

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

**Τίτλος:**

**«Μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών κατα τη συντήρηση  
μούρων (*Morus alba* L.)»**

**Στέλλα Χ. Γιωργουδέλλη**

**Γεωπόνος**

**Επιβλέπουσα: Αν. καθ. Ε. Τσαντίλη**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**Που υποβλήθηκε στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών**  
**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**  
**ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ**  
**ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΟΠΙΟΥ»**

**ΑΘΗΝΑ 2011**

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

**Τίτλος:**

**«Μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών κατα τη συντήρηση  
μούρων (*Morus alba* L.)»**

**Στέλλα Χ. Γιωργουδέλλη**

**Γεωπόνος**

**Επιβλέπουσα: Αν. καθ. Ε. Τσαντίλη**

**Μέλη εξεταστικής επιτροπής:**

- **Τσαντίλη Ε., αναπληρώτρια καθηγήτρια Γ.Π.Α.**
- **Πάσσαμ Χ., καθηγητή Γ.Π.Α.**
- **Ρούσσος Π., επίκουρος καθηγητής Γ.Π.Α.**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	6
ABSTRACT.....	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. Γενικά για τη μουριά .....	9
1.1.1. Προέλευση και εξάπλωση.....	9
1.1.2. Οικονομική σημασία της καλλιέργειας.....	10
1.1.3. Βοτανική ταξινόμηση.....	11
1.1.4. Βοτανικά χαρακτηριστικά.....	14
1.1.5. Κλίμα-Συγκομιδή.....	15
1.1.6. Σύσταση του καρπού.....	15
1.2. Αντιοξειδωτικές ενώσεις και αντιοξειδωτική ικανότητα .....	17
1.2.1. Γενικά.....	17
1.2.2. Ελεύθερες ρίζες και ενεργές μορφές οξυγόνου (ROS).....	17
1.2.3. Αντιοξειδωτικοί μηχανισμοί αμυνας.....	19
1.2.4. Φυτικές φαινολικές ενώσεις.....	19
1.2.4.1. Φλαβονοειδή.....	21
1.2.4.1.1. Ανθοκυανιδίνες-Ανθοκυανίνες.....	22
1.2.4.2. Άλλες φαινολικές ενώσεις.....	22
1.2.5. Σημασία φαινολικών ενώσεων .....	23
1.2.6. Αντιοξειδωτική ικανότητα φαινολικών ενώσεων .....	24
1.2.7. Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων .....	25
1.2.8. Ποιοτικά χαρακτηριστικά μικρών υδαρών καρπών .....	26
1.2.9. Μεταβολές ποιοτικών χαρακτηριστικών κατά τη συντήρηση μικρών καρπών .....	29
1.3. Σκοπός της Μελέτης.....	32
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	33
2.1. Πρώτη ύλη.....	33
2.2. Απώλεια βάρους καρπών.....	35
2.3. Προσδιορισμός χρώματος των καρπών.....	36
2.4. Μέτρηση συνεκτικότητας.....	36
2.5. Μέτρηση συνολικών διαλυτών στερεών, pH και τιτλοδοτούμενης οξύτητας .....	36
2.6. Εκχύλιση.....	37
2.7. Προσδιορισμός ολικών φαινολικών στους καρπούς.....	37
2.8. Προσδιορισμός ολικών φλαβονοειδών στους καρπούς.....	37

2.9.	Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας στους καρπούς.....	37
2.10.	Προσδιορισμός ολικών ανθοκυανίνων.....	39
2.11.	Οργανοληπτική δοκιμή .....	39
2.12.	Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων.....	40
3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	41
3.1.	Βάρος κατά τη συγκομιδή .....	41
3.2.	Διάρκεια συντήρησης.....	43
3.3.	Απώλεια βάρους μετά τη συντήρηση.....	44
3.4.	Φωτεινότητα ( $L^*$ ) εξωτερικής επιφάνειας.....	47
3.5.	Hue angle ( $h^\circ$ ) εξωτερικής επιφάνειας.....	49
3.6.	CHROMA ( $C^*$ ) εξωτερικής επιφάνειας.....	51
3.7.	Συνεκτικότητα .....	53
3.8.	Συνολικά διαλυτά στερεά (Σ.Δ.Σ).....	55
3.9.	pH.....	57
3.10.	Οξύτητα.....	59
3.11.	Ολικά Φαινολικά.....	61
3.12.	Ολικά Φλαβονοειδή.....	64
3.13.	Ολική Αντιοξειδωτική Ικανότητα .....	67
3.13.1.	Μέθοδος FRAP .....	67
3.13.2.	Μέθοδος DPPH .....	69
3.14.	Ολικές ανθοκυανίνες.....	72
3.15.	Συσχετίσεις Παραμέτρων .....	74
3.16.	Οργανοληπτική δοκιμή .....	78
3.16.1.	Οργανοληπτική δοκιμή χαρακτηριστικών.....	78
3.16.2.	Οργανοληπτική δοκιμή αρεσκειάς.....	80
4.	ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	83
5.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	87
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	99
	Ερωτηματολόγιο για την οργανοληπτική δοκιμή χαρακτηριστικών .....	99
	Ερωτηματολόγιο για την οργανοληπτική δοκιμή αρεσκειάς.....	100

## **Ευχαριστίες**

Ευχαριστώ θερμά την αναπληρώτρια καθηγήτρια Ε. Τσαντίλη για την εμπιστοσύνη της να μου αναθέσει την παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη, καθώς και για τις ουσιαστικές κατευθύνσεις που μου έδωσε και την υποστήριξη της καθόλη τη διάρκεια της υλοποίησής της.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επίκουρο καθηγητή κ. Π. Ρούσσο για τις εύστοχες και πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις πάνω στην παρούσα μελέτη.

Ευχαριστώ πολύ επίσης, την υποψήφια Διδάκτορα κα. Μ. Καυκαλέτου για την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθειας της κατά τη διάρκεια της έρευνας μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα προσφιλή μου πρόσωπα για την υποστήριξη τους κατά την εκπόνηση της εργασίας μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά φρέσκων μούρων (*Morus alba* L.) ενός υβριδίου, γνωστού γενοτύπου (Fengchisan) και τριών τυχαίων γενοτύπων (Μαύρη 2, Άσπρη 1, Άσπρη 2), καθώς και οι μεταβολές αυτών κατά συντήρηση έως 10 ημέρες σε θερμοκρασία 1°C και σχετική υγρασία 95%. Όλοι οι καρποί συγκομίστηκαν στο ίδιο περίπου στάδιο ωριμότητας και πριν την πλήρη ωρίμανσή τους. Προσδιορίστηκαν η απώλεια βάρους, το χρώμα, η συνεκτικότητα, τα συνολικά διαλυτά στερεά (Σ.Δ.Σ.), το pH, η οξύτητα, τα ολικά φαινολικά, τα ολικά φλαβονοειδή, και η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών σε όλους τους γενοτύπους, ενώ οι ολικές ανθοκυανίνες μόνο στους γενοτύπους με σκουρόχρωμους καρπούς (Fengchisan, Μαύρη 2). Η ολική αντιοξειδωτική τους ικανότητα μετρήθηκε με τις μεθόδους FRAP και DPPH.

Την ημέρα της συγκομιδής το βάρος ανά καρπό μούρου κυμάνθηκε από 3,07 γρ. έως 4,02 γρ., η φωτεινότητα  $L^*$  από 61,57 έως 17,09, το  $h^o$  από 99,24° έως 74,83°, το  $C^*$  από 16,5 έως 0,87, η συνεκτικότητα από 1,12 N έως 1,29 N, τα Σ.Δ.Σ. από 10,8 °Brix έως 14,5 °Brix, το pH από 4,4 έως 6, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα από 0,37 έως 0,81 γρ. κιτρικού οξέος/100 ml., τα ολικά φαινολικά από 0,56 έως 5,23 mg ισοδύναμων γαλλικού οξέος/g νωπού βάρους, τα ολικά φλαβονοειδή από 0,792 έως 1,81 mg ισοδύναμων κατεχίνης/g νωπού βάρους και η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα από 2,29 έως 72,16  $\mu\text{mol}$  ισοδύναμων trolox/g νωπού βάρους με τη μέθοδο FRAP και από 1,22 έως 30,90  $\mu\text{mol}$  ισοδύναμων trolox/g νωπού βάρους με τη μέθοδο DPPH, ενώ οι ολικές ανθοκυανίνες ήταν 3472,62  $\mu\text{g}$  Cvd-3-glu/g νωπού βάρους για τη Fengchisan και 3306,42  $\mu\text{g}$  Cvd-3-glu/g νωπού βάρους για τη Μαύρη 2.

Κατά τη συντήρηση η παρατηρούμενη απώλεια βάρους, η συνεκτικότητα, τα Σ.Δ.Σ., το pH και η οξύτητα διέφεραν σημαντικά τόσο μεταξύ των διαφορετικών γενοτύπων όσο και μεταξύ των διαφορετικών ημερών συντήρησης. Όσον αφορά τις υπόλοιπες παραμέτρους, οι Fengchisan και Μαύρη 2 παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερες τιμές ολικών φαινολικών, ολικών φλαβονοειδών και αντιοξειδωτικής ικανότητας και σημαντικά χαμηλότερες τιμές  $L^*$ ,  $h^o$  και  $C^*$  σε σχέση με τις Άσπρη 1 και Άσπρη 2, τόσο κατά τη συγκομιδή, όσο και καθ'ολη τη συντήρηση.

Κατά τη διάρκεια συντήρησης παρατηρήθηκε πτώση των τιμών της συνεκτικότητας και οξύτητας σε όλους τους καρπούς και αύξηση των τιμών των Σ.Δ.Σ., pH και απώλειας βάρους. Η φωτεινότητα μειώθηκε κατά τη συντήρηση των καρπών των Άσπρη 1 και Άσπρη 2, ενώ παρέμεινε σχεδόν σταθερή στην περίπτωση των καρπών των Fengchisan και Μαύρη 2. Ως προς τις υπόλοιπες παραμέτρους, κατά τη συντήρηση των καρπών όλων των γενοτύπων το  $h^o$ ,  $C^*$ , τα ολικά φαινολικά, τα ολικά φλαβονοειδή, οι ολικές ανθοκυανίνες και η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα παρουσίασαν μικρές αυξομειώσεις.

