σταδίου συγκομιδής ($P_{\sigma\tau\alpha\delta.}$) και της αλληλεπίδρασης αυτών ($P_{\gamma\epsilon\nu. \times \sigma\tau\alpha\delta.}$) στο pH καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

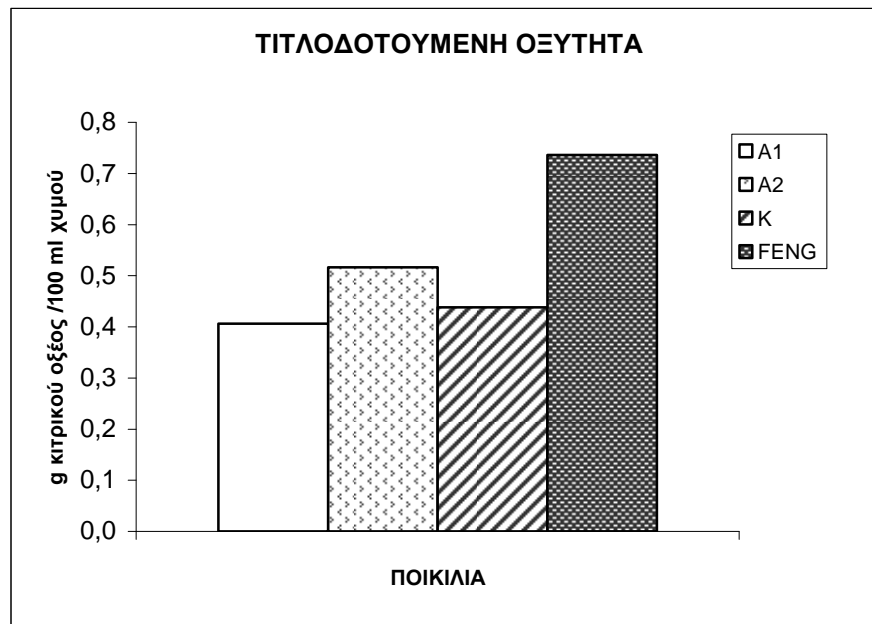
pH	$P_{\gamma\epsilon\nu.}$	$P_{\sigma\tau\alpha\delta.}$	$P_{\gamma\epsilon\nu. \times \sigma\tau\alpha\delta.}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0000	0,0000	0,0130

Στη διεθνή βιβλιογραφία ελάχιστες αναφορές υπάρχουν για την πορεία του pH κατά την ωρίμανση των καρπών. Οι Gerasopoulos and Stavroulakis (1997), αναφέρουν ότι σε κόκκινους καρπούς δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές κατά την ωρίμανση (4,5) και σε λευκούς, ρόδινους και μαύρους καρπούς κυμαίνονται αυξανόμενες από 6,8 έως 7,5 ανάλογα με το στάδιο ωριμότητας.

3.6.5. ΤΙΤΛΟΔΟΤΟΥΜΕΝΗ ΟΞΥΤΗΤΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής κυμάνθηκε σε υψηλότερες τιμές για το υβρίδιο Fengchisang (0,736), σε χαμηλότερες για το γενότυπο A2 (0,517) και ακόμη πιο χαμηλές για τους γενότυπους A1 (0,406) και K (0,438).

Η σημαντική επίδραση της ποικιλίας ($P_{\gamma\epsilon\nu.} = 0,0075$), στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 2 από μονοπαραγοντική ανάλυση). Οι διαφορές αυτές ήταν σημαντικές μόνο μεταξύ των ζευγών του υβριδίου Fengchisang και των γενότυπων A1, A2 και K.



Σχήμα 32. Επίδραση του γενότυπου στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(p=0.05)} = 0,10$.

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές για την τιτλοδοτούμενη οξύτητα. Οι Ercisli and Orhan (2007), αναφέρουν μετρήσεις 0,25, 1,37 και 1,40 % σε κίτρικό οξύ για άσπρους, κόκκινους και μαύρους καρπούς αντίστοιχα. Υψηλότερα επίπεδα αναφέρουν οι Ercisli et al. (2010) και οι Ozgen et al (2009a) με μετρήσεις από 1,54 -2,88 και 1,64 - 1,97 για μαύρους καρπούς και 0,36 -1,04 και 0,969 - 1,10 (% σε κίτρικό οξύ) για κόκκινους καρπούς αντίστοιχα. Υψηλές τιμές για την ογκομετρούμενη οξύτητα αναφέρουν και οι Ozgen et al (2009b) από 1,62 έως 2,88 % σε κίτρικό οξύ για ποικιλές με μαύρους καρπούς.

3.6.6. ΤΙΤΛΟΔΟΤΟΥΜΕΝΗ ΟΞΥΤΗΤΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Κατά την ωρίμανση των καρπών παρατηρήθηκε μείωση των τιμών της τιτλοδοτούμενης οξύτητας καρπών για τους γενότυπους A2 και K και μικρή αύξηση για το γενότυπο A1, που όμως δεν ήταν σημαντική. Συγκεκριμένα, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα μειώθηκε από 0,720 και 0,573 σε 0,517 και 0,438 για τους γενότυπους A2 και K αντίστοιχα και αυξήθηκε από 0,347 σε 0,406 για το γενότυπο A1.



Σχήμα 33. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II:ώριμο) στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 0,09$.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 12 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς, σημαντική είναι η επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,0023$) στα ζεύγη τιμών A2 και K στα δύο στάδια συγκομιδής. Η επίδραση του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0000$) ήταν σημαντική για το ανώριμο στάδιο για όλα τα ζεύγη τιμών και για το ώριμο στάδιο μόνο για το ζεύγος τιμών A1 και A2. Επίσης σημαντική ήταν και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{\text{γεν. x σταδ.}} = 0,0022$).

Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχουν αναφορές για τις μεταβολές της τιτλοδοτούμενης οξύτητας κατά την ωρίμανση καρπών μουριάς, ώστε να συγκριθούν με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης.

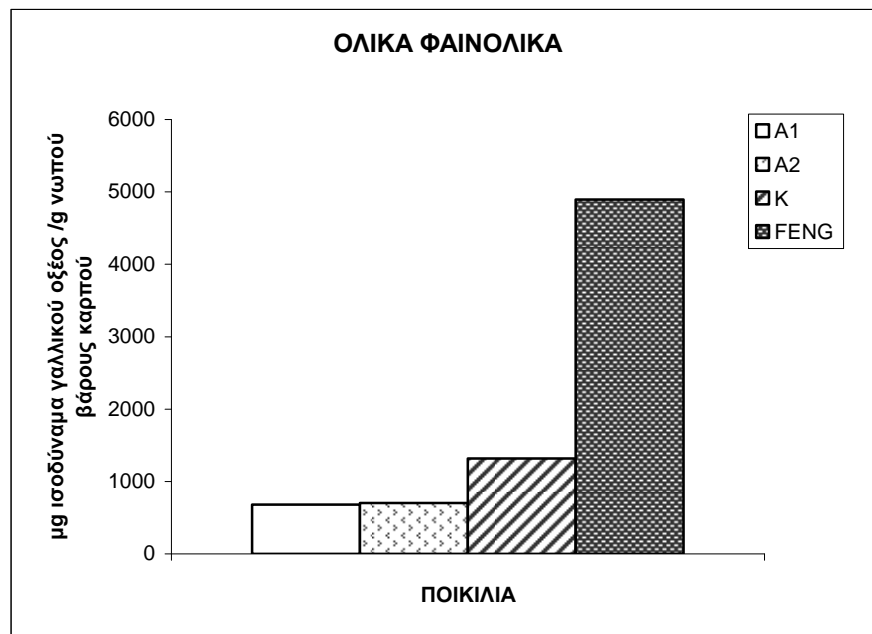
Πίνακας 12. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}}$), του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}}$) και της αλληλεπίδρασης αυτών ($P_{\text{γεν. x σταδ.}}$) στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

ΤΙΤΛΟΔ. ΟΞΥΤΗΤΑ	$P_{\text{γεν.}}$	$P_{\text{σταδ.}}$	$P_{\text{γεν. x σταδ.}}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0000	0,0023	0,0022

3.7. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ.

3.7.1. ΟΛΙΚΑ ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

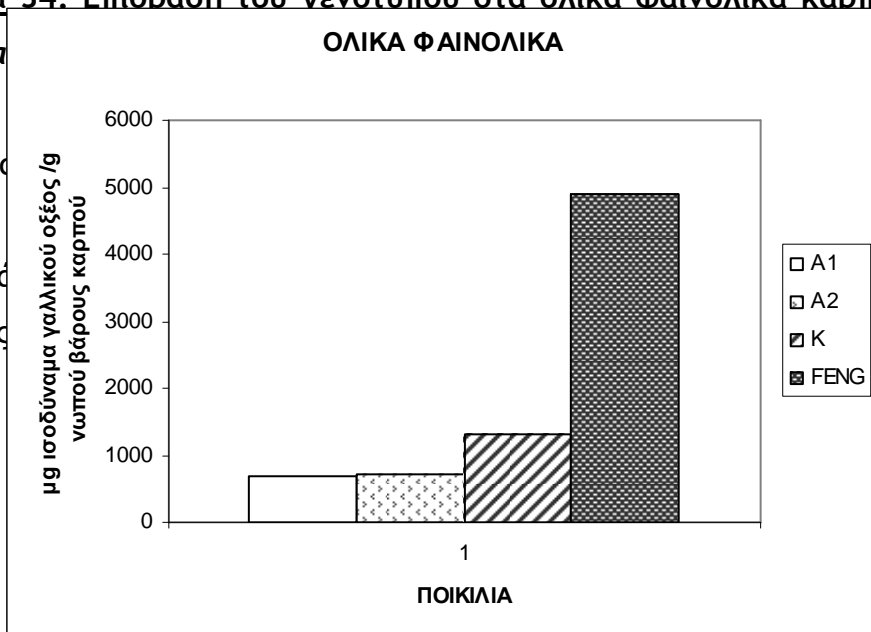
Οι συγκεντρώσεις των ολικών φαινολικών στο παρόν πείραμα ήταν υψηλές για τις έγχρωμες ποικιλίες και σε χαμηλότερα επίπεδα για τις ποικιλίες με λευκούς καρπούς. Συγκεκριμένα, τα ολικά φαινολικά σε ώριμους λευκούς καρπούς κυμάνθηκαν από τις χαμηλότερες τιμές των 682,37 και 701,629 μg ισοδύναμων γαλλικού οξέος /g νωπού βάρους καρπού (μg GAE/g f. w. καρπού) για τους γενότυπους A1 και A2 αντίστοιχα, μέχρι 1315,56 για τον K γενότυπο και μέχρι 4892,59 μg ισοδύναμων γαλλικού οξέος /g νωπού βάρους καρπού για το υβρίδιο Fengchisang.



Σχήμα 34. Επίδραση του γενότυπου στα ολικά φαινολικά καρπών μουριάς

(*Morus a*

Η σημα
καρπών
Διασπορά
διαφορές



φαινολικά των
ην Ανάλυση
κριμένα, οι
εξαίρεση το

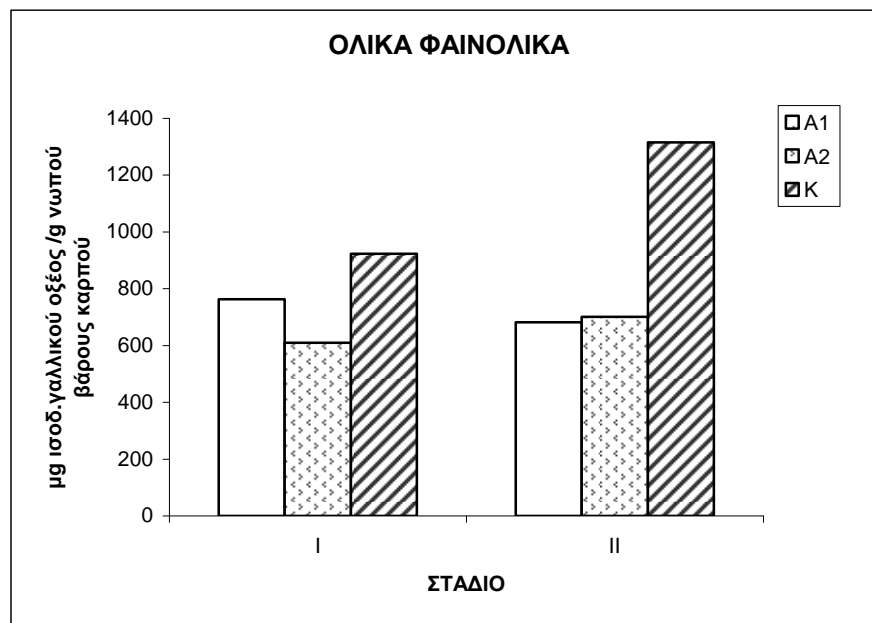
ζεύγος των A1 και A2 που αναφέρονται σε λευκούς καρπούς, στο οποίο οι διαφορές δεν ήταν σημαντικές.