Σημαντική θετική γραμμική συσχέτιση επίσης, παρατηρήθηκε μεταξύ των ολικών φαινολικών, των ολικών φλαβονοειδών, της ολικής αντιοξειδωτικής

ικανότητας και σημαντική υψηλή αρνητική συσχέτιση μεταξύ του  $C^*$  ή  $L^*$  με τις παραπάνω παραμέτρους, καθώς και του pH με την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα.

Κατά την οργανοληπτική δοκιμή χαρακτηριστικών και αρεσκείας των καρπών των Fengchisan, Μαύρη 2 και Άσπρη 1, όλοι οι καρποί εκτιμήθηκαν ως αποδεκτοί κατά τη 2<sup>η</sup> μέρα (Άσπρη 1) και 3<sup>η</sup> μέρα (Fengchisan, Μαύρη 2) συντήρηση ως προς το μέγεθος, τη συνεκτικότητα, τη γεύση, το χρώμα, τη γλυκύτητα, τη γενική εμφάνιση και την οξύτητα. Τέλος, οι δοκιμαστές φάνηκε ότι προτιμούν περισσότερο τους καρπούς των Μαύρη 2 και Άσπρη 1.

Λέξεις κλειδιά: Μούρα, Συντήρηση, Χρώμα, Συνεκτικότητα, Σ.Δ.Σ., pH, Οξύτητα, Φαινολικά, Φλαβονοειδή, Ανθοκυανίνες, Αντιοξειδωτική ικανότητα

## ABSTRACT

In this study the quality characteristics of fresh mulberry fruit (*Morus alba* L.) of one hybrid known genotype (Fengchisan) and three other randomly selected genotypes (Mauvri 2, Aspri 1, Aspri 2) harvested before fully maturity, were investigated, as well as their changes during storage, at 1°C and 95% relative humidity for up to 10 days. Weight loss, fruit color, firmness, total soluble solids (TSS), pH, acidity, total phenolics (TP), total flavonoids (TF) and total antioxidant capacity (TAC) were determined in all genotypes, whereas total anthocyanins (TAN) only in black genotypes (Fengchisan and Mauvri 2). TAC was measured using the FRAP and the DPPH assays.

After harvest, the fruit weight ranged from 3.07 gr to 4.02 g,  $L^*$  from 61.57 to 17.09,  $h^\circ$  from 99.24° to 74.83°,  $C^*$  from 16.5 to 0.87, firmness from 1.12 N to 1.29 N, TSS from 10.8 °Brix to 14.5 °Brix, pH from 4.4 to 6, titrable acidity from 0.37 to 0.81 g citric acid/100 ml., TP from 0.56 to 5.23 mg gallic acid equivalent/g f.w., TF from 0.792 to 1.81 mg catechin equivalent/g f.w. and TAC from 2.29 to 72.16 µmol trolox equivalent/g f.w. according to FRAP, and from 1.22 to 30.90 µmol trolox equivalent/g f.w. according to DPPH, whereas TAN were 3472.62 µg Cyd-3-glu/g f.w. for Fengchisan and 3306.42 µg Cyd-3-glu/g f.w. for Mauvri 2.

Throughout storage, fruit weight loss, firmness, TSS, pH acidity varied significantly among different genotypes and between different days of storage. Concerning the rest of the parameters, Fengchisan and Mauvri 2 exhibited significantly much higher values of TP, TF and TAC and significantly lower of  $L^*$ ,  $h^\circ$  και  $C^*$  than Aspri 1 and Aspri 2.

During storage, in all mulberry genotypes firmness and acidity decreased, whereas TSS, pH and fruit weigh loss increased. Fruit lightness decreased during storage of Aspri 1 and Aspri 2, while remained almost stable in the case of Fengchisan and Mauvri 2. Regarding the rest of the parameters,  $h^\circ$ ,  $C^*$ , TP, TF, TAN and TAC fluctuated in all measured samples during the whole storage period.

Significant linear correlations with high and positive correlation coefficients were observed among TP, TF and TAC. Significant negative correlations were also observed between  $C^*$  or  $L^*$  and the above mentioned parameters, as well as, between pH and total antioxidant capacity.

Sensory evaluation of Fengchisan, Mauvri 2 and Aspri 1 showed that all these genotypes were acceptable after 2 day (Aspri 1) and 3 day (Fengchisan, Mauvri 2) storage, in terms of size, firmness, taste, color, sweetness, overall appearance and acidity. The panelists showed a preference for Mauvri 2 and Aspri 1.

Key words: Mulberry; Storage; Fruit color; Firmness; TSS; pH; Acidity; Phenolics; Flavonoids; Anthocyanins; Antioxidant capacity



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Γενικά για τη μουριά

Το είδος *Morus alba* L. είναι γνωστό με πολλά κοινά ονόματα όπως άσπρο μούρο, μούρο, ινδικό μούρο, ρώσικο μούρο κτλ. Εικάζεται ότι η λέξη «Morus» προέρχεται από την λατινική λέξη «morā», που σημαίνει καθυστέρηση (delay) και ότι οι καρποί πήραν αυτό το όνομα αυτό λόγω της όψιμης άνθησης των δέντρων. Άλλοι πάλι υποστηρίζουν ότι προήρθε από τη κελτική λέξη «mor» (λευκό) και αναφέρεται στο χρώμα των καρπών (World Agroforestry Centre, 2010).

#### 1.1.1. Προέλευση και εξάπλωση

Η μουριά και ειδικότερα το είδος *Morus alba* κατάγεται από την ευρύτερη περιοχή της Κίνας-Ιαπωνίας, από τους πρόποδες των Ιμαλαΐων (Singhal et al., 2010). Στην συνέχεια μέσω Ινδίας και Περσίας (Δούλιας, 1995) μεταφέρθηκε το 12<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. στη Γαλλία και διαδόθηκε σ' όλη την Ευρώπη, αντικαθιστώντας σταδιακά το είδος *Morus nigra*, το οποίο κυριαρχούσε σ' αυτή. Αργότερα το είδος αυτό μεταφέρθηκε και στην Αμερική από τους άποικους για σηροτροφικούς σκοπούς.

Λόγω των μεγάλων ικανοτήτων προσαρμογής των μορεόδεντρων στο τοπικό περιβάλλον, η καλλιέργεια της μουριάς πλέον έχει εξαπλωθεί στην ευρύτερη γεωγραφική περιοχή της Ασία, Ευρώπης, Αφρικής (Βόρεια και Ανατολική Αφρική) και Αμερικής (Singhal et al., 2010). Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι στην πρώην Σοβιετική Ένωση τα πιο κοινά είδη *Morus* που καλλιεργούνται είναι *M. multicaulis*, *M. alba*, *M. tartarica* και *M. nigra* (Datta, 2000), ενώ στην Ινδονησία τα είδη *M. alba*, *M. nigra*, *M. multicaulis*, *M. australis*, *M. cathayana* και *M. miorovra* (Katsumata, 1972). Από την άλλη, στην Κίνα και Ιαπωνία έχουν αναπτυχθεί περίπου 24 και 19 είδη *Morus* αντίστοιχα, εκ των οποίων, το *M. alba*, *M. multicaulis*, *M. atropurpurea* και *M. Mizuho* καλλιεργούνται για σηροτροφία. Σε γενικές γραμμές όμως, τα είδη που επικρατούν σε παγκόσμιο επίπεδο είναι το *M. alba* και *M. nigra* (Singhal et al., 2010).

Στην Ελλάδα, η μουριά πρωτοεμφανίστηκε την εποχή του Ιουστινιανού μαζί με αβγά μεταξοσκώληκα για την ανάπτυξη της σηροτροφίας και κατόπιν η καλλιέργεια της εξαπλώθηκε. Υποστηρίζεται δε ότι η Πελοπόννησος πήρε από τη μουριά το όνομά της (Μοριάς). Το 1956 εισήχθηκαν στην Ελλάδα για πρώτη φορά Ιαπωνικές ποικιλίες για να καλύψουν τις ανάγκες της φθινοπωρινής ή καλοκαιρινής εκτροφής μεταξοσκωλήκων, καθώς οι τοπικές δεν εξασφάλιζαν φύλλα τρυφερά, μικρής περιεκτικότητας σε ξηρή ουσία, που είναι απαραίτητα κυρίως για τη διατροφή των νεαρών προνυμφών, κατά τη διάρκεια των ξηροθερμικών συνθηκών του Ιουνίου, Αυγούστου και Σεπτεμβρίου. Σήμερα, η μουριά καλλιεργείται κυρίως στους νομούς Σερρών και Έβρου για την παραγωγή μεταξιού (Δούλιας, 1995), ενώ παράλληλα έχει εξαπλωθεί στον ευρύτερο Ελλαδικό χώρο για την κάλυψη άλλων εγχώριων αναγκών.

### 1.1.2. Οικονομική σημασία της καλλιέργειας

Η μουριά (Mulberry tree) είναι δέντρο που εδώ και 5 χιλιετίδες έχει μεγάλη οικονομική αξία για τον άνθρωπο, ο οποίος το μελέτησε και το βελτίωσε σημαντικά. Καλλιεργείται κυρίως για τα φύλλα της (Arabshahi-Delouee and Urooj, 2007; Ercisli and Othan, 2007) και περιορισμένα για τους καρπούς της. Τα φύλλα της έχουν το χαρακτηριστικό γνώρισμα να αποτελούν τη μοναδική κατάλληλη τροφή για να εκτραφεί ο μεταξοσκώληκας (*Bombyx mori* L.) και να δώσει την πολυτιμότερη υφαντική ίνα, το μετάξι. Επιπρόσθετα, μπορούν να αξιοποιηθούν στη κτηνοτροφία για την εκτροφή μηρυκαστικών. Σε πολλές χώρες όμως, όπως τη Τουρκία και την Ελλάδα τα δέντρα αυτά καλλιεργούνται για την παραγωγή των καρπών τους, τα οποία καταναλώνονται ως έχουν (Ercisli, 2004) ή χρησιμοποιούνται στη ζαχαροπλαστική, στην παρασκευή χυμών, κτλ.

Τα μουρεόδεντρα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως καλλωπιστικά σε δενδροστοιχίες ή ως δασικά δέντρα για τη δημιουργία ζωνών πυρασφάλειας ή ακόμη και για ξυλεία. Επιπλέον, τόσο τα φύλλα, όσο τα κλαδιά και οι ρίζες τους αξιοποιούνται και στην ιατρική για τη προστασία του συκωτιού, μείωση της πίεσης και πυρετού κτλ (Zhishen et al., 1999). Τέλος, τα μούρα αποτελούν πολύ καλή τροφή για τα άγρια ζώα και τα πουλιά (Barbour et al., 2008). Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι χρήσεις μούρων σε παγκόσμιο επίπεδο.