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές για μετρήσεις ολικών φαινολικών σε ποικιλίες μουριάς με κόκκινους και μαύρους καρπούς και ελάχιστες σε λευκούς. Οι τιμές που βρέθηκαν στην παρούσα μελέτη όσον αφορά τους λευκούς καρπούς είναι χαμηλότερες της τιμής 1810 (μg GAE/g f. w. καρπού) που αναφέρουν οι Ercisli and Orhan (2007). Τα παρόντα αποτελέσματα για τον K γενότυπο είναι εντός των ορίων 1005-2388 μg GAE/g f. w. καρπού και χαμηλότερη της τιμής 1690 μg GAE/g f. w. καρπού που αναφέρουν οι Ozgen et al (2009a) και οι Ercisli et al (2010) αντίστοιχα. Οι Ercisli and Orhan (2007) μάλιστα, αναφέρουν συγκεντρώσεις ιδιαίτερα υψηλές 10350 μg GAE/g f. w. καρπού, που οφείλονται κύρια στην επίδραση του γενότυπου.

Όσον αφορά τους μαύρους καρπούς του υβριδίου Fengchisang οι τιμές στο παρόν πείραμα ήταν υψηλότερες των 2149 και 1766 - 3488 μg GAE/g f. w. καρπού που αναφέρουν οι Ercisli et al (2010) και Ozgen et al (2009a) αντίστοιχα και μικρότερες της 14220 μg GAE/g f. w. καρπού που αναφέρουν οι Ercisli and Orhan (2007). Τιμές από 2235 έως 2570 μg GAE/g f. w. καρπού αναφέρουν οι Bae and Suh (2007), χωρίς να γίνεται αναφορά στο χρωματισμό των καρπών.

3.7.2. ΟΛΙΚΑ ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Τα αποτελέσματα δεικνύουν ότι η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών αυξάνεται στα έγχρωμα μούρα, όπως αναμενόταν. Συγκεκριμένα, κατά την ωρίμανση στο παρόν πείραμα παρατηρήθηκε μείωση των ολικών φαινολικών για το γενότυπο A1 από 762,667 σε 682,37 μg ισοδύναμων γαλλικού οξέος /g νωπού βάρους καρπού (μg GAE/g f. w. καρπού), ενώ για τους άλλους δύο A2 και K αυξήθηκαν από 610,371 και 923,259 σε 701,629 και 1315,56 μg GAE/g f. w. καρπού αντίστοιχα.



Σχήμα 35. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II:ώριμο) στα ολικά φαινολικά καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 0,07$.

Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχουν συγκεκριμένες αναφορές για τις μεταβολές των ολικών φαινολικών κατά την ωρίμανση καρπών μουριάς, ώστε να συγκριθούν με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Σε κόκκινους καρπούς ωστόσο, η αύξηση των ολικών φαινολικών στο τελευταίο στάδιο ωρίμανσής τους φαίνεται να οφείλεται στην αυξημένη συσσώρευση ανθοκυανινών και φλαβονοειδών (Ercisli and Orhan, 2007).

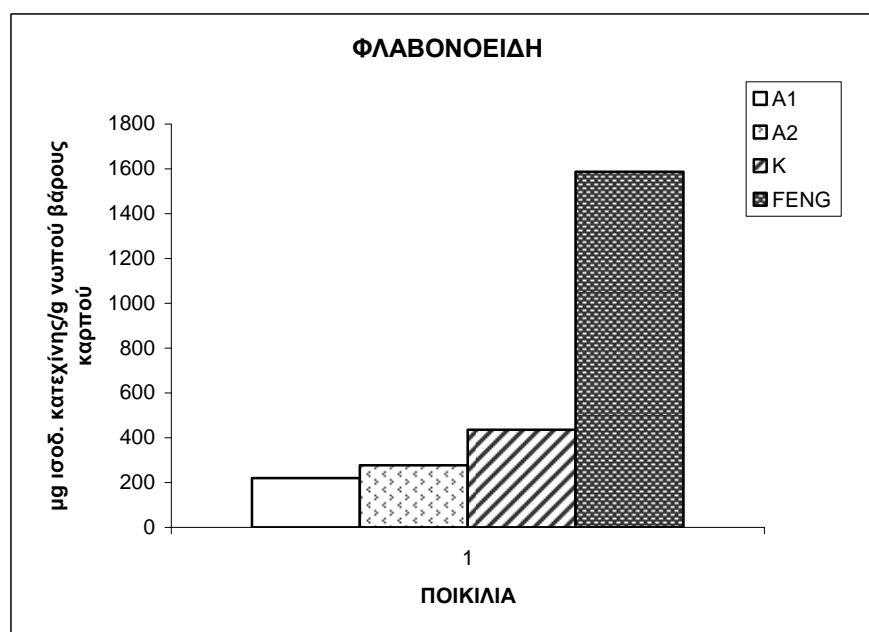
Πίνακας 13. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενότυπου ($P_{γεν.}$), του σταδίου συγκομιδής ($P_{σταδ.}$) και της αλληλεπίδρασης αυτών ($P_{γεν. \times σταδ.}$) στα ολικά φαινολικά καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

ΟΛΙΚΑ ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	$P_{γεν.}$	$P_{σταδ.}$	$P_{γεν. \times σταδ.}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0000	0,0102	0,0030

Όπως φαίνεται στον πίνακα 13 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς, σημαντική είναι η επίδραση του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0000$) σε όλα τα ζεύγη τιμών. Σημαντική είναι επίσης και η επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,0102$) και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}} = 0,0030$) στα ολικά φαινολικά των καρπών για όλα τα ζεύγη.

3.7.3. ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Οι συγκεντρώσεις των φλαβονοειδών στο παρόν πείραμα ήταν υψηλές για τις έγχρωμες ποικιλίες και σε χαμηλότερα επίπεδα για τις ποικιλίες με λευκούς καρπούς. Συγκεκριμένα, τα φλαβονοειδή σε ώριμους λευκούς καρπούς κυμάνθηκαν από τις χαμηλότερες τιμές των 220 και 276,774 μg ισοδύναμων κατεχίνης /g νωπού βάρους καρπού ($\mu\text{g CE/g f. w. καρπού}$) για τους γενότυπους A1 και A2 αντίστοιχα, μέχρι 436,129 για τον K γενότυπο και μέχρι 1587,53 μg ισοδύναμων κατεχίνης /g νωπού βάρους καρπού για το υβρίδιο Fengchisang.



Σχήμα 36. Επίδραση του γενότυπου στα φλαβονοειδή καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 95,56$.

Η σημαντική επίδραση του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0000$), στα φλαβονοειδή των καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση

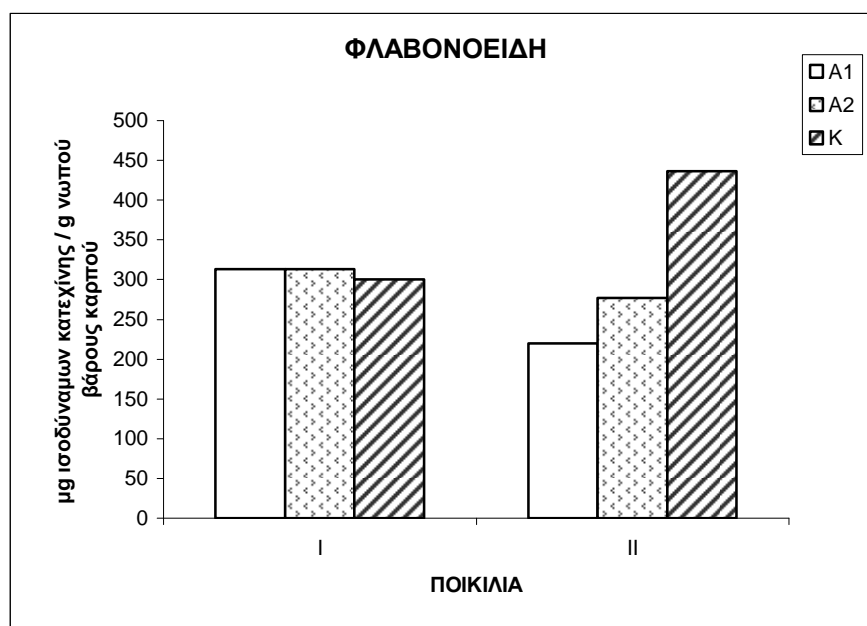
Διασποράς (Πίνακας 2 από μονοπαραγοντική ανάλυση). Συγκεκριμένα, οι διαφορές αυτές ήταν σημαντικές μεταξύ όλων των γενοτύπων, με εξαίρεση το ζεύγος των A1 και A2 που αναφέρονται σε λευκούς καρπούς, στο οποίο οι διαφορές δεν ήταν σημαντικές.

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν ελάχιστες αναφορές για μετρήσεις φλαβονοειδών σε ποικιλίες μουριάς. Οι τιμές που βρέθηκαν στην παρούσα μελέτη όσον αφορά τους λευκούς καρπούς είναι λίγο πιο χαμηλά της τιμής (296 $\mu\text{g CE/g f. w. καρπού}$) που αναφέρουν οι Ercisli and Orhan (2007). Τα παρόντα αποτελέσματα για τους κόκκινους καρπούς του γενότυπου και για τους μαύρους του υβριδίου Fengchisang είναι χαμηλότερα των τιμών 2190 και 2760 $\mu\text{g CE/g f. w. καρπού}$ που αναφέρουν οι Ercisli and Orhan (2007), για κόκκινους και μαύρους καρπούς αντίστοιχα.

Εξαιρετικά χαμηλές τιμές από 16,4 έως 65,4 $\mu\text{g CE/g f. w. καρπού}$ αναφέρουν οι Bae and Suh (2007), χωρίς να γίνεται αναφορά στο χρωματισμό των καρπών.

3.7.4. ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Τα αποτελέσματα δεικνύουν ότι η συγκέντρωση των φλαβονοειδών αυξάνεται στα έγχρωμα μούρα, όπως αναμενόταν. Συγκεκριμένα, κατά την ωρίμανση στο παρόν πείραμα παρατηρήθηκε μείωση των φλαβονοειδών για τους γενοτύπους A1 και A2 από 312,903 και 313,548 σε 220 και 276,774 μg ισοδύναμων κατεχίνης /g νωπού βάρους καρπού ($\mu\text{g CE/g f. w. καρπού}$) αντίστοιχα, ενώ για το γενότυπο K αυξήθηκαν από 300 σε 436,129 $\mu\text{g CE/g f. w. καρπού}$.



Σχήμα 37. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II: ώριμο) στα φλαβονοειδή καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 0,12$.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 14 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς, σημαντική είναι η επίδραση του γενότυπου ($P_{γεν.} = 0,0163$) σε όλα τα ζεύγη με εξαίρεση το ζεύγος των γενότυπων A1 και A2 με λευκούς καρπούς στο ανώριμο στάδιο συγκομιδής, στο οποίο οι διαφορές δεν ήταν σημαντικές. Σημαντική είναι επίσης και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{γεν. \times σταδ.} = 0,0071$) στα ολικά φαινολικά των καρπών. Όσον αφορά την επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{σταδ.} = 0,9325$) δεν ήταν σημαντική.