**Πίνακας 1: Χρήσεις μούρων σε παγκόσμιο επίπεδο**

Χώρες	Έκταση καλλιέργειας (x 1000 εκτάρια)	Σηροτροφία	Καρποί	Κτηνοτροφία	Άλλα
Αίγυπτος και Τυνησία	μ.δ.	x	x		
Αιθιοπία	μ.δ.	x			
Κένυα	μ.δ.	x		x	
Μαδαγασκάρη	μ.δ.	x			
Τανζανία	μ.δ.			x	
Αργεντινή και Βολιβία	μ.δ.				x1
Βραζιλία	38	x		x	
Κολομβία	μ.δ.	x		x	
Κόστα Ρίκα	μ.δ.			x	
Κούβα	<1			x	
Δομινικανή Δημοκρατία	<1			x	
Ελ Σαλβαντόρ	<1			x	
Γουατεμάλα	μ.δ.			x	

Ονδούρες και Παναμάς	<1			x	
Μεξικό	<1	x	x	x	x1
Παναμάς	<1			x	
Περού	μ.δ.				x1
Saint Vincent	<1			x	
ΗΠΑ	μ.δ.				x1
Αφγανιστάν	μ.δ.			x	
Κίνα	626	x			x2
Ινδία	280	x		x	x3
Ινδονησία	μ.δ.	x			
Ιαπωνία	μ.δ.	x	x	x	x2
Κορέα	μ.δ.	x		x	
Κιρζικιστάν	μ.δ.	x	x		
Μαλαισία	μ.δ.	x			
Πακιστάν	μ.δ.	x		x	
Φιλιπίνες	μ.δ.	x			
Συρία και Τουρκία	μ.δ.		x		
Tajikistan	μ.δ.	x			
Τουρκμενιστάν	μ.δ.	x	x		
Βιετνάμ	μ.δ.	x		x	
Ουμπερκιστάν	μ.δ.	x			x
Βουλγαρία	μ.δ.				x1
Γαλλία	μ.δ.			x	x1
Ελλάδα	μ.δ.				x1
Ιταλία	μ.δ.				x1
Πολωνία	μ.δ.				x1
Ισπανία	μ.δ.				x2

μ.δ.: μη διαθέσιμο,

x1= κηπουρική και τοπιοκατασκευή

x2 = ιατρική

x3= χειροτεχνία, επιπλοποιία

Πηγή: Sanchez (2002)

### 1.1.3. Βοτανική ταξινόμηση

Η μουριά ανήκει στην οικογένεια των Moraceae, της τάξης Urticales, η οποία ανήκει στην κλάση των Magnoliopsida (δικοτυλήδονα). Στο γένος *Morus* ανήκουν 150 γνωστά είδη, σε άγρια ή καλλιεργούμενη μορφή, από τα οποία το βασικό είδος θεωρείται το *Morus alba* L (Srivastava et al., 2003). Η φύση του εδάφους και

περισσότερο οι κλιματολογικές συνθήκες έχουν στενή σχέση με την οικολογική προσαρμογή της μουριάς που οδήγησε στην δημιουργία πολλών ποικιλιών και κλώνων. Σήμερα, στην πράξη είναι γνωστές περισσότερες από 1.000 ποικιλίες μουριάς, η οποίες έχουν προέλθει από τα τέσσερα βασικά είδη *M. alba*, *M. multicaulis*, *M. bombycis* και *M. atropurpurea* (Yongkang, 2000). Επίσης, κατά τον Ottman (1987) τα είδη *M.alba* και *M.rubra* είναι διπλοειδές, με αριθμό χρωμοσωμάτων  $2n=2x=28$ , ενώ το *M. nigra* πολυπλοειδές με αριθμό χρωμοσωμάτων  $2n=22x=308$ . Αντικείμενο της μελέτης αυτής είναι οι καρποί ενός υβριδίου (Fengchisan) (Gao et al., 1999) και τριών γενοτύπων (Μαύρης 2, Άσπρης 1, Άσπρης 2) του είδους *Morus alba* L. Παρακάτω αναφέρονται μερικές από τις πιο γνώστες ποικιλίες του *M. alba* ανά το κόσμο.

- **Ηνωμένες πολιτείες**  
Tehama (*M. alba*): Έχει προέλθει από το νόμο Tehama, της Καλιφόρνιας. Χαρακτηρίζεται από μεγάλους, γλυκούς, άσπρους καρπούς (μήκους 7.0 cm)
- **Βόρεια Αμερική**
  - Tehama (*M. alba*): Έχει προέλθει από το νόμο Tehama, της Καλιφόρνιας. Χαρακτηρίζεται από μεγάλους, γλυκούς, άσπρους καρπούς (μήκους 7.0 cm)
  - Thorburn and Trowbridge (*M. alba*): Ευδοκιμεί στη Βόρεια Αμερική και αποτελεί μια από τις καλύτερες ποικιλίες για την παραγωγή καρπών υψηλής ποιότητας στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη.
  - New American (*M. alba*): Παράγει σχετικά μεγάλους μαύρους ζουμερούς καρπούς.
- **Πακιστάν**
  - Pakistan (*M. alba*): Κατάγεται από το Islamabad, του Πακιστάν. Παράγει μούρα εξαιρετικής ποιότητας και γλυκιάς γεύσης, χρώματος βαθύ κόκκινου και μήκους 6.00-8.50 cm.
- **Ινδία**
  - MI-442, MI-511, MI-0469 (*M. alba*): Παράγει πολύ γλυκούς άσπρου χρώματος καρπούς. Κατάλληλες ποικιλίες για φρουτοπαραγωγή.
  - BC2-59, K-2, MR-2, S-13 and TR-10 (*M. alba*)
- **Κίνα**
  - Nana (*M. alba*): Νάνα μουριά
  - Hunza seedless (*M. alba*): Μούρα μέτριου μεγέθους, χρώματος άσπρου. Άσπερμη ποικιλία.
  - Downing (*M. alba*): Χαρακτηρίζεται από μαύρους καρπούς, άριστης γεύσης.
  - Beautiful Day (*M. alba*): Δέντρο υψηλής παραγωγικότητας, μεσαίου μεγέθους. Παράγει μούρα σαρκώδη, γλυκά, άσπρου χρώματος και μεσαίου μεγέθους.

- **Τουρκία**
  - Pirinc (*M. alba*)
- **Ελλάδα**

Οι σπουδαιότερες εισαγόμενες ποικιλίες που καλλιεργούνται σήμερα στην Ελλάδα για σηροτροφία και συγκεκριμένα στον Έβρο και στις Σέρρες είναι:

- Ichinose (*M. alba*): Ποικιλία προερχόμενη από την Ιαπωνία, ανήκει στο είδος *Morus alba* και έχει εγκλιματιστεί καλά 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 κόκκινο και είναι άγευστοι. Έχει πολύ γρήγορη ανάπτυξη, οι ετήσιοι βλαστοί μπορούν να ξεπεράσουν τα 3 μέτρα σε μήκος και φέρουν ρόφους σε πυκνά διαστήματα.
- Kairyō (*M. alba*): Ποικιλία προερχόμενη από την Ιαπωνία. 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. Αντέχει στο ψύχος.

(Δούλιας, 1995; Reddy et al., 2004; Ercisli and Orhan, 2007; Singhal et al., 2010;)

Άλλες ποικιλίες που καλλιεργούνται στην Ελλάδα για σηροτροφία είναι:

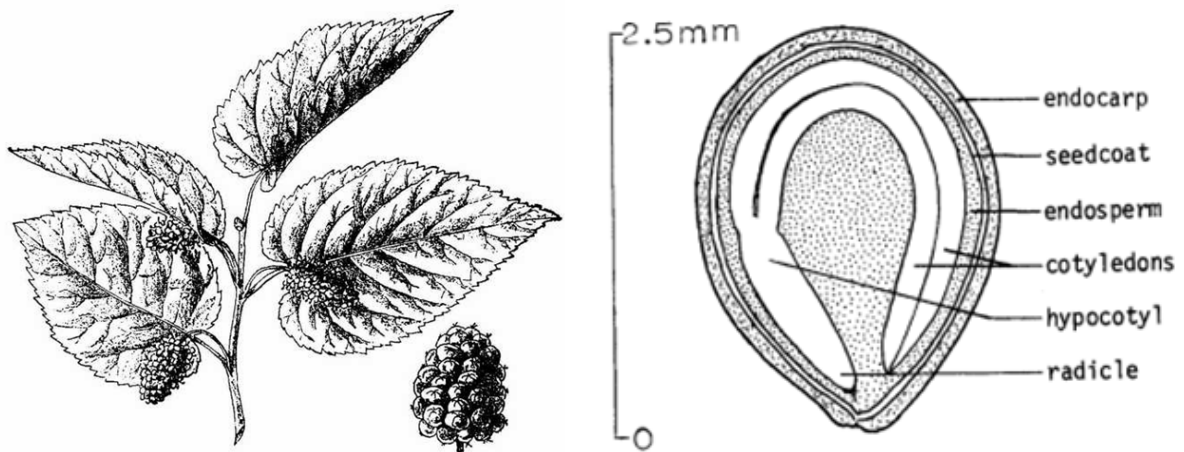
- Kokuso 20, Kokuso 21: Ποικιλίες όψιμες, Ιαπωνικές, που όμως προέρχονται από την Ευρωπαϊκή ποικιλία "Rosou", η οποία ανήκει στο είδος *Morus latifolia*. Είναι μόνοικες και οι καρποί τους είναι μαύροι και υπόγλυκης γεύσης. Τα φύλλα είναι μεγάλα, καρδιόσχημα και έχουν ανοικτό πράσινο χρώμα στην αρχή που σκουραίνει στη συνέχεια. Είναι πολύ παραγωγικές, λίγο όψιμες και κατάλληλες για καλοκαιρινές και φθινοπωρινές εκτροφές μεταξοσκώληκων.
- He Ye Bai: Ποικιλία κινέζικης προέλευσης, μεσοόψιμη. Είναι μόνοικη αλλά φέρει πολύ λίγους μαύρους καρπούς στη βάση των ετήσιων βλαστών. Έχει φύλλα μεγάλα, συνήθως με ένα λοβό στο κάτω μέρος και χρώμα ζωηρό πράσινο. Οι βλαστοί είναι πολύ ζωηροί και δίνει καλή παραγωγή.
- Άγωνα ή Προύσσα: Την μετέφεραν οι Έλληνες από τη Μ. Ασία, όπου την καλλιεργούσαν εκεί για πολλά χρόνια. Είναι δίοικη, 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 αρχίζουν να εκπτύσσονται από τη βάση του βλαστού. Προσφέρεται για ανοιξιότικες εκτροφές και έχει το μεγάλο πλεονέκτημα ότι δεν φέρει καρπούς, οι οποίοι ως γνωστόν προκαλούν σοβαρά προβλήματα κατά την εκτροφή των μεταξοσκώληκων.