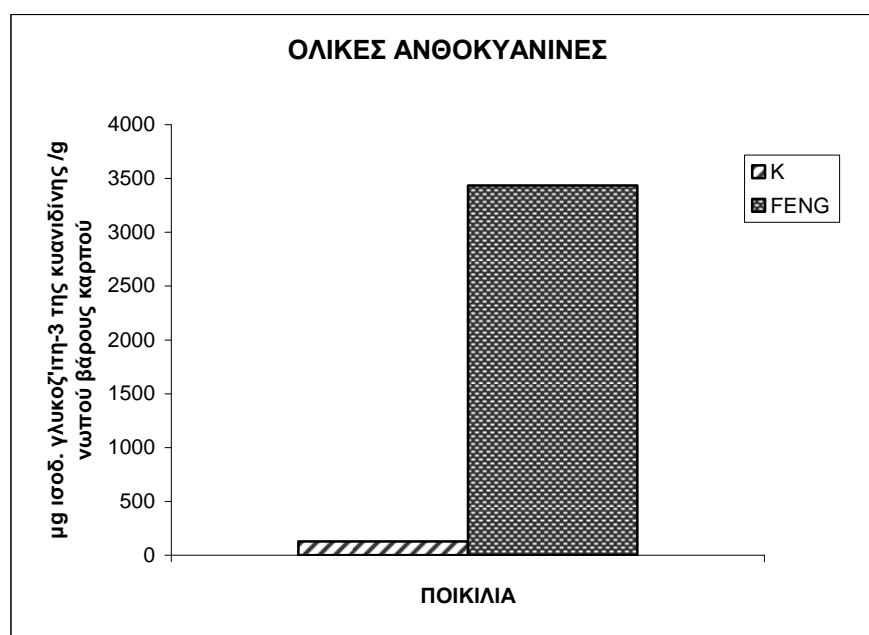
Πίνακας 14. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενότυπου ($P_{γεν.}$), του σταδίου συγκομιδής ($P_{σταδ.}$) και της αλληλεπίδρασης αυτών ($P_{γεν. \times σταδ.}$) στα φλαβονοειδή καρπών μουριάς (*Morus alba* L.),

ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	$P_{γεν.}$	$P_{σταδ.}$	$P_{γεν. \times σταδ.}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0163	0,9325	0,0071

Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχουν συγκεκριμένες αναφορές για τις μεταβολές των φλαβονοειδών κατά την ωρίμανση καρπών μουριάς, ώστε να συγκριθούν με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Σε κόκκινους καρπούς ωστόσο, αναφέρεται αυξημένη συσσώρευση φλαβονοειδών στο τελευταίο στάδιο ωρίμανσής τους (Ercisli and Orhan, 2007).

3.7.5. ΟΛΙΚΕΣ ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Οι συγκεντρώσεις των ολικών ανθοκυανινών στο παρόν πείραμα ήταν υψηλές για τις έγχρωμες ποικιλίες και σε μη ανιχνεύσιμα επίπεδα για τις ποικιλίες με λευκούς καρπούς. Συγκεκριμένα στο ώριμο στάδιο συγκομιδής, για το γενότυπο K με κόκκινους καρπούς οι ολικές ανθοκυανίνες κυμάνθηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα (127,09 μg γλυκοζίτη-3 της κυανιδίνης /g νωπού βάρους καρπών) από τους μαύρους καρπούς του υβριδίου Fengchisang (3433,62 μg γλυκοζίτη-3 της κυανιδίνης /g νωπού βάρους καρπών).



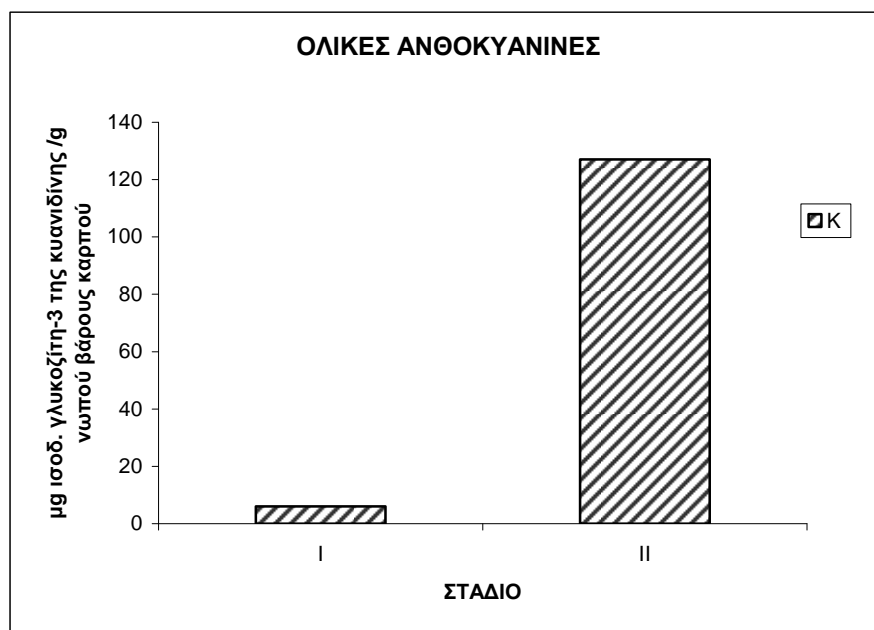
Σχήμα 38. Επίδραση του γενότυπου στις ολικές ανθοκυανίνες καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), n = 3, $LSD_{(P=0.05)} = 490,4$.

Η σημαντική επίδραση του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0001$) στις ολικές ανθοκυανίνες των καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 2 από μονοπαραγοντική ανάλυση).

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές για μετρήσεις ολικών ανθοκυανινών σε ποικιλίες μουριάς με κόκκινους και μαύρους καρπούς. Οι τιμές που βρέθηκαν στην παρούσα μελέτη όσον αφορά τους κόκκινους καρπούς είναι εντός των ορίων που αναφέρουν οι Ercisli et al (2010), από 81 έως 132 μg γλυκοζίτη-3 της κυανιδίνης /g νωπού βάρους καρπών (μg cy-3-glu /g f. w. καρπού) και οι Ozgen et al (2009a) από 3 έως 200 μg cy-3-glu /g f. w. καρπών. Όσον αφορά τους μαύρους καρπούς του υβριδίου Fengchisang οι τιμές στο παρόν πείραμα ήταν υψηλότερες των 693 -787 και 308 - 830 μg cy-3-glu /g f. w. καρπού που αναφέρουν οι Ercisli et al (2010) και Ozgen et al (2009a) αντίστοιχα και υψηλότερες των ορίων 190 - 3290 μg /g και 1221 - 2057 μg γλυκοζίτη-3 της μαλβιδίνης /g νωπού βάρους καρπών που αναφέρουν οι Park et al (1997) και οι Bae and Suh (2007), αντίστοιχα.

3.7.6. ΟΛΙΚΕΣ ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ.

Κατά την ωρίμανση, παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης των ολικών ανθοκυανινών στα κόκκινα μούρα του γενότυπου K, όπως αναμενόταν. Συγκεκριμένα, οι ολικές ανθοκυανίνες που κυμάνθηκαν στο ανώριμο στάδιο συγκομιδής σε χαμηλά επίπεδα 6,012 μg γλυκοζίτη-3 της κυανιδίνης /g νωπού βάρους καρπών (μg cy-3-glu /g f.w. καρπού), αυξήθηκαν κατά την ωρίμανση σε 127,09 μg γλυκοζίτη-3 της κυανιδίνης /g νωπού βάρους καρπών.



Σχήμα 39. Επίδραση του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II: ώριμο) στις ολικές ανθοκυανίνες καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(p=0.05)} = 39,77$.

Η σημαντική επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,0014$) στις ολικές ανθοκυανίνες των καρπών επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 15 από μονοπαραγοντική ανάλυση).

Πίνακας 15. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}}$) στις ολικές ανθοκυανίνες καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

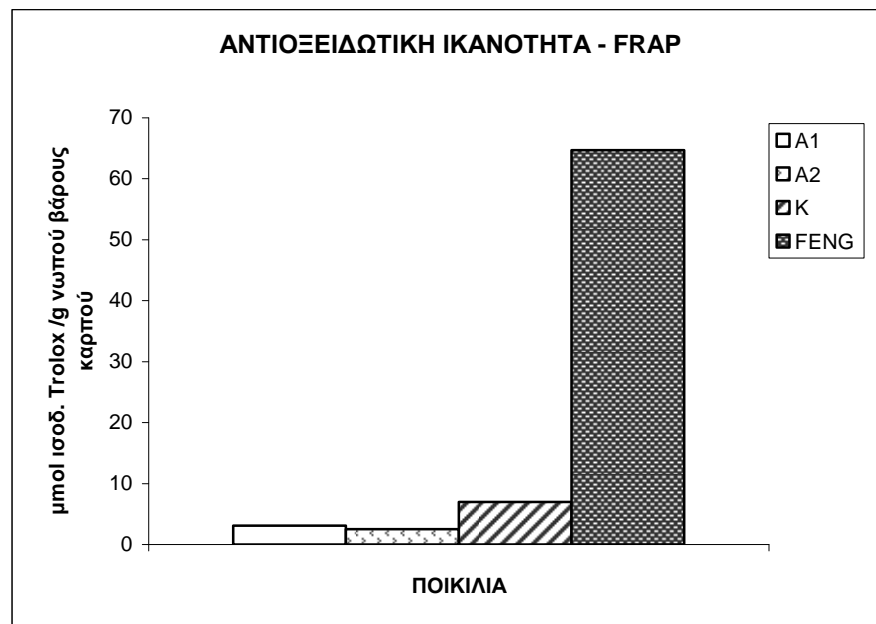
ΟΛΙΚΕΣ ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	$P_{\text{σταδ.}}$
ΜΟΝΟΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0014

Στη διεθνή βιβλιογραφία η πλειονότητα των αποτελεσμάτων αναφέρεται σε ώριμα φρούτα. Για την πορεία τους κατά την ωρίμανση, αναφορά γίνεται μόνο από τους Gerasopoulos and Stavroulakis (1997) για μεγάλη συσσώρευση ανθοκυανινών στο τελευταίο στάδιο ωρίμανσης σε μαύρους καρπούς μουριάς.

3.7.7. ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ.

3.7.7.1. ΜΕΘΟΔΟΣ - FRAP ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Οι μετρήσεις για την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα στο παρόν πείραμα ήταν υψηλές για τις έγχρωμες ποικιλίες και σε χαμηλότερα επίπεδα για τις ποικιλίες με λευκούς καρπούς. Συγκεκριμένα, η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα σε ώριμους λευκούς καρπούς κυμάνθησαν από τις χαμηλότερες τιμές των 3,124 και 2,522 μmol ισοδύναμων trolox ανά g νωπού βάρους καρπού ($\mu\text{mol TE/g f.w.}$ καρπού) για τους γενότυπους A1 και A2 αντίστοιχα, μέχρι 6,960 για τον K γενότυπο και μέχρι 64,639 μmol ισοδύναμων trolox ανά g νωπού βάρους καρπού για το υβρίδιο Fengchisang.



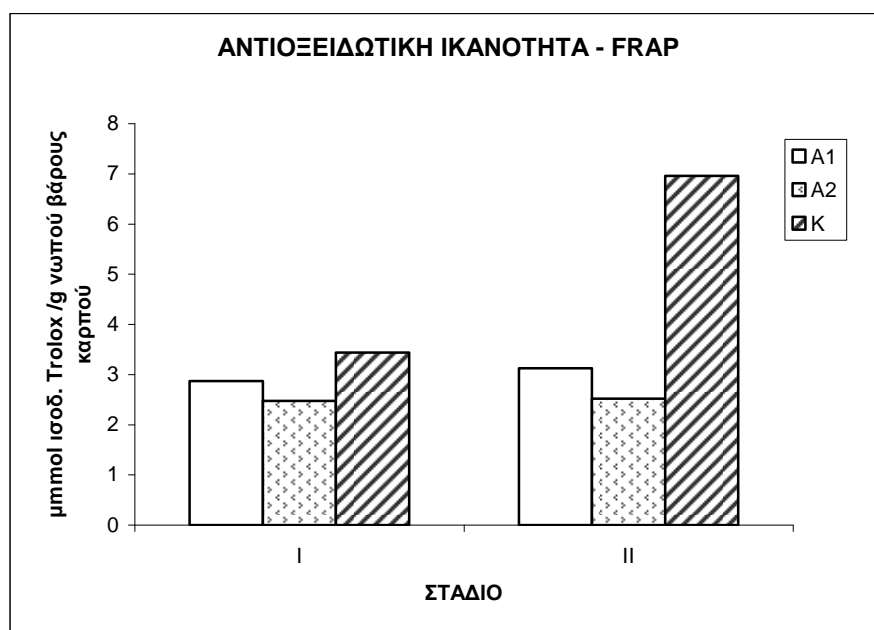
Σχήμα 40. Επίδραση του γενότυπου στην αντιοξειδωτική ικανότητα - FRAP καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 3,93$.

Η σημαντική επίδραση της ποικιλίας ($P_{\text{γεν.}} = 0,0000$), στην ολική αντιοξειδωτική ικανότητα καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 2 από μονοπαραγοντική ανάλυση). Συγκεκριμένα, οι διαφορές αυτές ήταν σημαντικές μεταξύ του υβριδίου Fengchisang και όλων των υπόλοιπων γενοτύπων και των γενότυπων K και A2 με κόκκινους και λευκούς καρπούς αντίστοιχα.

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές για μετρήσεις της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας σε ποικιλίες μουριάς με κόκκινους και μαύρους καρπούς. Οι τιμές που βρέθηκαν στην παρούσα μελέτη όσον αφορά τους κόκκινους καρπούς του K γενότυπου είναι εντός των ορίων 3,7 - 7,7 και 4,93 - 8,12 $\mu\text{mol TE/g f.w.}$ που αναφέρουν οι Ozgen et al. (2009a) και οι Ercisli et al (2010), αντίστοιχα. Όσον αφορά τους μαύρους καρπούς του υβριδίου Fengchisang οι τιμές στο παρόν πείραμα ήταν υψηλότερες των 13,10-14,11 και 7,3-16,4 $\mu\text{mol TE/g f.w.}$ καρπού που αναφέρουν οι Ercisli et al (2010) και Ozgen et al (2009a) αντίστοιχα.

3.7.7.2. ΜΕΘΟΔΟΣ - FRAP ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Τα αποτελέσματα δεικνύουν ότι η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα αυξάνεται για όλους τους γενότυπους. Συγκεκριμένα, κατά την ωρίμανση στο παρόν πείραμα παρατηρήθηκε μικρότερη αύξηση για τους γενότυπους A1 και A2 από 2,873 και 2,476 σε 3,124 και 2,522 $\mu\text{mol TE/g f.w.}$ και μεγαλύτερη για το γενότυπο K από 3,438 σε 6,960 $\mu\text{mol TE/g f.w.}$



Σχήμα 41. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II:ώριμο) στην αντιοξειδωτική ικανότητα - FRAP καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 1,67$.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 16 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς, σημαντική είναι η επίδραση του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0007$) μόνο στο ώριμο στάδιο συγκομιδής και για τα ζεύγη τιμών του γενότυπου K με τους γενότυπους A1 και A2. Σημαντική είναι επίσης και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}} = 0,0125$) στην ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών, ενώ η επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,0140$) ήταν σημαντική μόνο για το γενότυπο K με κόκκινους καρπούς.

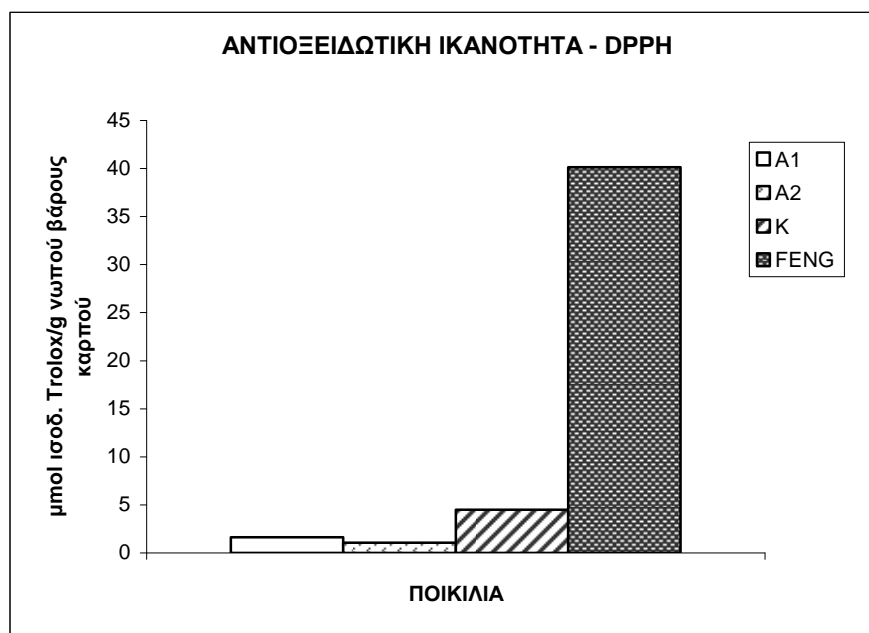
Πίνακας 16. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}}$), του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}}$) και της αλληλεπίδρασης αυτών ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$) στην αντιοξειδωτική ικανότητα - FRAP καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ - FRAP	$P_{\text{γεν.}}$	$P_{\text{σταδ.}}$	$P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0007	0,0140	0,0125

Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχουν συγκεκριμένες αναφορές για τις μεταβολές της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας κατά την ωρίμανση καρπών μουριάς, ώστε να συγκριθούν με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης.

3.7.7.3. ΜΕΘΟΔΟΣ - DPPH ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Οι μετρήσεις για την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα με τη μέθοδο DPPH όπως και με την προηγούμενη μέθοδο στο παρόν πείραμα ήταν υψηλές για τις έγχρωμες ποικιλίες και σε χαμηλότερα επίπεδα για τις ποικιλίες με λευκούς καρπούς. Συγκεκριμένα, η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα σε ώριμους λευκούς καρπούς κυμάνθηκαν από τις χαμηλότερες τιμές των 1,622 και 1,058 μmol ισοδύναμων trolox ανά g νωπού βάρους καρπού ($\mu\text{mol TE/g f.w.}$ καρπού) για τους γενότυπους A1 και A2 αντίστοιχα, μέχρι 4,502 για τον K γενότυπο και μέχρι 40,125 μmol ισοδύναμων trolox ανά g νωπού βάρους καρπού για το υβρίδιο Fengchisang.



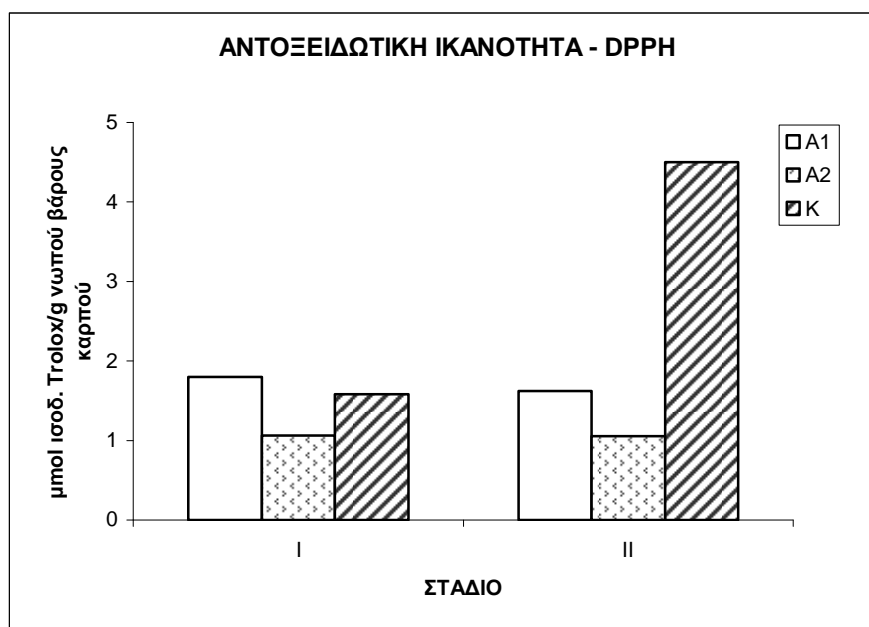
Σχήμα 42. Επίδραση του γενότυπου στην αντιοξειδωτική ικανότητα - DPPH καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), n = 3, $LSD_{(P=0.05)} = 6,96$.

Η σημαντική επίδραση του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0000$), στην ολική αντιοξειδωτική ικανότητα καρπών κατά το ώριμο στάδιο συγκομιδής επιβεβαιώθηκε από την Ανάλυση Διασποράς (Πίνακας 2 από μονοπαραγοντική ανάλυση). Συγκεκριμένα, οι διαφορές αυτές ήταν σημαντικές μόνο μεταξύ του υβριδίου Fengchisang και όλων των υπόλοιπων γενότυπων.

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν ελάχιστες αναφορές για μετρήσεις της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας με τη μέθοδο DPPH σε ποικιλίες μουριάς με κόκκινους και μαύρους καρπούς. Οι τιμές που βρέθηκαν στην παρούσα μελέτη όσον αφορά τους κόκκινους καρπούς του K γενότυπου είναι χαμηλότερες των ορίων 9,22 - 12,15 $\mu\text{mol TE/g f.w.}$ και όσον αφορά τους μαύρους καρπούς του υβριδίου Fengchisang οι τιμές στο παρόν πείραμα ήταν υψηλότερες των 16,22 - 21,17 $\mu\text{mol TE/g f.w.}$ καρπού που αναφέρουν οι Ercisli et al (2010).

3.7.7.4. ΜΕΘΟΔΟΣ - DPPH ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΝΟΤΥΠΟ.

Τα αποτελέσματα δεικνύουν ότι η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα με τη μέθοδο DPPH μειώνεται για τους λευκούς γενότυπους και αυξάνεται για το γενότυπο K με κόκκινους καρπούς. Συγκεκριμένα, κατά την ωρίμανση στο παρόν πείραμα παρατηρήθηκε μείωση της αντιοξειδωτικής ικανότητας από 1,800 σε 1,622 $\mu\text{mol TE/g f.w.}$ για το γενότυπο A1 και μικρότερη από 1,068 σε 1,058 $\mu\text{mol TE/g f.w.}$ για το γενότυπο A2. Για το γενότυπο K παρατηρήθηκε αύξηση της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας από 1,578 σε 4,502 $\mu\text{mol TE/g f.w.}$, όπως και αναμενόταν.



Σχήμα 43. Επίδραση του γενότυπου και του σταδίου συγκομιδής (I: ανώριμο, II: ώριμο) στην αντιοξειδωτική ικανότητα - DPPH καρπών μουριάς (*Morus alba* L.), $n = 3$, $LSD_{(P=0.05)} = 0,99$.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 17 και όπως προέκυψε από τη διπαραγοντική Ανάλυση της Διασποράς, σημαντική είναι η επίδραση του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}} = 0,0002$) μόνο στο ώριμο στάδιο συγκομιδής και για τα ζεύγη τιμών του γενότυπου K με τους γενότυπους A1 και A2. Σημαντική είναι επίσης και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}} = 0,0006$) στην ολική

αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών, ενώ η επίδραση του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}} = 0,0044$) ήταν σημαντική μόνο για το γενότυπο K με κόκκινους καρπούς.

Πίνακας 17. Πίνακας πιθανοτήτων επίδρασης του γενότυπου ($P_{\text{γεν.}}$), του σταδίου συγκομιδής ($P_{\text{σταδ.}}$) και της αλληλεπίδρασης αυτών ($P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$) στην αντιοξειδωτική ικανότητα - DPPH καρπών μουριάς (*Morus alba* L.).

ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ - DPPH	$P_{\text{γεν.}}$	$P_{\text{σταδ.}}$	$P_{\text{γεν.} \times \text{σταδ.}}$
ΔΙΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	0,0002	0,0044	0,0006

3.8. ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ.

Πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις συσχέτισης μεταξύ όλων των παραμέτρων που μελετήθηκαν. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική πιθανότητα συσχέτισης μεταξύ των παραμέτρων σε όλες τις αναλύσεις συσχέτισης (Πίνακας 17). Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν σημαντικές ($P=0.0000$) θετικές γραμμικές συσχετίσεις με υψηλό συντελεστή συσχέτισης μεταξύ των ολικών φαινολικών και των φλαβονοειδών ($r = 0.9826$), των ανθοκυανινών (0.9934), της FRAP (0.9881) και της DPPH (0.9923). Επίσης, σημαντικές, θετικές γραμμικές συσχετίσεις και με υψηλούς συντελεστές συσχέτισης παρατηρήθηκαν μεταξύ των ολικών φλαβονοειδών και των: ολικών ανθοκυανινών, FRAP και DPPH, καθώς και μεταξύ της FRAP και της DPPH.

Επίσης, παρατηρήθηκαν σημαντικές θετικές γραμμικές συσχετίσεις, αλλά με χαμηλούς συντελεστές συσχέτισης, μεταξύ της αναπνοής και του L^* και Hue angle, μεταξύ του αιθυλενίου και L^* , C^* , Hue angle, τιτλοδοτούμενης οξύτητας, ολικών φαινολικών, φλαβονοειδών, DPPH και FRAP. Η αναπνοή έδειξε σημαντική συσχέτιση με τα διαλυτά στερεά, αλλά με χαμηλό και αρνητικό συντελεστή συσχέτισης (-0,4596).