- Αγρία: Ποικιλία ιθαγενής με φύλλα μεσαίου μεγέθους, έλλοβα, λεία, στιλπνά, τρυφερά, 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 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε φθινοπωρινές εκτροφές.

(Δούλιας, 1995)

#### 1.1.4. Βοτανικά χαρακτηριστικά

Η Μουριά (*M. alba*) ανήκει στα φυλλοβόλα δέντρα και είναι είδος μόνοικο ή δίοικο. Τα φύλλα της είναι οδοντωτά μεγάλα, καρδιόσχημα στη βάση και λοβοειδή στο επάνω μέρος του βλαστού, ενώ η επάνω επιφάνεια είναι πολύ λεία και ελαφρώς χνουδωτή η κάτω. Τα άνθη της είναι μονογενή με απλό περιάνθιο και μονόχωρη ωοθήκη που αποτελείται από δύο συνήθως καρπόφυλλα. Τα άνθη φέρονται χωριστά σε ταξιανθίες, τα αρσενικά, σε ίουλους και τα θηλυκά σε ψευδοστάχεις. Ο καρπός, το μούρο (Σχήμα 1 και 2) είναι συγκάρπιο και αποτελείται από πολλά μικρά καρπίδια, (συνήθως 10,7 – 32 / μούρο) (Stapanian, 1982), που περιέχουν ένα σκληρό πυρήνα (σπόρο), περιβαλλόμενο από τρυφερή, χυμώδη σάρκα.



**Σχήμα 1:** Φύλλα και καρποί μουριάς *Morus alba* (Flora of USA and Canada, 2010) **Σχήμα 2:** Κατά μήκος τομής σπόρου μούρου *Morus alba* (Barbour et al., 2008)

Τα ενήλικα δέντρα *Morus alba* φτάνουν μέχρι 3 έως 14 μέτρα ύψος, τα κλαδιά του απλώνονται και ο φλοιός του είναι χρώματος γκριζου. Μπαίνουν σε στάδιο καρποφορίας κατά το 5<sup>ο</sup> έτος της ηλικίας τους (Read and Barnes, 1974) και το φορτίο παραγωγής των ενήλικων δέντρων μπορεί να ανέλθει μέχρι τα 370 κιλά καρπούς (Reich, 1992). Το *M. alba* παράγει μούρα χρώματος άσπρου, κόκκινου ή μαύρου, με μίσχο, που το μήκος τους μπορεί να φτάσει μέχρι τα 5 εκατοστά (World Agroforestry Centre, 2010). Ως προς τη γεύση τα ώριμα μούρα χαρακτηρίζονται ως πολύ γλυκά, μικρής οξύτητας (Singhal et al., 2010) και ευχάριστης οσμής.

### 1.1.5. Κλίμα-Συγκομιδή

Η μουριά σαν δέντρο έχει μεγάλη προσαρμοστικότητα και ευδοκμεί, σε μια πολύ ευρεία γεωγραφική περιοχή (από τις τροπικές ως τις υποαρκτικές περιοχές) και σε υψόμετρο από το επίπεδο της θάλασσας ως 4000 μέτρα (Machii et al., 2000). Είναι αρκετά ανθεκτικό στις δύσκολες συνθήκες της υποτροπικής και εύκρατης ζώνης, όπου καλλιεργείται και σε εδάφη ποικίλης σύνθεσης. Για να αποδώσει όμως καλή και αρκετή παραγωγή θέλει ήπιο, δροσερό περιβάλλον και έδαφος γόνιμο, βαθύ, με καλή στράγγιση και γύρω στο ουδέτερο pH.

Ανάλογα με την ποικιλία και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, τα άνθη εμφανίζονται Απρίλιο - Μάιο, ενώ τα μούρα ωριμάζουν και πέφτουν από τα δέντρα διαδοχικά κατά το διάστημα Μάιου - Αύγουστο. Σημειώνεται ότι το διάστημα ωρίμανσης μπορεί να παραταθεί εφαρμόζοντας καλοκαιρινά ποτίσματα (Reich, 1992). Καθώς ωριμάζουν οι καρποί αποκτούν το χαρακτηριστικό χρώμα της ποικιλίας τους, που στην περίπτωση του *M. alba* μπορεί να άσπρο ή κόκκινο ή μαύρο και γλυκιά γεύση. Τα μούρα της *M. alba* είναι πολύ ευαίσθητα, καθώς χάνουν τη συνεκτικότητα τους πολύ γρήγορα, κάτι που δυσκολεύει τη μεταφορά και προώθηση τους στις αγορές. Εξίσου δύσκολη είναι και η συγκομιδή τους, καθώς ο καρπός συλλέγεται με το ποδίσκο, ο οποίος δεν αποκολλάτε εύκολα, εκτός και αν ο καρπός

έχει φτάσει στην πλήρη ωριμότητα. Παρ' όλα αυτά η χρήση δικτύων συλλογής των καρπών και η εφαρμογή των πρακτικών δόνησης των δέντρων, ακολουθούμενη από διαλογή με το χέρι διευκολύνουν την όλη διαδικασία (Jackson, 1986).

### 1.1.6. Σύσταση του καρπού

Αν και η σύσταση των μικρών καρπών έχει μελετηθεί ενδελεχώς, λίγα δεδομένα υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία για την σύσταση των μούρων και ειδικότερα του είδους *Morus alba*. Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι τα μούρα αποτελούνται κατά προσέγγιση από 9% περίπου υδατάνθρακες, 0,5 – 1,4% πρωτεΐνη, 0,9 – 1,3% ίνες (Singhal et al., 2009) και 1,10% λιπαρά οξέα (λινελαϊκό, στεατικό και ελαϊκό οξύ, σε σπόρους) (Ercisli and Orhan, 2007). Πρόκειται για καρπούς με υψηλό περιεχόμενο σε υγρασία, και χαμηλής θερμιδικής αξίας. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Wills et al. (1987) 100 γρ. μούρων αντιστοιχούν περίπου σε 121 kJ ενέργεια.

Οι Ercisli and Orhan (2007) στη μελέτη καρπών *Morus alba L.*, *Morus rubra L.* και *Morus nigra L.* προσδιόρισαν 10 μεταλλικά στοιχεία, με το μακροστοιχείο Κ να παρουσιάζει τη υψηλότερη συγκέντρωση, ενώ ακολουθούν τα Ν, Ρ, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu (Πίνακας 2). Παράλληλα, παρατήρησαν ότι η περιεκτικότητα των μούρων σε μεταλλικά στοιχεία εξαρτάται, όχι μόνο για το είδος ή τη ποικιλία, αλλά και από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες και καλλιεργητικές πρακτικές. Σε ότι αφορά τη περιεκτικότητα των μούρων σε βιταμίνες αναφέρεται η παρουσία καροτένιων (0,16 έως 0,17%), νικοτινικού οξέος (0,7 – 0,8 mg/100 g), θειαμίνης (7,0 έως 9,0

μg/100 g), ριβοφλαβίνης (165-179 μg/100 g) (Singhal et al., 2009) και ασκορβικού οξέος (22,4 mg/100 ml) (Ercisli and Orhan, 2007).

Τα μούρα του είδους *M. alba* είναι επίσης πλούσια σε φαινολικές ενώσεις, ιδίως φλαβονοειδή και ανθοκυανίνες και έχει βρεθεί ότι διαθέτουν αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες (Butt et al., 2008). Η περιεκτικότητα τους όμως στις ουσίες αυτές εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το γενότυπο, το βαθμός ωριμότητας κατά τη συγκομιδή και τις περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη διάρκεια ανάπτυξη του καρπού (Zadernowski et al., 2005). Σημειώνεται ότι πρόκειται για καρπούς υψηλής διατροφικής αξίας, που περιέχουν θρεπτικά συστατικά ζωτικής σημασίας για τον ανθρώπινο μεταβολισμό (Akbulut and Musazcan, 2009), ενώ τα βασικά λιπαρά οξέα που περιέχουν βοηθούν στη πρόληψη ή και θεραπεία ασθενειών και διαταραχών (Ercisli and Orhan, 2007). Πιο αναλυτικά η χημική σύνθεση καρπών *Morus alba* παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 2: Χημική σύσταση καρπών μούρων *Morus alba***

Βάρος καρπών	3,49 γρ. / καρπό
Υγρασία	71,5%
pH	5,6
Ολική οξύτητα (σε κιτρικό οξύ)	0,25
Ολικά διαλυτά στερεά	20,4%
Ολικά λιπαρά	1,10%
Λιπαρά οξέα εκ των οποίων	0,98%: C 14: 0 22,42%: C 16:0 0,67%: cis-C 16:1 ω7 4,27C%: 18:0 10,49%: cis-C 18:1 ω9 57,26%: cis-C 18:2 ω6 0,00%: cis-C 18:3 ω3 0,62%: cis-C 19:1 ω6 0,00%: cis-C 18:1 ω7 0,26%: C 22:0
N	0,75 (%)
P	247 mg/100 g
K	1668 mg/100 g
Ca	152 mg/100 g
Mg	106 mg/100 g
Na	60 mg/100 g
Fe	4,2 mg/100 g
Cu	0,5 mg/100 g
Mn	3,8 mg/100 g
Zn	2,8 mg/100 g

Πηγή: Ercisli and Orhan (2007)



## **1.2. Αντιοξειδωτικές ενώσεις και αντιοξειδωτική ικανότητα**

### **1.2.1. Γενικά**

Το τελευταίο καιρό έχει παρατηρηθεί ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον προς τα φυσικά αντιοξειδωτικά των φρούτων και λαχανικών καθώς η συχνή κατανάλωση τους υποστηρίζεται ότι μειώνει τον κίνδυνο για την εμφάνιση ανθενειών, όπως ο καρκίνος και οι καρδιαγγειακές παθήσεις (Vita, 2005). Ως αντιοξειδωτικό, στη βιολογία θεωρείται οποιοδήποτε μόριο, του οποίου η παρουσία σε συγκεντρώσεις σημαντικά χαμηλότερες ενός υποστρώματος, καθυστερεί σημαντικά ή/και αποτρέπει την οξείδωση 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).