Ο παράγοντας L^* είχε θετική σημαντική συσχέτιση με το pH και αρνητική σημαντική συσχέτιση με τα συνολικά διαλυτά στερεά, τα ολικά φαινολικά, τα φλαβονοειδή, τις ανθοκυανίνες και τις μεθόδους DPPH και FRAP. Ο παράγοντας

Hue angle του χρώματος είχε θετική σημαντική συσχέτιση με τον παράγοντα C* και τη συνεκτικότητα. Ο παράγοντας C* είχε σημαντική θετική συσχέτιση με το pH και τη συνεκτικότητα και αρνητική σημαντική συσχέτιση με την τιτλοδοτούμενη οξύτητα, τα ολικά φαινολικά, τα φλαβονοειδή, τις ανθοκυανίνες (με υψηλό συντελεστή συσχέτισης) και τις μεθόδους DPPH και FRAP. Η συνεκτικότητα είχε σημαντική αρνητική συσχέτιση μόνο με τα συνολικά διαλυτά στερεά. Σημαντική αρνητική συσχέτιση υπήρχε μεταξύ του pH και της τιτλοδοτούμενης οξύτητας, ολικών φαινολικών, φλαβονοειδών, DPPH και FRAP, ενώ σημαντική θετική συσχέτιση υπήρχε μεταξύ της τιτλοδοτούμενης οξύτητας και των ολικών φαινολικών, φλαβονοειδών, DPPH και FRAP.

Σημαντική ήταν και η συσχέτιση μεταξύ του βάρους των καρπών και της συνεκτικότητάς τους ($P= 0.0000$) με αρνητικό συντελεστή ($r= -0.8090$), και των παραμέτρων του χρώματος μεταξύ τους. Ο παράγοντας L* είχε θετική σημαντική συσχέτιση με το pH και αρνητική σημαντική συσχέτιση με τα συνολικά διαλυτά στερεά, τα ολικά φαινολικά, τα φλαβονοειδή, τις ανθοκυανίνες και τις μεθόδους DPPH και FRAP. Ο παράγοντας C* είχε σημαντική θετική συσχέτιση με το pH και τη συνεκτικότητα και αρνητική σημαντική συσχέτιση με την τιτλοδοτούμενη οξύτητα, τα ολικά φαινολικά, τα φλαβονοειδή, τις ανθοκυανίνες (με υψηλό συντελεστή συσχέτισης) και τις μεθόδους DPPH και FRAP. Η συνεκτικότητα είχε σημαντική αρνητική συσχέτιση με το βάρος και τα συνολικά διαλυτά στερεά, όπως αναμενόταν και σημαντική θετική συσχέτιση με τις παραμέτρους Hue angle και C* του χρώματος. Η αύξηση των διαλυτών και η μείωση της συνεκτικότητας είναι διεργασίες χαρακτηριστικές της ωρίμανσης των φρούτων. Σημαντική αρνητική συσχέτιση υπήρχε μεταξύ του pH και της τιτλοδοτούμενης οξύτητας, ολικών φαινολικών, φλαβονοειδών, DPPH και FRAP, ενώ σημαντική θετική συσχέτιση υπήρχε μεταξύ της τιτλοδοτούμενης οξύτητας και των ολικών φαινολικών, φλαβονοειδών, DPPH και FRAP.

Πίνακας 17. Αναλύσεις συσχετίσεων κατά Pearson (Pearson Correlation Analysis), μεταξύ παραμέτρων που μελετήθηκαν σε καρπούς μουριάς (*Morus alba* L.).

ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ		<i>P</i>	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ (<i>r</i>)	ΤΥΠΟΣ
ΑΝΑΠΝΟΗ	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	0,6127	0,1173	ΑΝΑΠΝΟΗ=90,8298+0,07745*ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ
ΑΝΑΠΝΟΗ	ΒΑΡΟΣ	0,9609	0,0114	ΑΝΑΠΝΟΗ= 92,9475 + 0,00914773*ΒΑΡΟΣ
ΑΝΑΠΝΟΗ	L*	0,0195	0,5051	ΑΝΑΠΝΟΗ= 78,8524 + 0,278332*L*
ΑΝΑΠΝΟΗ	HUE ANGLE	0,0206	0,5012	ΑΝΑΠΝΟΗ=79,5746 + 0,167124*HUE ANGLE
ΑΝΑΠΝΟΗ	C*	0,5831	0,1270	ΑΝΑΠΝΟΗ=90,6651 + 0,15999*C*
ΑΝΑΠΝΟΗ	ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	0,4400	0,1781	ΑΝΑΠΝΟΗ=91,4288 + 0,56778*ΣΥΝΕΚΤΙΚ.
ΑΝΑΠΝΟΗ	ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	0,0361	-0,4596	ΑΝΑΠΝΟΗ=113,458 - 1,60925*ΔΙΑΛ. ΣΤΕΡΕΑ
ΑΝΑΠΝΟΗ	pH	0,6577	-0,1027	ΑΝΑΠΝΟΗ=108,118 - 2,6721*pH
ΑΝΑΠΝΟΗ	ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	0,1377	0,3350	ΑΝΑΠΝΟΗ=82,2532 + 20,6736*ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤ.
ΑΝΑΠΝΟΗ	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	0,5045	-0,1542	ΑΝΑΠΝΟΗ=94,7263 - 0,203502*ΟΛ.ΦΑΙΝΟΛ.
ΑΝΑΠΝΟΗ	ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	0,6690	-0,0991	ΑΝΑΠΝΟΗ=94,3184 - 1,04536*ΦΛΑΒΟΝ.
ΑΝΑΠΝΟΗ	ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	0,3065	0,3848	ΑΝΑΠΝΟΗ=85,8246+0,00172357*ΑΝΘΟΚ.
ΑΝΑΠΝΟΗ	DRPH	0,5729	-0,1305	ΑΝΑΠΝΟΗ=93,9659 - 0,0915702*DRPH
ΑΝΑΠΝΟΗ	FRAP	0,6871	-0,0934	ΑΝΑΠΝΟΗ=93,8001 - 0,0415628*FRAP
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	ΒΑΡΟΣ	0,2541	-0,2605	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ=43,566 - 0,316528*ΒΑΡΟΣ
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	L*	0,0220	0,4966	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ=10,2586 + 0,414365*L*
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	HUE ANGLE	0,0254	0,4864	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ=11,601 + 0,245548*HUE ANGLE
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	C*	0,0028	0,6186	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ=12,4099 + 1,17934*C*
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	0,1693	0,3115	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ=26,8239 + 1,50389*ΣΥΝΕΚΤ.
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	0,5582	-0,1355	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ=40,7541 - 0,71834*ΔΙΑΛ.ΣΤΕΡ.
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	pH	0,2732	0,2506	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ= -23,0198 + 9,86946*pH
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	0,0201	-0,5031	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ= 56,8424 - 47,0045*ΤΑ
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	0,0219	-0,4971	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ=38,7659 - 0,00496585*ΟΛ.ΦΑΙΝ.
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	0,0212	-0,4994	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ=39,6035 - 0,0159471*ΦΛΑΦΟΝ.
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	0,0849	-0,6041	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ=29,1025 - 0,00388299*ΑΝΘΟΚ.
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	DRPH	0,0313	-0,4706	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ=35,4473 - 0,499964*DRPH
ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ	FRAP	0,0321	-0,4687	ΑΙΘΥΛΕΝΙΟ=35,6336 - 0,315715*FRAP
ΒΑΡΟΣ	L*	0,4969	-0,1569	ΒΑΡΟΣ= 42,9161 - 0,107754*L*
ΒΑΡΟΣ	HUE ANGLE	0,0632	-0,4124	ΒΑΡΟΣ= 51,387 - 0,171334*HUE ANGLE
ΒΑΡΟΣ	C*	0,0790	-0,3918	ΒΑΡΟΣ= 47,4086 - 0,614733*C*
ΒΑΡΟΣ	ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	0,0000	-0,8090	ΒΑΡΟΣ=47,8592 - 3,21468*ΣΥΝΕΚΤ.
ΒΑΡΟΣ	ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	0,0045	0,5946	ΒΑΡΟΣ=4,80837 + 2,59458*ΔΙΑΛ.ΣΤΕΡ.
ΒΑΡΟΣ	pH	0,0872	0,3823	ΒΑΡΟΣ=-31,4299 + 12,3897*pH
ΒΑΡΟΣ	ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	0,8980	0,0298	ΒΑΡΟΣ=36,1048 + 2,28981*ΤΙΤΛ.ΟΞ.
ΒΑΡΟΣ	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	0,9831	0,0049	ΒΑΡΟΣ=37,2701 + 0,0000404043*ΟΛ.ΦΑΙΝ.
ΒΑΡΟΣ	ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	0,9230	-0,0225	ΒΑΡΟΣ=37,618 - 0,000590687*ΦΛΑΒΟΝ.
ΒΑΡΟΣ	ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	0,5529	-0,2293	ΒΑΡΟΣ=40,1334 - 0,00102716*ΑΝΘΟΚ.
ΒΑΡΟΣ	DRPH	0,9446	-0,0162	ΒΑΡΟΣ=37,4315 - 0,0141219*DRPH
ΒΑΡΟΣ	FRAP	0,9503	-0,0145	ΒΑΡΟΣ=37,4259 - 0,00802666*FRAP

L*	HUE ANGLE	0,0001	0,7490	$L = 14,673 + 0,453262 * \text{HUE ANGLE}$
L*	C*	0,0000	0,7765	$L = 22,7665 + 1,77451 * C^*$
L*	ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	0,0524	0,4288	$L = 43,7366 + 2,48195 * \text{ΣΥΝΕΚΤ.}$
L*	ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	0,0157	-0,5199	$L = 93,2756 - 3,30379 * \text{ΔΙΑΛ. ΣΤΕΡ.}$
L*	ρΗ	0,0211	0,4997	$L = -79,035 + 23,5882 * \rho H$
L*	ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	0,3394	-0,2194	$L = 64,9818 - 24,5662 * \text{ΤΙΤΛ. ΟΞ.}$
L*	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	0,0000	-0,8206	$L = 65,7481 - 1,96512 * \text{ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ.}$
L*	ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	0,0000	-0,7981	$L = 66,9104 - 15,275 * \text{ΦΛΑΒΟΝ.}$
L*	ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	0,0254	-0,7307	$L = 43,858 - 0,00686833 * \text{ΑΝΘΟΚ.}$
L*	DPRH	0,0000	-0,7756	$L = 59,1709 - 0,987776 * \text{DPRH}$
L*	FRAP	0,0000	-0,7774	$L = 59,5868 - 0,627643 * \text{FRAP}$
HUE ANGLE	C*	0,0219	0,4971	$\text{HUE ANGLE} = 51,2764 + 1,87712 * C^*$
HUE ANGLE	ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	0,0122	0,5361	$\text{HUE ANGLE} = 65,262 + 5,12747 * \text{ΣΥΝΕΚΤ.}$
HUE ANGLE	ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	0,0414	-0,4485	$\text{HUE ANGLE} = 141,09 - 4,70974 * \text{ΔΙΑΛ. ΣΤΕΡ.}$
HUE ANGLE	ρΗ	0,9037	0,0281	$\text{HUE ANGLE} = 69,8923 + 2,19272 * \rho H$
HUE ANGLE	ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	0,5828	-0,1272	$\text{HUE ANGLE} = 94,6236 - 23,5342 * \text{ΤΙΤΛ. ΟΞ.}$
HUE ANGLE	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	0,1804	-0,3039	$\text{HUE ANGLE} = 90,5571 - 1,20289 * \text{ΟΛ. ΦΑΙΝ.}$
HUE ANGLE	ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	0,1667	-0,3133	$\text{HUE ANGLE} = 91,8193 - 9,90945 * \text{ΦΛΑΒΟΝ.}$
HUE ANGLE	ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	0,4541	0,2869	$\text{HUE ANGLE} = 50,9463 + 0,00504045 * \text{ΑΝΘ.}$
HUE ANGLE	DPRH	0,3311	-0,2230	$\text{HUE ANGLE} = 85,5313 - 0,469412 * \text{DPRH}$
HUE ANGLE	FRAP	0,2638	-0,2554	$\text{HUE ANGLE} = 86,2522 - 0,340817 * \text{FRAP}$
C*	ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	0,0010	0,6650	$C^* = 10,8821 + 1,68417 * \text{ΣΥΝΕΚΤ.}$
C*	ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	0,1076	-0,3613	$C^* = 28,9923 - 1,00472 * \text{ΔΙΑΛ. ΣΤΕΡ.}$
C*	ρΗ	0,0061	0,5774	$C^* = -49,8004 + 11,929 * \rho H$
C*	ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	0,0030	-0,6143	$C^* = 32,4712 - 30,107 * \text{ΤΙΤΛ. ΟΞΥΤ.}$
C*	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	0,0000	-0,8591	$C^* = 22,7592 - 0,900356 * \text{ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ.}$
C*	ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	0,0000	-0,8466	$C^* = 23,3823 - 7,09053 * \text{ΦΛΑΒΟΝ.}$
C*	ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	0,0000	-0,9747	$C^* = 15,6462 - 0,00428977 * \text{ΑΝΘΟΚ.}$
C*	DPRH	0,0000	-0,8356	$C^* = 19,8426 - 0,465672 * \text{DPRH}$
C*	FRAP	0,0000	-0,8491	$C^* = 20,0893 - 0,300009 * \text{FRAP}$
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	0,0031	-0,6142	$\text{ΣΥΝΕΚ.} = 11,7291 - 0,674431 * \text{ΔΙΑΛ. ΣΤΕΡ.}$
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ρΗ	0,6699	-0,0989	$\text{ΣΥΝΕΚ.} = 7,75108 - 0,806346 * \rho H$
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	0,3502	-0,2146	$\text{ΣΥΝΕΚ.} = 5,49307 - 4,15285 * \text{ΤΙΤΛ. ΟΞ.}$
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	0,2101	-0,2852	$\text{ΣΥΝΕΚ.} = 4,10983 - 0,000590096 * \text{ΟΛ. ΦΑΙΝ.}$
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	0,2965	-0,2391	$\text{ΣΥΝΕΚ.} = 4,05495 - 0,790764 * \text{ΦΛΑΒΟΝ.}$
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	0,9316	0,0336	$\text{ΣΥΝΕΚ.} = 1,50375 + 0,0000131969 * \text{ΑΝΘΟΚ.}$
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	DPRH	0,2709	-0,2518	$\text{ΣΥΝΕΚ.} = 3,68582 - 0,0554005 * \text{DPRH}$
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	FRAP	0,2589	-0,2579	$\text{ΣΥΝΕΚ.} = 3,71881 - 0,0359873 * \text{FRAP}$
ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	ρΗ	0,3859	0,1995	$\text{ΔΙΑΛ. ΣΤΕΡ.} = 4,3089 + 1,48201 * \rho H$
ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	0,1432	-0,3306	$\text{ΔΙΑΛ. ΣΤΕΡ.} = 15,6437 - 5,82676 * \text{ΤΙΤΛ. ΟΞ.}$
ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	0,2430	0,2664	$\text{ΔΙΑΛ. ΣΤΕΡ.} = 11,8242 + 0,000501985 * \text{ΟΛ. ΦΑΙΝ.}$
ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	0,4142	0,1881	$\text{ΔΙΑΛ. ΣΤΕΡ.} = 11,9754 + 0,00113303 * \text{ΦΛΑΒΟΝ.}$
ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	0,6776	0,1618	$\text{ΔΙΑΛ. ΣΤΕΡ.} = 13,0982 + 0,000235167 * \text{ΑΝΘΟΚ.}$
ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	DPRH	0,2745	0,2499	$\text{ΔΙΑΛ. ΣΤΕΡ.} = 12,163 + 0,0500887 * \text{DPRH}$
ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	FRAP	0,3446	0,2170	$\text{ΔΙΑΛ. ΣΤΕΡ.} = 12,1942 + 0,0275743 * \text{FRAP}$
ρΗ	ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	0,0025	-0,6234	$\rho H = 6,33905 - 1,47904 * \text{ΤΙΤΛ. ΟΞ.}$
ρΗ	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	0,0000	-0,7858	$\rho H = 5,83108 - 0,000199314 * \text{ΟΛ. ΦΑΙΝ.}$
ρΗ	ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	0,0000	-0,8488	$\rho H = 5,88845 - 0,00068829 * \text{ΦΛΑΒΟΝ.}$

pH	ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	0,0036	-0,8513	pH = 5,72729 - 0,000268746*ΑΝΘΟΚ.
pH	DPPH	0.0000	-0,7811	pH = 5,70531 - 0,0210718*DPPH
pH	FRAP	0.0000	-0,8431	pH = 5,72686 - 0,0144203*FRAP
ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	0,0365	0,4586	ΤΙΤΛ.ΟΞ.=0,464547+0,000049031*ΟΛ.ΦΑΙΝ.
ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	0,0155	0,5207	ΤΙΤΛ.ΟΞ.=0,446174+0,000177972*ΦΛΑΒΟΝ.
ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	0,0469	0,6732	ΤΙΤΛ.ΟΞ.=0,508892+ 0,0000617717*ΑΝΘΟΚ.
ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	DPPH	0,0460	0,4399	ΤΙΤΛ.ΟΞ. = 0,496826 + 0,00500247*DPPH
ΤΙΤΛ.ΟΞΥΤΗΤΑ	FRAP	0,0198	0,5042	ΤΙΤΛ.ΟΞ. = 0,489107 + 0,00363497*FRAP
ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	0.0000	0,9826	ΟΛ.ΦΑΙΝ. = -134,153 + 3,14125*ΦΛΑΒΟΝ.
ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	0.0000	0,9934	ΟΛ.ΦΑΙΝ = 1040,32 + 1,1244* ΑΝΘΟΚ.
ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	DPPH	0.0000	0,9923	ΟΛ.ΦΑΙΝ = 632,31 + 105,547*DPPH
ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ	FRAP	0.0000	0,9881	ΟΛ.ΦΑΙΝ = 593,224 + 66,6299*FRAP
ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	0.0000	0,9862	ΦΛΑΒΟΝ.= 348,379 + 0,358458* ΑΝΘΟΚ.
ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	DPPH	0,0000	0,9744	ΦΛΑΒΟΝ. = 0,505383 + 0,0648411*DPPH
ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ	FRAP	0,0000	0,9922	ΦΛΑΒΟΝ. = 0,469998 + 0,0418577*FRAP
ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	DPPH	0,0000	0,9930	ΑΝΘΟΚ. = -174,582 + 88,5288*DPPH
ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ	FRAP	0,0000	0,9962	ΑΝΘΟΚ. = -224,019 + 56,4483*FRAP
DPPH	FRAP	0.0000	0,9881	DPPH = -0,310838 + 0,626444*FRAP

Από τα αποτελέσματα των συσχετίσεων, προέκυψε ότι οι γενότυποι με μεγάλες τιμές ολικών φαινολικών παρουσίασαν εξίσου μεγάλες τιμές ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας με τις μεθόδους FRAP και DPPH ($r = 0,9881$ και $r = 0,9923$ αντίστοιχα), το οποίο ήταν αναμενόμενο καθώς σε αρκετές έρευνες έχει αναγνωρισθεί η ισχυρή αντιοξειδωτική δράση των φλαβονοειδών (Soobrattee et al., 2005, Wang et al., 1997). Επίσης οι γενότυποι με μεγάλες τιμές ολικών φαινολικών παρουσίασαν εξίσου μεγάλες τιμές σε ολικές ανθοκυανίνες ($r = 0,9934$). Υψηλή συσχέτιση μεταξύ των ολικών φαινολικών και ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας εκτιμώμενη με τη μέθοδο FRAP και των ολικών ανθοκυανινών αναφέρουν και οι Ozgen et al (2009a) με $r = 0,97$ και $r = 0,99$, αντίστοιχα.

Στην παρούσα μελέτη, η υψηλή συσχέτιση μεταξύ των δύο μεθόδων εκτίμησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας ($r = 0,9849$), υποδηλώνει ότι στα μούρα οι αντιοξειδωτικές ενώσεις παρουσιάζουν εξίσου αναγωγική ικανότητα (μέθοδος FRAP) και ικανότητα δέσμευσης ελευθέρων ριζών (μέθοδος DPPH).

Ο υψηλότερος συντελεστής συσχέτισης ήταν μεταξύ ανθοκυανινών και FRAP ($r = 0,9962$), που δείχνει ότι η αντιοξειδωτική ικανότητα, τουλάχιστον μετρούμενη ως FRAP, οφείλεται στις ανθοκυανίνες. Τούτο εξηγεί και τις μεγάλες διαφορές στις τιμές FRAP μεταξύ του μαύρου και των λευκών γενότυπων.

3.9. ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Στον περιορισμένο αριθμό μελετών που αφορούν καρπούς μουριάς, σε ελάχιστες περιπτώσεις έχουν μελετηθεί φυσιολογικά και διαιτητικά χαρακτηριστικά αυτών. Έχουν παρατηρηθεί διαφορές ως προς την εκτίμηση των ολικών φαινολικών και της αντιοξειδωτικής τους ικανότητας, οι οποίες άμεσα εξαρτώνται από τους διαφορετικούς γενότυπους, τις κλιματικές συνθήκες, τις διαφορετικές μεθόδους εκχύλισης των συστατικών, τις μεθόδους εκτίμησης της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, τους διαφορετικούς τρόπους έκφρασης των αποτελεσμάτων και άλλους παράγοντες. Με γνώμονα την ελάχιστη ερευνητική δραστηριότητα ως προς το προαναφερόμενο αντικείμενο, θεωρήθηκε σκόπιμη η εκτίμηση των διαιτητικών χαρακτηριστικών, συγχρόνως με εκτίμηση άλλων ποιοτικών χαρακτηριστικών σε καρπούς τριών γενότυπων και ενός υβριδίου μουριάς (*Morus alba* L.), καθώς και η μελέτη των μεταβολών τους κατά την ωρίμανσή τους. Σημειώνεται, ότι οι φυσιολογικές μεταβολές πριν και κατά την ωρίμανσή τους δεν έχουν μελετηθεί, εξόσων γνωρίζουμε, ενώ οι πληροφορίες αυτές θεωρούνται απαραίτητες για το καλύτερο στάδιο συγκομιδής και μετασυλλεκτικής μεταχείρισης καρπών που προορίζονται για μία συγκεκριμένη χρήση. Επίσης, οι μελέτες περιορίζονται σε λίγους γενότυπους και μάλιστα αγνώστους, μη ταυτοποιημένους. Η διεύρυνση της μελέτης σε πολλούς γενότυπους πιθανόν να οδηγήσει σε επιλογή κάποιων γενότυπων κατάλληλων για διαφορετικές χρήσεις (επιτραπέζια χρήση, χυμοποίηση, εξαγωγή ανθοκυανινών κλπ).

Η αναπνοή των καρπών κυμάνθηκε από 79,491 έως 105,705 ml CO₂/kg/h και η έκλυση αιθυλενίου από 15,975 έως 63,551 μl C₂H₄/kg/h. Στη διεθνή βιβλιογραφία, υπάρχει αναφορά χαρακτηρισμού των καρπών μουριάς ως μη κλιμακτηριακοί, χωρίς ωστόσο να υπάρχει αιτιολόγηση (Darias-Martín et al., 2003). Κατά γενική θεώρηση, χωρίς να αποτελεί κριτήριο κατάταξης, οι μη κλιμακτηριακοί καρποί κατά την ωρίμανσή τους εκλύουν περίπου από 1 μl C₂H₄/kg/h, ενώ οι κλιμακτηριακοί κατά την κλιμακότητά τους περίπου από 1 μέχρι 100 μl C₂H₄/kg/h (στους 20 °C), ανάλογα με το είδος του καρπού (Τσαντίλη, 2002). Οι υψηλές, παρούσες μετρήσεις τόσο της αναπνοής όσο και του αιθυλενίου, ίσως παραπέμπουν στην κατάταξη των μούρων στους

κλιμακτηριακούς καρπούς, παρόλο που οι απόλυτες τιμές της έντασης της αναπνοής και του αιθυλενίου ενός καρπού δεν αποτελούν κριτήριο για την κατάταξή του στους κλιμακτηριακούς ή μη καρπούς, αλλά μόνο οι σχετικές τους μεταβολές πριν και κατά την ωρίμανση (Τσαντίλη, 2002). Αξίζει ωστόσο, να σημειωθεί ότι οι μεταβολές κατά τη ωρίμανση δεν ήταν μεγάλες ούτε προς μια κατεύθυνση. Αυτό πιθανά να οφείλεται στην επίδραση του σταδίου συγκομιδής και του γενότυπου. Για το γενότυπο K, το στάδιο (I) ίσως δεν ήταν αρκετά άγουρο και είχε αρχίσει ήδη η ωρίμανση και το στάδιο (II) ίσως να ήταν υπερώριμο. Οι παραπάνω ενδείξεις δεν επαρκούν για την τεκμηρίωση του χαρακτηρισμού των καρπών (ως κλιμακτηριακά ή μη), χωρίς περαιτέρω πειράματα. Τα πειράματα αυτά θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν την επίδραση του αιθυλενίου στην ένταση της αναπνοής και στην έκλυση του ενδογενούς αιθυλενίου των καρπών, τόσο κατά τη διάρκεια του χειρισμού όσο και μετά τον χειρισμό, καθώς και επιδράσεις σε άλλες παραμέτρους ωρίμανσης.