Οι αντιοξειδωτικές ουσίες που μπορούν να βρεθούν στα φυτά χωρίζονται σε 4 μεγάλες κατηγορίες: βιταμίνη C, βιταμίνη E, καροτενοειδή και φαινολικά. Από αυτά η βιταμίνη C και τα φαινολικά είναι υδατοδιαλυτά, ενώ τα καροτενοειδή και βιταμίνη E λιποδιαλυτά. Σε γενικές γραμμές όλα τα φυτά διαθέτουν αντιοξειδωτικά συστήματα για την προστασία τους από τη δράση των ελευθέρων ριζών και ενεργών μορφών οξυγόνου. Τα συνήθη αντιοξειδωτικά που απαντώνται στα φρούτα είναι η βιταμίνη C, η βιταμίνη E, τα φαινολικά και λιγότερο τα καροτενοειδή. Τα τελευταία χρόνια δίνεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη μελέτη των φαινολικών ενώσεων (Robards et al., 1999), και κυρίως των φλαβονοειδών, καθώς σύμφωνα με έρευνες οι ενώσεις αυτές φαίνεται να είναι περισσότερο αντιοξειδωτικές από τις βιταμίνες C και E (Cao et al., 1998).

### **1.2.2. Ελεύθερες ρίζες και ενεργές μορφές οξυγόνου (ROS)**

Ελεύθερη ρίζα είναι οποιοδήποτε χημικό μόριο ή άτομο το οποίο υπάρχει ανεξάρτητο και διαθέτει ένα ή περισσότερα μη συζευγμένα ηλεκτρόνια. Με εξαίρεση το μοριακό οξυγόνο, το ή τα ασύζευκτα ηλεκτρόνια προσδίδουν στις ελεύθερες ρίζες έντονη χημική δραστηριότητα, καθώς αυτό ή αυτά αναζητούν άλλα ηλεκτρόνια για να συζευχθούν. Οι ελεύθερες ρίζες αλληλεπιδρούν με οργανικές ενώσεις όπως λιπίδια, πρωτεΐνες, DNA και υδατάνθρακες και μέσω της οξείδωσης προκαλούν ζημιά στη δομή τους, παρεμποδίζοντας την κανονική λειτουργία τους (Somogyi et al., 2007; Διαμαντίδης, 2007).

Στις ελεύθερες ρίζες συγκαταλέγονται διάφορες ενεργές μορφές οξυγόνου (reactive oxygen species, ROS) και αζώτου (reactive nitrogen species, RON). 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 ( $^1\text{O}_2$ ), το υπεροξειδίο του οξυγόνου ( $\text{O}_2^{\cdot}$ ) το υπεροξειδίο του υδρογόνου ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), η ρίζα υδροξυλίου ( $\text{OH}^{\cdot}$ ), η υπεροξυδρξυλική ρίζα ( $^{\cdot}\text{O}_2\text{H}$ ) και το όζον ( $\text{O}_3$ ), ενώ το νιτροξειδίο ( $\text{NO}^{\cdot}$ ) και το υπεροξυνιτρώδες ανιόν ( $\text{OONO}^-$ ) κατατάσσονται στις ενεργές μορφές αζώτου. 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 υπάρχουν περιπτώσεις όπου δημιουργούνται πολλές

ενεργές μορφές οξυγόνου και ο οργανισμός αδυνατεί να διατηρήσει την κυτταρική οξειδωαναγωγική του ομοιόσταση. Τέτοιου είδους καταστάσεις περιγράφονται με τον όρο οξειδωτική καταπόνηση (συνθήκες στρες). Η έκθεση των φυτικών ιστών σε διάφορων ειδών καταπονήσεις, όπως για παράδειγμα χαμηλών θερμοκρασιών, υπεριώδους ακτινοβολίας, όζοντος, αλατότητας, μηχανικών τραυματισμών, παθογόνων, υποξίας ή ανοξίας, έχει ως αποτέλεσμα την επαγωγή ενεργών μορφών οξυγόνου και/ή την αύξηση της παραγωγής τους. Ανάλογο με το είδος της καταπόνησης και του φυτικού ιστού, μπορεί να αλλάζει η τοποθεσία μέσα στο κύτταρο όπου δημιουργούνται οι ενεργές μορφές οξυγόνου, ωστόσο η αύξηση τους φαίνεται να είναι ο κοινός παρονομαστής σε πολλά είδη καταπονήσεων (Hodges, 2001; Desikan et al., 2005; Grace, 2005). Κατά τη διάρκεια της οξειδωτικής καταπόνησης, οι ενεργές μορφές οξυγόνου υπεροξειδώνουν τα λιπίδια, διασπών τα πολυσακχαρίδια και αποδομούν πρωτεΐνες και νουκλεϊκά οξέα. Οι παραπάνω δράσεις έχουν ως αποτέλεσμα τη βλάβη ή/και την καταστροφή κυτταρικών δομών και οργανιδίων, όπως χλωροπλάστες και μιτοχόνδρια, κυρίως μέσω της καταστροφής των κυτταρικών μεμβρανών (Foyer and Noctor, 2005).

Εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις των ενεργών μορφών οξυγόνου στο φυτικό κύτταρο, οι ενώσεις αυτές λειτουργούν και ως δευτερογενείς χημικοί αγγελιοφόροι, ενεργοποιώντας μηχανισμούς άμυνας που σχετίζονται με το φαινόμενο της υπερευαισθησίας (οξειδωτικός θάνατος των προσβεβλημένων κυττάρων ώστε να αποτραπεί η προσβολή γειτονικών κυττάρων) και της αντίστασης σε προσβολές από παθογόνους μικροοργανισμούς (βιοσύνθεση φυτοαλεξινών και σκλήρυνση κυτταρικών τοιχωμάτων) (Desikan et al., 2005).

### 1.2.3. Αντιοξειδωτικοί μηχανισμοί αμυνας

Τα αντιοξειδωτικά μόρια μπορούν να ουδετεροποιήσουν τις ελεύθερες ρίζες δεχόμενα ή παρέχοντας το ασύζευκτο ηλεκτρόνιο. Τυπικά, αυτό σημαίνει ότι το αντιοξειδωτικό μόριο μετατρέπεται σε ελεύθερη ρίζα παίρνοντας τη θέση της. Όμως, τα μόρια αυτά είναι πολύ λιγότερο δραστικά σε σχέση με τις ουδετεροποιημένες ελεύθερες ρίζες, γιατί είναι μεγάλου μοριακού βάρους και μπορούν ευκολότερα να ουδετεροποιηθούν από άλλο αντιοξειδωτικό μόριο.

Η διαρκής ανάγκη αντιμετώπισης μιας πιθανής οξειδωτικής βλάβης στα κυτταρικά συστατικά, υποχρεώνει τα φυτά στην ανάπτυξη ενός αντιοξειδωτικού μηχανισμού που περιλαμβάνει πολλά αντιοξειδωτικά ένζυμα, αλλά και μη ενζυμικά μόρια. Ο ενζυμικός μηχανισμός 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).

### 1.2.4. Φυτικές φαινολικές ενώσεις

Φαινολικές ενώσεις ονομάζονται οι ενώσεις που φέρουν μία ή περισσότερες υδροξυλικές ομάδες άμεσα συνδεδεμένες με ένα βενζολικό δακτύλιο. Λόγω της παρουσίας του αρωματικού δακτυλίου, το υδρογόνο του φαινολικού υδροξυλίου είναι ασταθές καθιστώντας τις φαινόλες ασθενή οξέα. Σήμερα είναι γνωστές φαινόλες που φέρουν 1 έως 6 υδροξύλια, ενώ συνολικά έχουν ταυτοποιηθεί περισσότερες από 8000 φαινολικές ενώσεις.

Παρόλ'αυτά ο παραπάνω ορισμός δεν προσδιορίζει επαρκώς τις φυτικές φαινόλες, διότι συμπεριλαμβάνει και άλλες ενώσεις, επομένως κρίνεται αναγκαίος ένας ορισμός ο οποίος θα βασίζεται στο μεταβολικό μονοπάτι σύνθεσης των φαινολικών ενώσεων στα φυτά. Οι φυτικές φαινολικές ενώσεις επομένως είναι οι δευτερογενείς μεταβολίτες που βιοσυντίθενται από το μονοπάτι του σικιμικού οξέος, με τη βοήθεια ενδιάμεσων μορίων του μεταβολισμού των υδατανθράκων. Στη συνέχεια συντίθεται το αρωματικό αμινοξύ φαινυλαλανίνη, που μετέπειτα απαμινώνεται από το ένζυμο φαινύλ-αμμωνία-λυάση (PAL), οδηγώντας τελικά στο σχηματισμό του *p*-κουμαρικού οξέος, το οποίο χρησιμεύει σαν αρχικός μεταβολίτης για την διακλάδωση και το σχηματισμό διαφόρων ομάδων φαινολικών ενώσεων, όπως τα φλαβονοειδή, τα στιλβеноειδή, οι λιγνίνες, οι λιγνάνες κ.α (Σχήμα 3). Πιστεύεται ότι ποσοστό 20% των σακχάρων που σχηματίζονται κατά τη

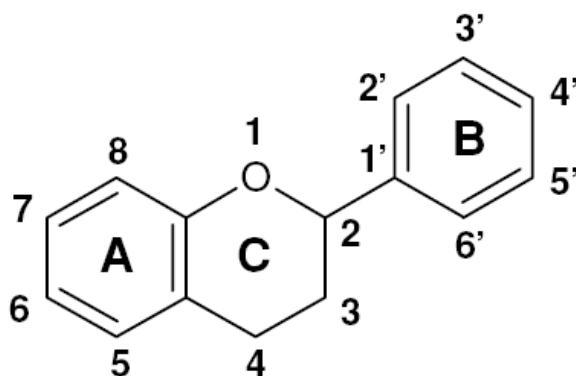


#### 1.2.4.1. Φλαβονοειδή

Τα φλαβονοειδή είναι φαινολικά συστατικά με 15 άτομα άνθρακα στο σκελετό τους και δομή C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>, που αντιστοιχεί στη φλαβανόνη. Οι κυριότεροι εκπρόσωποι είναι οι ανθοκυανίνες και οι συμπυκνωμένες ταννίνες (Goodwin and Mercer, 1983; Crozier et al., 2009). Η δομή των τυπικών φλαβονοειδών είναι αποτέλεσμα της συνένωσης δύο προϊόντων που προέρχονται από δύο διαφορετικά βιοσυνθετικά μονοπάτια. Ο αρωματικός δακτύλιος B και η γέφυρα των τριών ατόμων άνθρακα είναι μια φαινυλοπροπανική μονάδα που προέρχεται από το μονοπάτι του σικιμικού οξέος, ενώ τα έξι άτομα άνθρακα του δακτυλίου A προέρχονται από το μονοπάτι του μαλονικού οξέος (Σχήμα 4) (Vermeerris et al., 2008).