Τα ολικά φαινολικά κυμάνθηκαν από 682,37 έως 4892,59 μg ισοδύναμα γαλλικού οξέος /g νωπού βάρους καρπών (μg GAE/g f.w), ανάλογα με το στάδιο ωριμότητας και το γενότυπο. Οι μετρήσεις στην παρούσα μελέτη όσον αφορά στους λευκούς καρπούς είναι χαμηλότερες της τιμής 1810 (μg GAE/g f. w. καρπού) που αναφέρουν οι Ercisli and Orhan (2007). Τα παρόντα αποτελέσματα για τον K γενότυπο είναι εντός των ορίων 1005-2388 μg GAE/g f. w. καρπού και χαμηλότερη της τιμής 1690 μg GAE/g f. w. καρπού που αναφέρουν οι Ozgen et al (2009a) και οι Ercisli et al (2010), αντίστοιχα. Οι Ercisli and Orhan (2007) μάλιστα, αναφέρουν συγκεντρώσεις ιδιαίτερα υψηλές 10350 μg GAE/g f. w. καρπού, που οφείλονται κύρια στην επίδραση του γενότυπου. Σε κόκκινους καρπούς ωστόσο, η αύξηση των ολικών φαινολικών στο τελευταίο στάδιο ωρίμανσής τους φαίνεται να οφείλεται στην αυξημένη συσσώρευση ανθοκυανινών και φλαβονοειδών (Ercisli and Orhan, 2007).

Τα φλαβονοειδή κυμάνθηκαν από 220 έως 1587,53 μg ισοδύναμα κατεχίνης /g νωπού βάρους (μg CE/g f.w.), ανάλογα με το στάδιο ωριμότητας και το γενότυπο. Οι παρούσες μετρήσεις όσον αφορά τους λευκούς καρπούς είναι λίγο πιο χαμηλές της τιμής (296 μg CE /g f. w. καρπού) που αναφέρουν οι Ercisli and Orhan (2007). Τα παρόντα αποτελέσματα για τους κόκκινους καρπούς του γενότυπου K και για τους μαύρους του υβριδίου Fengchisang είναι χαμηλότερα

των τιμών 2190 και 2760 $\mu\text{g CE/g f. w.}$ καρπού που αναφέρουν οι Ercisli and Orhan (2007), για κόκκινους και μαύρους καρπούς αντίστοιχα. Εξαιρετικά χαμηλές τιμές από 16,4 έως 65,4 $\mu\text{g CE/g f. w.}$ καρπού αναφέρουν οι Bae and Suh (2007), χωρίς να γίνεται αναφορά στο χρωματισμό των καρπών.

Οι ολικές ανθοκυανίνες κυμάνθηκαν από 6,012 έως 3433,62 μg γλυκοζίτη-3 της κυανιδίνης /g νωπού βάρους καρπών. Οι τιμές αυτές, όσον αφορά τους κόκκινους καρπούς είναι εντός των ορίων που αναφέρουν οι Ercisli et al (2010), από 81 έως 132 μg γλυκοζίτη-3 της κυανιδίνης /g νωπού βάρους καρπών ($\mu\text{g cy-3-glu /g f. w.}$ καρπού) και οι Ozgen et al (2009a) από 3 έως 200 $\mu\text{g cy-3-glu /g f. w.}$ καρπών. Όσον αφορά τους μαύρους καρπούς του υβριδίου Fengchisang οι τιμές στο παρόν πείραμα (3433 $\mu\text{g cy-3-glu /g f. w.}$ καρπών) ήταν κατά πολύ υψηλότερες των 693 -787 και 308 - 830 $\mu\text{g cy-3-glu /g f. w.}$ καρπού που αναφέρουν οι Ercisli et al (2010) και Ozgen et al (2009a) αντίστοιχα και υψηλότερες των ορίων 190 - 3290 $\mu\text{g /g}$ και 1221 - 2057 μg γλυκοζίτη-3 της μαλβιδίνης /g νωπού βάρους καρπών που αναφέρουν οι Park et al (1997) και οι Bae and Suh (2007), αντίστοιχα. Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι οι ανθοκυανίνες στα μούρα του υβριδίου Fengchisang δεν ήταν συγκεντρωμένες μόνο στα εξωτερικά τμήματα του καρπού αλλά και στο εσωτερικό του.

Η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα κυμάνθηκε από 2,522 έως 64,639 μmol ισοδύναμα trolox /g νωπού βάρους καρπών ($\mu\text{mol TE/g f. w.}$), με τη μέθοδο FRAP και από 1,058 έως 40,125 $\mu\text{mol TE/g f. w.}$ με τη μέθοδο DPPH. Όσον αφορά τη μέθοδο FRAP, οι παρούσες τιμές για τους κόκκινους καρπούς του K γενότυπου είναι εντός των ορίων 3,7 - 7,7 και 4,93 - 8,12 $\mu\text{mol TE/g f.w.}$ που αναφέρουν οι Ozgen et al. (2009a) και οι Ercisli et al (2010), αντίστοιχα. Όσον αφορά τους μαύρους καρπούς του υβριδίου Fengchisang οι τιμές στο παρόν πείραμα ήταν υψηλότερες των 13,10-14,11 και 7,3-16,4 $\mu\text{mol TE/g f.w.}$ καρπού που αναφέρουν οι Ercisli et al (2010) και Ozgen et al (2009a) αντίστοιχα. Κατά την ωρίμανση, η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα μετρούμενη ως FRAP, αυξάνεται για όλους τους γενότυπους. Όσον αφορά τη μέθοδο DPPH, οι τιμές στην παρούσα μελέτη για τους κόκκινους καρπούς του K γενότυπου είναι χαμηλότερες των ορίων 9,22 - 12,15 $\mu\text{mol TE/g f.w.}$ και για τους μαύρους καρπούς του υβριδίου Fengchisang ήταν υψηλότερες των 16,22 - 21,17 $\mu\text{mol TE/g f.w.}$ καρπού που αναφέρουν οι Ercisli et al (2010). Κατά την ωρίμανση, η ολική αντιοξειδωτική

ικανότητα, μετρούμενη με τη μέθοδο DPPH μειώνεται για τους λευκούς γενότυπους χωρίς όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές και αυξάνεται σημαντικά για το γενότυπο K με κόκκινους καρπούς.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τα ολικά φαινολικά, τα φλαβονοειδή, τις ολικές ανθοκυανίνες και την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα και με τις δύο μεθόδους, FRAP και DPPH, υπέδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των έγχρωμων και των λευκών γενότυπων. Παρατηρήθηκε για τα ολικά φαινολικά, τα φλαβονοειδή, τις ολικές ανθοκυανίνες και την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα, αύξηση των συγκεντρώσεών τους κατά την ωρίμανση για τους έγχρωμους γενότυπους και μικρές αυξομειώσεις αυτών για τους λευκούς γενότυπους.

Οι προαναφερόμενες μεταβολές κατά την ωρίμανση, δίνουν το κίνητρο για λεπτομερέστερη προσέγγιση των φαινολικών συστατικών και της αντιοξειδωτικής ικανότητας των καρπών μουριάς. Ενδιαφέρον θα είχε η αναλυτική μελέτη μεμονομένων φαινολικών συστατικών, για την ανίχνευση των ουσιών που είναι υπεύθυνες για τις μεταβολές που παρατηρούνται και η μελέτη διαφόρων ενζύμων και κυρίως της φαινυλανίνης αμμωνίας λυάσης (PAL), για την κατανόηση της βιοσύνθεσης των φαινολικών ουσιών.

Συνοψίζοντας, στην παρούσα μελέτη, επιβεβαιώθηκε η μεγάλη διαιτητική αξία τουλάχιστον των έγχρωμων μούρων. Τα μαύρα μούρα παρουσίασαν ιδιαίτερα υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα που οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά και σε ολικές ανθοκυανίνες που ανήκουν στα φλαβονοειδή. Για τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να αυξηθεί η ζήτηση αυτών των μούρων, σε σχέση με άλλους γενότυπους και άλλα φρούτα γενικότερα. Αυτά τα αποτελέσματα μπορεί να οδηγήσουν στην επιλογή για καλλιέργεια γενότυπων υψηλής διαιτητικής αξίας και περαιτέρω δίνει προοπτικές για πιο ολοκληρωμένη μελέτη των φαινολικών συστατικών και της βιοσύνθεσής τους κατά την ωρίμανση των καρπών μουριάς.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

- APAK, R., GUCLU, K., DEMIRATA, B., ÖZYUREK, M., ESIN, Ç. S., BEKTASOGLU, B., ISIL, B. K. and ÖZYURT, D. (2007). Comparative Evaluation of Various Total Antioxidant Capacity Assays Applied to Phenolic Compounds with the CUPRAC Assay. *Molecules*, **12**, 1496-1547.
- ARAMWIT, P., BANG, N. and SRICHANA, T. (2010). The properties and stability of anthocyanins in mulberry fruits. *Food Research International*, **43**, 1093-1097.
- BAE S.-H., SUH H.-J. (2007). Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. *Food Science and Technology*, **40**, 955-962.
- BENZIE, I.F.F. and STRAIN, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, **239**, 70-76.
- BIASIOLO, M., DA CANAL, M. T. and TORNADORE, N. (2004). Micromorphological characterization of ten mulberry cultivars (*Morus spp.*). *Economic Botany*, **58(4)**, 639-646.
- BOUDET, A.M. (2007). Evolution and current status of research in phenolics compounds. *Phytochemistry*, **68**, 2722-2735.
- BRAND, M.D., AFFOYRTIT, C., ESTEVES, T.C., GREEN, C., LAMBERT, A.J., MIWA, S., PAKAY, J.L., PARKER, N. (2004). Mitochondrial superoxide: production, biological effects, and activation of uncoupling proteins. *Free Radical Biological Medicine*, **37**, 755- 67.
- BRAVO, L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, **56**, 317-333.
- BUTT, M. S., NAZIR, A., TAUSEEF, S. M. and KARIN S. (2008). *Morus alba* L. nature's functional Tonic Trends. *Food Science and Technology*, **19**, 505-512.
- CAO, G., RUSSEL, R.M., LISCHINER, N. and PRIOR, R. L. (1998). Serum antioxidant capacity is increased by consumption of strawberries, spinach, red wine or vitamin C in elderly 96 women. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **128**, 1787-1796.
- CHEN, J.H. and HO, C.T. (1997). Antioxidant activity of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**, 2374-2378.

- CROZIER, A., JAGANATH, I.B. and CLIFFORD, M.N. (2009). Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. *Natural Product Reports*, **26**, 1001-1043.
- GIUSTI, M. and WROLSTAD, R.E. (2001). Current Protocols in Food Analytical Chemistry Unit F1.2.
- CUVELIER, M.E., RICHARD, H. and BERSET, C. (1992). Comparison of the antioxidative activity of some acid phenols: structure- activity relationship. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, **56**, 324-325.
- DARIAS-MARTIN, J., LOBO-RODRIGO, G., HERNADEZ-CORDERO, J., DIAZ-DIAZ, E. and DIAZ-ROMERO, C. (2003). Alcoholic Beverages Obtained from Black Mulberry. *Food Technology and Biotechnology*, **41** (2), 173-176.
- DEIGHTON, N. , BRENNAN, R. , FINN, C. and DAVIES, H. V. (2000). Antioxidant properties of domesticated and wild *Rubus* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **80**, 1307-1313.
- DU, Q., ZHENG, J. and XU, Y. (2008). Composition of anthocyanins in mulberry and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, **21**, 390- 395.
- ERCISLI, S., TOSUN, M., DURALIJA, B., VOCA, S., SENGUL, M. and TURAN, M.(2010). Phytochemical Content of Some Black (*Morus nigra* L.) and Purple (*Morus rubra* L.) Mulberry Genotypes. *Food Technology and Biotechnology*, **48** (1), 102-106.
- ERCISLI, S. and ORHAN, E. (2007). Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. *Food Chemistry*, **103**, 1380-1384.
- ERCISLI, S. (2004). A short review of the fruit germplasm resources of Turkey. *Genetic Resources and Crop Evaluation*, **51**, 419-435.
- FERNANDEZ-PANCHON, M. S., VILLANO, D., TRONCOSO, A. M. and GARCIA-PARRILLA, M. C. (2008). Antioxidant Activity of Phenolic Compounds: From In Vitro Results to In Vivo Evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **48**(7), 649-671.
- FRANCISCO, M.L.D.L. and RESURRECION, A.V.A. (2008). Functional Components in Peanuts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **48**, 715-746.