Οι ενώσεις αυτές ταξινομούνται σε διάφορες υποκατηγορίες, ανάλογα με το βαθμό ακορεστότητας του C δακτυλίου και των υποκατάστατων στο δακτύλιο B και στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές αναφορές σχετικές με τη ταξινόμησή τους. Κατά τους Crozier et al. (2009), οι κυριότερες υποκατηγορίες αυτών των ενώσεων είναι οι φλαβονόλες, οι φλαβόνες, οι φλαβαν-3-όλες, οι ανθοκυανιδίνες, οι φλαβανόνες και οι ισοφλαβόνες, ενώ δευτερεύουσες υποκατηγορίες είναι οι διυδροφλαβονόλες, οι φλαβαν-3,4-διόλες, οι κουμαρίνες, οι χαλκόνες, οι διυδροχαλκόνες και οι αουρόνες.

Τα φλαβονοειδή είναι ευρέως διαδεδομένα στα φυτά και σε αυτά οφείλεται ο χρωματισμός των πετάλων των ανθέων, ενώ βοηθούν και στην άμυνα των φυτών ενάντια σε προσβολές από έντομα και μικροοργανισμούς. Η χαμηλή τοξικότητά τους σε σχέση με άλλα φυτικά συστατικά (πχ. αλκαλοειδή) επιτρέπει την πρόσληψη μέσω της τροφής ικανών ποσοτήτων με αποτέλεσμα την αύξηση της άμυνας του οργανισμού απέναντι σε αλλεργιογόνα και ιούς.



Σχήμα 4: Δομή των φλαβονοειδών ενώσεων

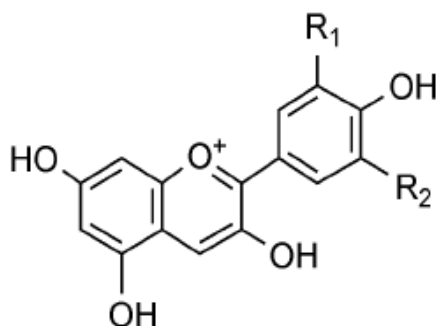
(Francisco and Resurreccion, 2008).

•

#### 1.2.4.1.1. Ανθοκυανιδίνες-Ανθοκυανίνες

Η πιο διαδεδομένη ομάδα των φλαβονοειδών χρωστικών είναι οι ανθοκυανίνες. Οι ανθοκυανίνες είναι υπεύθυνες κατά κύριο λόγο για το πορφυρό, ερυθρό, πορτοκαλί, κυανό και ιώδες χρώμα στα άνθη, στους καρπούς, στα φύλλα και καμιά φορά στο περίβλημα των σπόρων. Στα άνθη και καρπούς, οι ανθοκυανίνες είναι ζωτικής σημασίας στην προσέλκυση των ζώων για τη γονιμοποίηση των ανθέων και τη διασπορά των καρπών. Επίσης, προστατεύουν τα κύτταρα κατά την φωτοσύνθεση απορροφώντας ακτινοβολία, ενώ έχουν και ισχυρή αντιοξειδωτική δράση.

Απαντούν στη φύση είτε ως άλατα του οξονίου, συνήθως χλωρίου, 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. Επίσης, οι ανθοκυανίνες μπορεί να βρίσκονται υπό τη μορφή αλάτων του οξονίου ή του χλωρίου, ή ακόμη να είναι εστεροποιημένες με αρωματικά οξέα, όπως κουμαρικό και σιναπικό οξύ. Οι πιο διαδεδομένες ανθοκυανιδίνες είναι η πελαργονιδίνη, η κυανιδίνη, η πεονιδίνη, η δελφινιδίνη, η πετουνιδίνη και η μαλβιδίνη (Σχήμα 5) (Crozier et al., 2009).



Πελαργονιδίνη:  $R_1 = H, R_2 = H$

Κυανιδίνη:  $R_1 = OH, R_2 = H$

Πεονιδίνη:  $R_1 = OCH_3, R_2 = H$

Δελφινιδίνη:  $R_1 = OH, R_2 = OH$

Πετουνιδίνη:  $R_1 = OCH_3, R_2 = OH$

Μαλβιδίνη:  $R_1 = OCH_3, R_2 = OCH_3$

Σχήμα 5: Δομή των κυριότερων ανθοκυανιδινών (Crozier et al., 2009).

#### 1.2.4.2. Άλλες φαινολικές ενώσεις

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα φαινολικά οξέα, οι ταννίνες, τα στιλβένια κ.α (Goodwin and Mercer, 1983; Crozier et al., 2009). Τα φαινολικά οξέα διακρίνονται σε βενζοϊκά οξέα ( $C_6-C_1$ ), με κύριο εκπρόσωπο το γαλλικό οξύ, το οποίο είναι η πρόδρομη ένωση στη βιοσύνθεση των υδρολυόμενων ταννινών και σε κινναμωμικά οξέα ( $C_6-C_3$ ). Στα υδροξυβενζοϊκά οξέα η ποικιλομορφία της δομής τους 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 βανιλλικό, το συρινγκικό, το σαλικυλικό, το γαλλικό και το ελλαγικό οξύ. Τα δύο τελευταία οξέα απαντώνται κυρίως υπό δεσμευμένη μορφή, ως γαλλοταννίνες και ελλαγοταννίνες αντίστοιχα (Harborne, 1998). Τα υδροξυκινναμωνικά οξέα βρίσκονται στα φυτά συνήθως ως εστέρες του κινικού, του σικιμικού και του ταρταρικού οξέος. Στην ομάδα αυτή περιλαμβάνονται το *p*-κουμαρικό, το καφεϊκό, το φερουλικό και το σιναπικό οξύ (Crozier et al., 2009).

Οι ταννίνες είναι πολυφαινολικές ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους, που έχουν την ιδιότητα να ενώνονται με τις πρωτεΐνες ή άλλα πολυμερή, όπως οι πολυσακχαρίτες. Στην ιδιότητα αυτή οφείλεται η αίσθηση του στυφού στο στόμα. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στις υδρολύσιμες και στις συμπυκνωμένες. Οι υδρολύσιμες ταννίνες αποτελούνται κυρίως από εστέρες του γαλλικού και του ελλαγικού οξέος με γλυκόζη, ενώ οι συμπυκνωμένες ταννίνες, οι οποίες ονομάζονται και προανθοκυανιδίνες, είναι ολιγομερή ή πολυμερή φλαβαν-3-ολών. (Bravo, 1998; Francisco and Resurreccion, 2008; Crozier et al., 2009).

Τα στιλβένια είναι φαινολικές ενώσεις που αποτελούνται από δυο βενζοϊκούς δακτυλίους που συνδέονται μέσω μιας αλυσίδας δύο ατόμων άνθρακα (C<sub>6</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>). Στα φυτά εμφανίζονται σε περιορισμένο βαθμό και χαρακτηρίζονται ως φυτοοιστρογόνες ενώσεις, ενώ παρέχουν και προστασία έναντι τραυματισμών και μυκητολογικών προσβολών (φυτοαλεξίνες). Χαρακτηριστική ένωση της ομάδας αυτής είναι η ρεσβερατρόλη (3,5,4'-τριυδροξυστιλβένιο (Francisco and Resurreccion, 2008).

#### 1.2.5. Σημασία φαινολικών ενώσεων

Οι φαινολικές ενώσεις είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την καλή λειτουργία των φυτικών οργανισμών. Επιτελούν πολλές και σημαντικές λειτουργίες μέσα στο φυτικό κύτταρο, από τις οποίες, η πιο βασική είναι ότι η προστασία που παρέχουν στο φυτικό κύτταρο από την οξειδωτική καταπόνηση. Η δράση αυτή συσχετίζεται με τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες. Σημειώνεται εξάλλου, ότι 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 συνθέτονται περαιτέρω νέες φαινολικές ενώσεις (Solecka and Kasperska, 2003).

Η διαδικασία της αναπαραγωγής είναι ακόμα μια λειτουργία των φυτών στην οποία λαμβάνουν μέρος φαινολικές ενώσεις. Χρωστικές όπως οι ανθοκυανιδίνες προσδίδουν στα άνθη τους χαρακτηριστικούς τους χρωματισμούς, μέσω των οποίων έλκονται οι επικονιαστές (Wink, 2003). Οι ενώσεις αυτές επίσης, δρουν ως ρυθμιστές στη διαδικασία της αύξησης, της φωτοσύνθεσης και στις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής και συνεισφέρουν στην ανθεκτικότητα έναντι ασθενειών (Βασιλακάκης, 2006). Πέρα από τα παραπάνω, οι φαινολικές ενώσεις 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).

Οι ενώσεις αυτές επίσης κατέχουν αντιμικροβιακές, αντιοιολογικές, 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), του διαβήτη (Tsuda et al., 2003) και διαφόρων καρδιαγγειακών παθήσεων (Vita, 2005). Τέλος συνεισφέρουν, τόσο θετικά (επιθυμητό χρώμα, γεύση και άρωμα), όσο και αρνητικά (μαύρισμα μεταποιημένων προϊόντων και άλλες φυσιολογικές ανωμαλίες) στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων φυτικών προϊόντων (Lule and Xia, 2005).

#### **1.2.6. Αντιοξειδωτική ικανότητα φαινολικών ενώσεων**

Η αντιοξειδωτική δράση των φαινολικών ενώσεων αποδίδεται στην ικανότητα 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 ικανότητα 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/μονήρους ηλεκτρονίου στις ελεύθερες ρίζες και από τη σταθερότητα της παραγόμενης φαινολικής ρίζας.