- FRANKEL, E.N. and MEYER, A.S. (2000). Review: The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **80**, 1925-1941.
- GAO, W., RAO, V. R. and ZHOU, M. De.(1999). Plant genetic resources Proceedings of National Workshop on Conservation and Utilization of Plant Genetic Resources, 25-27 October 1999, Beijing, China.
- GERASOPOULOS, D. and STAVROULAKIS, G. (1997). Quality characteristics of four mulberry (*Morus* sp.) cultivars in the area of Chania, Greece. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **73**, 261-264.
- GOODWIN, T.W. and MERCER, E.I. (1983). Plant Biochemistry. Second Edition. Pergamon Press, pp. 677.
- GORDON, M.H. (2001). The development of oxidative rancidity in foods. In: *Antioxidants in food. Practical applications*. Eds. Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M. Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington, Cambridge, England, pp: 7-21.
- GUNES, G., LIU, R.H. and WATKINS, C.B. (2002). Controlled-atmosphere effects on postharvest quality and antioxidant activity of cranberry fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 5932-5938.
- GUO, C., YANG, J., WEI, J., LI, Y., XU J. and JIANG, Y., (2003). Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, **23**, 1719-1726.
- HAN, X., SHEN, T. and LOU, H. (2007). Dietary Polyphenols and Their Biological Significance. *International Journal of Molecular Sciences*, **8**, 950-988.
- HARBORNE, H. and BAXTER, H.(1999). The handbook of natural flavonoids. Volume 1. Wiley, Chichester.
- HEINONEN, I. M., MEYER, A. S. and FRANKEL, E. N. (1998). Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46**, 4107-4112.
- HODGES, D.M. (2001). Chilling effects on active oxygen species and their scavenging systems in plants. In: *Crop responses and adaptations to temperature stress*, Ed. Basra, A.S. The Haworth press, Binghampton, NY, pp 53-76.

- HOLCROFT, D M. and KADER, A. A. (1999). Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* , **17**, 19-32.
- HUANG, D., OU, B. and PRIOR, R.L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 1841-1856.
- JACKSON, D. (1986). Temperate and Subtropical Fruit Production. Butterwoths, New Zealand, p 265.
- KIM, J-D, LIU, L., GUO, W. and MEYDANI, M. (2006). Chemical structure of flavonols in relation to modulation of angiogenesis and immune-endothelial cell adhesion. *Journal of Nutritional Biochemistry*, **17**, 165-176.
- KIM, D.O., CHUN, O., KIM, J., MOON, H. and LEE C. (2003). Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51(22)**, 6509-6515.
- KRISHNAIAH, D., SARBATLY, R. and BONO, A. (2007). Standard Review: Phytochemical antioxidants for health and medicine-A move towards nature. *Biotechnology and Molecular Biology Review*, **1(4)**, 97-104.
- LAMBERT, J.D., HONG, J., YANG, G., LIAO, J. and YANG, C.S. (2005). Inhibition of carcinogenesis by polyphenols: evidence from laboratory investigations. *American Journal of Clinical Nutrition*, **81**, 284S-291S.
- LEE, K. W., LEE, H. J., and LEE, C. Y. (2004). Vitamins, phytochemicals, diets and their implementation in cancer chemoprevention. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **44**, 437-452.
- LEOPOLDINI, M., RUSSO, N. and TOSCANO, M. (2006). Gas and liquid phase acidity of natural antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **54**, 3078-3085.
- LIU, X., XIAO, G., CHEN, W., XU, Y., and WU, J. (2004). Quantification and purification of mulberry anthocyanins with macroporous resins. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, **5**, 326-331.
- LULE, S. U. and XIA, W. (2005). Food Phenolics, Pros and Cons: A Review. *Food Reviews International*, **21 (4)**, 367-388.
- MACHEIX, J.J., FLEURIET, A. and BILLOT, J. (1990). Fruit pheolics. CRC Press, Boca Raton, FL.

- MACHII, H., KOYAMA, A. and YAMANOUCI, H. (2000). FAO Electronic Conference: Mulberry for animal production. Available from <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/mulberry>.
- MITTLER, R. and POULOS, T.L. (2005). Ascorbate peroxidase. In: *Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants*. (Ed.) Smirnoff, N., Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, pp: 87-100.
- MOYER, R. A., HUMMER, K. E., FINN, C. E., FREI, B. and WROLSTAD, R. E. (2002). Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: Vaccinium, Rubus, and Ribes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 519-525.
- MULLEN, W., MCGINN, J., LEAN, M. E. J., MCLEAN, M. R., GARDNER, P., DUTHIE, G. G., et al. (2002). Ellagitannins, flavonoids, and other phenolics in red raspberries and their contribution to antioxidant capacity and vasorelaxation properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 5191-5196.
- NOCTOR, G. and FOYER, G.H. (1998). Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, **49**, 249-279.
- OZGEN, M., SERCE, S. and KAYA, C. (2009a). Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich *Morus nigra* and *M. rubra* fruits. *Scientia Horticulturae*, **119**, 275-9.
- OZGEN, M., GUNES, M., AKCA, Y., TUREMIS, N., ILGIN, M., KIZILCI, G., ERDOGAN, Ü. and SERCE, S. (2009b). Morphological Characterization of Several *Morus* Species from Turkey. *Horticulture, Environment and Biotechnology*. **50(1)**, 1-5.
- OZGEN, M., REESE, R. N., TULIO, A. Z. JR., SCHEERENS, J. C and MILLER, A. R. (2006). Modified 2,2-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic Acid (ABTS) Method to Measure Antioxidant Capacity of Selected Small Fruits and Comparison to Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) and 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) Methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **54**, 1151-1157.
- PANTELIDIS, G. E., VASILAKAKIS, M., MANGANARIS, G. A. and DIAMANTIDIS, Gr. (2007). Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents

- in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry*, **102**, 777-783.
- PARK, S. W., JUNG, Y. S., and KO, K. C. (1997). Quantitative analysis of anthocyanins among mulberry cultivars and their pharmacological screening. *Journal of Korean Society of Horticultural Science*, **38**, 722-724.
- PRIOR, R. L., WU, X. L. and SCHAICH, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 4290-4302.
- PRIOR, R.L. and CAO, G. (1999). In vivo total antioxidant capacity: Comparison of different analytical methods. *Free Radical Biology and Medicine*, **27(11-12)**, 1173-1181.
- PRITTS, M., Cornell University Home Page, 22 October 2009.
<<http://fruit.cornell.edu/.../rasprelfru.html>> (6 November 2010).
- RICE-EVANS, C. A. (2001). Flavonoid antioxidants. *Current Medical Chemistry*, **8**, 797-807.
- RICE-EVANS, C. A., MILLER, N. J. and PAGANGA, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, **2(4)**, 152-159.
- RICE-EVANS, C. A., MILLER, N. J. and PAGANGA G. (1996). Structure- antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, **20**, 933-956.
- ROBARDS, K., PRENZEL, P.D., TUCKER, G., SWATSITANG, P. and GLOVER, W. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*, **66**, 401-436.
- ROBINS, R.J. (2003). Phenolic acids in food. An overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 2866-87.
- QIN, C., LI, Y., NIU, W., DING, Y., ZHANG, R. and SHANG, X. (2010). Analysis and Characterisation of Anthocyanins in Mulberry Fruit. *Czech Journal of Food Sciences*, **28(2)**, 117-126.
- SALAH, N., MILLER, N. J., PAGANGA, G., TIJBURG, L., BOLWELL, G. P. and RICE-EVANS, C. (1995). Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **322**, 339-346.

- SCALZO, J., POLITI, A., PELLEGRINI, N., MEZZETTI, B., and BATTINO, M. (2005). Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition*, **21**, 207-213.
- SHAHIDI, F. and NACZK, M. (2003). Phenolics in Food and Nutraceuticals. Second Edition, *CRC Press*, Boca Raton, Florida, U.S.A. p.576.
- SHIN, Y., LIU, R. H., NOCK, J. F., HOLLIDAY, D. and WATKINS, C. B. (2007). Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, **45(3)**, 349-357.
- SILVA, M.M., SANTOS, M.R., CAROCO, G., ROCHA, R., JUSTINO, G. and MIRA, L. (2002) Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids: a re-examination. *Free Radical Research*, **36**, 1219-1277.
- SINGLETON, V. L., ORTHOFER, R., and LAMUELA-RAVENTOS, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, **299**, 152-178.
- SMIRNOFF, N. (2005). Ascorbate, tocopherol and carotenoids: metabolism, pathway engineering and functions. In: *Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants*. Ed. 106 Smirnoff, N., Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, pp: 53-86.
- SOLECKA, D. and KACPERSKA, A. (2003). Phenylpropanoid deficiency affects the course of plant acclimation to cold. *Physiologia Plantarum*, **119**, 253-262.
- SOMOGYI, A., ROSTA, K., PUSZTAI, P. TULASSAY, Z. and NAGY, G. (2007). Antioxidant measurements. *Physiological Measurement*, **28**, R41-R55.
- SOBRATTEE, M.A., NEERGHEEN, V.S., LUXIMON- RAMMA, A., ARUOMA, O.I. and BAHORUM, T. (2005). Phenolics s potential antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. *Mutation Research*, **579**, 200-213.
- STRIK, B., FISHER, G., HART, J., INGHAM, R., KAUFMAN, D., PENHALLEGON, R., PSCHIEDT, J., WILLIAM, R., BRUN, C., AHMEDULLAH, M., ANTONELLI, A., ASKHAM, L., BRISTOW, P., HAVENS, D., SCHEER, B. and SHANKS, C. Northwest Berry and Grape Information Network Home Page, 14 Dec 2006.
<<http://berrygrape.org/post-harvest-handling-of-blueberries>> (6 November 2010).

- TSANTILI, E., REKOUMI, K., ROUSSOS, P.A. and PONTIKIS, C., 2002. Effects of postharvest treatment with N⁶-benzyladenine on green olive fruit. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, **77**, 294-299.
- TSUDA, T., HORIO, F., AOKI, K. and OSAWA, T. (2003). Dietary cyaniding 3-O-β-D-glucoside- rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *Journal of Nutrition*, **133**, 2125-2130.
- TUTIN, G. T. (1996). *Morus L.* In *Flora Europa* (2nd ed.). In G. T. Tutin, N.A. Burges, A. O. Chater, J. R. Edmondson, V. H. Heywood, and D. M. Moore, et al. (Eds.). *Psilotaceae to Platanaceae* (vol. 1). Australia: Cambridge University Press.
- VIJAYAN, K., CHAUHAN, S., DAS, N. K., CHAKRABORTI, S. P., and ROY, B. N. (1997). Leaf yield component combining abilities in mulberry (*Morus* spp.). *Euphytica*, **98**(1-2), p 47-52.
- VINSON, J.A., DABBAGH, Y.A., SERRY, M.M. and JANG, J. (1995). Plant flavonoids, especially tea flavonols, are powerful antioxidants using as in vitro oxidation model for heart disease. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **43**, 2800-2802.
- VITA, J.A. (2005). Polyphenols and cardiovascular disease: effects on endothelial and platelet function. *American Journal of Clinical Nutrition*, **81**, 292S-297S.
- WADA, L. and OU, B. (2002). Antioxidant activity and phenolic content of oregon caneberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 3495-3500.
- WANG, H., CAO, G. and PRIOR, R.L. (1997). Oxygen Radical Absorbing Capacity of Anthocyanins. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **45**, 304-309.
- WINK, M. (2003). Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, **64**, 3-19.
- WRIGHT, J.S., JOHNSON, E.R. and DILABIO, G.A. (2001). Predicting the activity of phenolic antioxidants: Theoretical method, analysis of substituent effects, and application to major families of antioxidants. *Journal of the American Chemistry Society*, **123**, 1173-1183.
- YANISHLIEVA-MASLAROVA, N.V. (2001). Inhibiting oxidation. In: *Antioxidants in food. Practical applications*, Eds. Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M. Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington, Cambridge, England, pp: 22-70.

- ZADERNWSKI, R., NACZK, M., and NESTEROWICZ, J. (2005). Phenolic acid profiles in some small berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 2118-2124.
- ΒΑΣΙΛΑΚΑΚΗΣ, Μ.Δ. (2006). Μετασυλλεκτική φυσιολογία - Μεταχείριση οπωροκηπευτικών και Τεχνολογία. *Εκδόσεις Γαρταγάνη*, Θεσσαλονίκη, Ελλάς. Ε.Ε., σ.199-217.
- ΔΙΑΜΑΝΤΙΔΗΣ, Γ. Χ. (2007). ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ. *UNIVERSITY STUDIO PRESS*, *Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών*, Τρίτη Έκδοση, Θεσσαλονίκη, σ.416.
- ΝΕΝΑΔΗΣ, Ν. (2008). Θεωρητική μελέτη της ικανότητας δέσμευσης ελευθέρων ριζών από επιλεγμένες αουρόνες. Διπλωματική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- ΤΣΑΝΤΙΛΗ, Ε. (2002). Μετασυλλεκτική Μεταχείριση Καρπών. Σημειώσεις Μαθήματος 9^{ου} Εξαμήνου Ειδικοτήτων Αμπελουργίας-Δενδροκομίας και Κηπευτικών Καλλιεργειών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, σ. 98.
- ΧΑΡΙΖΑΝΗΣ, Π. (2002). Σημειώσεις Σηροτροφίας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, σ. 80.