Καθοριστικό ρόλο κατέχουν τα δομικά χαρακτηριστικά των φαινολικών ενώσεων και επομένως η αντιοξειδωτική τους ικανότητα ποικίλλει και εξαρτάται από τον αριθμό των διαθέσιμων ομάδων υδροξυλίων, το βαθμό γλυκοζυλίωσής τους, την παρουσία μεθυλικών ομάδων και την παρουσία διπλών δεσμών. Μεταξύ των διαφόρων λειτουργικών ομάδων στη στερεοχημική τους δομή, το σημαντικότερο ρόλο αποτελεί ο αριθμός και η διάταξη των ομάδων υδροξυλίου (Frankel and Meyer, 2000; Fernandez-Pancho et al., 2008).

Σε γενικό κανόνα και σύμφωνα με διάφορες έρευνες σε ότι αφορά την αντιοξειδωτική ικανότητα των φλαβονοειδών σημαντικό ρόλο παίζει α) η ύπαρξη υδροξυ- ομάδων στις θέσεις 3- στο δακτύλιο C και 5- στο δακτύλιο A β) ο βαθμός ακορεστότητας στο δακτύλιο C (διπλός δεσμός μεταξύ των θέσεων 2- και 3-) σε συνδυασμό με την παρουσία οξο- ομάδας στη θέση 4- και γ) η ύπαρξη *ortho*-διυδροξυ-διάταξης στο δακτύλιο B (Yanishlieva-Maslarova, 2001).

Κατά 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 περισσότερων ομάδων υδροξυλίου στη δομή τους (Salah et al., 1995). Ως προς τα άγλυκα μέρη των φλαβονολών, μεγαλύτερη ικανότητα παρουσιάζει η κερκετίνη και ακολουθούν η μυρικετίνη και η καμφερόλη. Σε αυτή την κλάση των φαινολικών ενώσεων σημαντικό ρόλο παίζει και ο αριθμός των υδροξυλίων στο δακτύλιο B, 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 κινναμωμικού 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).

Σχετικά με τις ανθοκυανιδίνες, η αύξηση του αριθμού των υδροξυλίων δε συνεπάγεται και ανάλογη αύξηση της αντιοξειδωτικής τους ικανότητας (Wang et al., 1997). Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν το σημαντικό ρόλο του είδους του σακχάρου στην αντιοξειδωτική ικανότητα των ανθοκυανινών. 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.

### **1.2.7. Παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων**

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των φαινολικών συστατικών στα φυτά μπορεί να σχετίζονται με τη φυσιολογία του φυτού ή να είναι περιβαλλοντικοί ή γεωγραφικοί. Η συγκέντρωση τους επηρεάζεται από το στάδιο ανάπτυξης και τα μέρη του φυτού (καρποί, φύλλα, άνθη, σπέρματα) (Wang et al., 2000), ενώ ακόμα και το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας των δενδροκομικών ειδών πιστεύεται ότι επιδρά στα επίπεδα των φαινολικών συστατικών. Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις των φαινολικών ενώσεων παρατηρούνται και μεταξύ ποικιλιών του ίδιου είδους αλλά και μέσα στην ίδια ποικιλία ανάλογα με την εποχή συγκομιδής (Ryan et al., 1999).

Αύξηση των επιπέδων των φαινολικών ενώσεων στους ιστούς των φυτών μπορεί να προκαλέσει και η έλλειψη ή η περίσσεια ενός θρεπτικού στοιχείου. Έτσι, η έλλειψη αζώτου οδηγεί συνήθως στη σύνθεση μεταβολιτών που περιέχουν αποκλειστικά άνθρακα στο μόριο τους (φαινολικές ουσίες) εις βάρος μεταβολιτών

που περιέχουν άζωτο (όπως αλκαλοειδή). Σε περίπτωση επάρκειας αζώτου ή ανεπάρκειας διαθέσιμου άνθρακα (π.χ. σε συνθήκες σκιάς) η περίσσεια αζώτου οδηγεί προς την κατεύθυνση σύνθεσης δευτερογενών μεταβολιτών, οι οποίοι περιέχουν άζωτο στο μόριο τους (Gershenzon, 1984). Περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η υψηλή θερμοκρασία μπορεί να επηρεάσει τη σύνθεση των φαινολικών συστατικών. Σε φυτά ντομάτας και καρπουζιού έχει αποδειχθεί ότι το θερμικό stress ενεργοποιεί τους μηχανισμούς βιοσύνθεσης φαινολικών και αναστέλλει την οξειδωση τους (Rivero et al., 2001).

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, τα φαινολικά συστατικά συμμετέχουν στους μηχανισμούς επαγόμενης άμυνας των φυτών βοηθώντας στην επιβίωση τους. Οι προσβολές από εχθρούς και ασθένειες καθώς και οι μηχανικές βλάβες μπορούν να αυξήσουν τα επίπεδα φαινολικών ενώσεων στα φυτά. Η σύνθεση των φαινολικών ενώσεων μπορεί να επηρεασθεί και από τη γεωγραφική τοποθεσία στην οποία βρίσκεται ένα φυτό. Άλλοι αβιοτικοί παράγοντες εκτός των κλιματικών και γεωγραφικών που μπορούν να επηρεάσουν το φαινολικό περιεχόμενο των φυτών είναι η ρύπανση, το έδαφος (Figueiredo et al., 2008) και οι θερμοκρασίες αποθήκευσης (Wang and Stretch., 2001).

#### **1.2.8. Ποιοτικά χαρακτηριστικά μικρών υδαρών καρπών**

Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές έρευνες σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά υδαρών μικρών καρπών, καθώς παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον τόσο από διατροφική άποψη, όσο και λόγω των ευεργετικών τους επιδράσεων στην υγεία. Στην ενότητα αυτή αναφέρονται συνοπτικά τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα των κυριότερων ερευνών που σχετίζονται με τους καρπούς αυτούς, με ιδιαίτερη έμφαση στις αναφορές για τα μούρα όπου αυτά έχουν μελετηθεί.

Είναι γνωστό ότι οι τιμές του pH, της οξύτητας, των Σ.Δ.Σ., της συνεκτικότητας, βάρους και του χρώματος των καρπών διαφέρουν από καρπό σε καρπό, ακόμη και αν ανήκουν στην ίδια ποικιλία ή γενότυπο. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε καρπούς μύρτιλλων το pH ήταν 3,35, η οξύτητα 4,85, τα Σ.Δ.Σ 13,8 και η συνεκτικότητα 46,4 N (Jackson et al., 1999). Αντίστοιχα, σε καρπούς κόκκινων ποικιλιών σμέουρων παρατηρήθηκε ότι οι παραπάνω παράμετροι κυμάνθηκαν από 2,95 έως 30,6 για το pH, από 1,9 έως 2,5 για την οξύτητα, από 9,2 έως 10,5 για τα Σ.Δ.Σ. και από 4,1 έως 6,9 cm για τη συνεκτικότητα (Haffner et al., 2002). Όσον αφορά τα μούρα, οι τιμές συνεκτικότητας κυμάνθηκαν από 1.6 N για μαύρους γενότυπους έως 2,5 N για άσπρους γενότυπους, τα Σ.Δ.Σ από 17,9% έως 45,65% (Gerasopoulos and Stavroulakis, 1997), το pH από 5,6 έως 6,2 και η οξύτητα από 0,25 έως 2,3% κιτρικού οξέος (Ercisli and Orhan, 2007; Gol et al., 2009).

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ότι οι μικροί καρποί αποτελούν πλούσια πηγή ολικών φαινολικών. Τα φραγκοστάφυλα και οι φράουλες περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις ολικών φαινολικών (322,4 και 335,47 mg γαλλικού οξέος/100 g

νωπού βάρους αντίστοιχα), ενώ ακολουθούν τα βύσσινα, τα σμέουρα και τα κεράσια (95,20 mg γαλλικού οξέος/100 g νωπού βάρους) (Piljac-Zegarac and Samec, 2010). Υψηλής περιεκτικότητας σε φαινολικά είναι και οι καρποί των βατόμουρων, με τιμές πολύ κοντά σε αυτές που έχουν παρατηρηθεί για τα σμέουρα (Pantelidis et al., 2007).

Οι Lin and Tang (2007) μελέτησαν την περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά τεσσάρων διαφορετικών σκουρόχρωμων φρούτων και διαπίστωσαν ότι τα μούρα αποτελούν πλούσια πηγή φαινολικών, ενώ ακολουθούν τα δαμάσκηνα, οι φράουλες και τα μούσμουλα. Από τα διάφορα είδη μούρων που καλλιεργούνται στη μεσογειακή λεκάνη φαίνεται ότι τα μαύρα (*Morus nigra* L.) και κόκκινα (*Morus rubra* L.) μούρα είναι υψηλής συγκέντρωσης σε φαινολικά, ενώ ακολουθούν τα άσπρα μούρα (*Morus alba*) (Ercisli and Orhan, 2007).

Είναι φανερό από τα παραπάνω ότι υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών, για αυτό και σε διαφορετικές έρευνες τα ευρήματα για καρπούς του ίδιου γένους και είδους μπορεί διαφέρουν μεταξύ τους. Καταρχάς, σημαντικό ρόλο παίζουν ο βαθμός ωριμότητας του καρπού κατά τη συγκομιδή και η μεθοδολογία εκχύλισης των δειγμάτων. Επιπλέον, οι εδαφοκλιματικές και καλλιεργητικές συνθήκες (τύπος εδάφους, έκθεση στο ηλιακό φως και επίπεδα υγρασία), καθώς και ο γενότυπος μπορούν να επηρεάζουν σημαντικά σύνθεση του καρπού (Strack, 1997).

Οι Piljac-Zegarac and Samec (2010) στην έρευνα τους παράλληλα με τα ολικά φαινολικά προσδιόρισαν και ολικά φλαβονοειδή σε διάφορους μικρούς καρπούς και παρατήρησαν ότι καρποί με υψηλή περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά δεν είναι απαραίτητα υψηλής περιεκτικότητας σε ολικά φλαβονοειδή. Φαίνεται ότι στη φαινολική σύσταση των εξεταζόμενων καρπών συμμετέχουν τα φαινολικά οξέα και άλλα μη φλαβονοειδή συστατικά. Σε ανάλογα συμπεράσματα έχουν καταλήξει και άλλοι ερευνητές για μύρτιλλα (Zheng and Wang, 2003; Ayaz, et al., 2005), φράουλες (Häkkinen and Törrönen, 2000) και βύσσινα (Dragonić-Uzelac et al., 2007). Από τους μικρούς καρπούς τα βύσσινα, οι φράουλες και τα φραγκοστάφυλα περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις ολικών φλαβονοειδών (101,75 mg κατεχίνης/100 g νωπού βάρους, 95,85 mg κατεχίνης/100 g νωπού βάρους και 92,1 mg κατεχίνης/100 g νωπού βάρους αντίστοιχα), ενώ ακολουθούν τα σμέουρα και τα κεράσια (Piljac-Zegarac and Samec, 2010).

Όσον αφορά τους σκουρόχρωμους καρπούς των μούρων, όπως και στην περίπτωση των φαινολικών, αποτελούν πλούσια πηγή φλαβονοειδών, ενώ ακολουθούν τα δαμάσκηνα, οι φράουλες και τα μούσμουλα (Lin and Tang, 2007). Από τα διάφορα είδη μούρων που καλλιεργούνται στη μεσογειακή λεκάνη τα μαύρα (*Morus nigra* L.) και κόκκινα (*Morus rubra* L.) μούρα είναι υψηλής συγκέντρωσης σε φλαβονοειδή με τιμές 276 και 219 mg 3-(6-malonylglucoside) (QE)/100 g νωπού βάρους αντίστοιχα, ενώ ακολουθούν τα άσπρα μούρα (*Morus alba*) με συγκέντρωση ολικών φλαβονοειδών 29 mg QE/100 g νωπού βάρους (Ercisli and Orhan, 2007).

Οι μικροί καρποί είναι επίσης πλούσιοι σε ανθοκυανίνες. Από τους κόκκινους μικρούς καρπούς οι φράουλες (30,25 mg cyanidin-3-glucoside /100 g νωπού βάρους) και τα βύσσινα (27,21 mg cyanidin-3-glucoside /100 g νωπού βάρους) είναι υψηλής περιεκτικότητας σε ανθοκυανίνες, ενώ ακολουθούν τα φραγκοστάφυλα (23,62 mg cyanidin-3-glucoside/100 g νωπού βάρους), τα σμέουρα και τα κεράσια (Piljac-Zegarac and Samec, 2010). Οι Pantelidis et al. (2007) στη μελέτη καρπών σμέουρων, βατόμουρων, φραγκοστάφυλων, λαγοκέρασων παρατήρησαν ότι οι ολικές ανθοκυανίνες κυμαίνονται από 1.3 στους καρπούς χρώματος κίτρινου έως 223 mg cyanidin-3-glucoside/100 g νωπού βάρους στους σκουρόχρωμους καρπούς.

Οι μικροί καρποί, όπως τα μύρτιλλα, βατόμουρα, μαύρα φραγκοστάφυλα, αρώνιες, κρανμπερις, σταφύλια, σμέουρα και φράουλες αποτελούν πλούσια πηγή αντιοξειδωτικών (Kanner et al., 1994; Kalt et al., 1999; Kähkönen et al., 2001). Η αντιοξειδωτική ικανότητα τους οφείλεται κυρίως στα φαινολικά συστατικά συμπεριλαμβανομένου των τανινών, φαινολικών οξέων, στυλβένιων και τα φλαβονοειδή (κυρίως ανθοκυανίνες, φλαβονόλες, φλαβανόλες) (Prior et al., 1998; Zheng et al., 2003), ενώ η συνεισφορά του ασκορβικού οξέος είναι μικρή (Deighton et al., 2000). Η αντιοξειδωτική δράση καθορίζεται από το είδος, την ποικιλία, την περιοχή, τις καιρικές συνθήκες, το στάδιο ωριμότητας, τις συνθήκες καλλιέργειας και συντήρησης των καρπών, (Benvenuti et al., 2004). Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η αντιοξειδωτική ικανότητα διάφορων μικρών καρπών εκφραζόμενη σε  $\mu\text{mol trolox/g}$  φρέσκου βάρους ήταν 14,8–22,6 για βατόμουρα (Jiao and Wang, 2000), 36,9–93,1 για μαύρα φραγκοστάφυλα (Moyer et al., 2002), 16,8–42,3 για μύρτιλλα (Prior et al., 1998), 160,2 για αρώνιες (Zheng et al., 2003), 8,2–18,5 για cranberry (Zheng et al., 2003; Wang and Stretch, 2001), 7,39 για σταφύλια (Wang et al., 1996), 18,49 για σμέουρα (Proteggente et al., 2002) και 15,36 –24,37 για φράουλες (Wang et al., 1996; Proteggente et al., 2002). Από τις παραπάνω μελέτες είναι φανερό ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας των καρπών σε φαινολικά και ανθοκυανίνες και της αντιοξειδωτικής τους δραστηριότητα.

Οι μικροί καρποί με βάση των αντιοξειδωτική τους ικανότητα μπορούν να χωριστούν σε 2 ομάδες. Στην πρώτη ομάδα ανήκουν οι καρποί με υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα, στην οποία ανήκουν οι φράουλες, τα φραγκοστάφυλα και τα σμέουρα και στην δεύτερη ομάδα οι καρποί με χαμηλή αντιοξειδωτική ικανότητα όπως τα κεράσια και τα βύσσινα (Piljac-Zegarac and Samec, 2010). Τα μούρα φαίνεται να ανήκουν στη πρώτη ομάδα, με τιμές παρόμοιες με αυτές των κόκκινωνφραγκοστάφυλων (Halvorsen et al., 2002).

### 1.2.9. Μεταβολές ποιοτικών χαρακτηριστικών κατά τη συντήρηση μικρών καρπών

Αν και στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές έρευνες, με κύριο αντικείμενο τα ποιοτικά χαρακτηριστικά διαφόρων μικρών καρπών, καθώς και τις μεταβολές τους κατά τη συντήρηση, εντούτοις, απ' όσο γνωρίζουμε δεν έχουν γίνει παρόμοιες έρευνες στα μούρα. Οι χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες, καθώς η σχετική υγρασία κατά τη συντήρηση παίζουν σημαντικό ρόλο στις μεταβολές των χαρακτηριστικών αυτών. Όμως υπάρχουν και άλλοι παράγοντες εξίσου σημαντικοί, όπως η διάρκεια αποθήκευσης, το στάδιο ωριμότητας, η σύνθεση της ατμόσφαιρας που επηρεάζουν τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά των καρπών.

Κατά τη συντήρηση σκούρων μικρών καρπών οι τιμές  $L^*$  και μπορεί να μειωθούν ή να παραμείνουν σταθερές. Οι Haffner et al. (2002) αναφέρουν ότι μετά από αποθήκευση 7 ημερών στους  $1,7^{\circ}\text{C}$  σε σχετική υγρασία 95%. μειώθηκαν οι τιμές  $L^*$ ,  $h^{\circ}$  και  $C^*$  σε καρπούς κόκκινων ποικιλιών σμέουρων (*Rubus idaeus* L.). Μείωση της χρωματικής παραμέτρου  $L^*$  παρατήρησε επίσης και ο Wang (2003) κατά τη συντήρηση σμέουρων για 7 ημέρες στους  $10^{\circ}\text{C}$ . Παρόμοια αποτελέσματα επί των χρωματικών παραμέτρων παρατηρήθηκαν κατά τη συντήρηση φράουλας στους  $3^{\circ}\text{C}$  και  $10^{\circ}\text{C}$  (Shin et al., 2008).

Όσον αφορά την συνεκτικότητα, κατά τη συντήρηση η συνεκτικότητα των καρπών μειώνεται. Συγκεκριμένα, κατά τη συντήρηση μύρτιλλων για 7 έως 21 μέρες στους  $10^{\circ}\text{C}$ , η συνεκτικότητα μειώθηκε από 27% έως 57% (Jackson et al., 1999). Μείωση της συνεκτικότητας παρατηρήθηκε και από τους Deng et al. (2005) κατά την συντήρηση σταφυλιών. Στην ίδια έρευνα οι Jackson et al., 1999 παρατήρησαν ότι το pH, η οξύτητα και τα Σ.Δ.Σ. παρέμειναν σταθερά, ενώ κατά τη συντήρηση σμέουρων σε χαμηλές θερμοκρασίες η οξύτητα μειώθηκε, το pH αυξήθηκε, ενώ η περιεκτικότητα τους σε Σ.Δ.Σ. παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητη (Haffner et al., 2002).

Σχετικά με την επίδραση της θερμοκρασίας συντήρησης στη συγκέντρωση των φαινολικών, φλαβονοειδών, ανθοκυανινών και στην αντιοξειδωτική ικανότητα τα αποτελέσματα διαφόρων ερευνών είναι αντιφατικά. Οι Piljac-Zegarac and Samec (2010) στη μελέτη της μετασυλλεκτικής συμπεριφοράς καρπών σμέουρων (*Rubus idaeus*), κόκκινων φραγκοστάφυλων (*Ribes rubrum*), κερασιών (*Prunus avium*) και βύσσινων (*Prunus cerasus*) παρατήρησαν σημαντικές αυξήσεις στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών και φλαβονοειδών κατά την αποθήκευση στους  $4^{\circ}\text{C}$ , η οποία στην περίπτωση των κερασιών ήταν της τάξης του 72%. Αύξηση των φαινολικών έχει επίσης παρατηρηθεί κατά την αποθήκευση φράουλας στους  $5^{\circ}\text{C}$  (Shin et al., 2007),  $4^{\circ}\text{C}$  (Piljac-Zegarac and Samec, 2010) και κράνμπερις στους  $0^{\circ}\text{C}$  -  $10^{\circ}\text{C}$  (Ayala-Zavala et al., 2004). Σε αντίθεση με τα παραπάνω, άλλοι ερευνητές αναφέρουν ότι η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών παρέμεινε σχετικά σταθερή σε πολλά φρούτα και λαχανικά κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία δωματίου ή ψυγείου (Kevers et al., 2007) ή μειώθηκε όπως στη περίπτωση της φράουλας κατά τη

συντήρηση στους 6°C (Cordenunsi et al., 2005) και κερασιών σε 1-2 °C (Goncalves et al., 2004).

Όσον αφορά τις μεταβολές της αντιοξειδωτικής ικανότητας κατά τη συντήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες, παρατηρήθηκε αύξηση σε φράουλες, σμέουρα και μύρτιλλα, η οποία συνοδεύτηκε και από αύξηση της συγκέντρωσης των ολικών ανθοκυανίνων στην περίπτωση καρπών φράουλας και σμέουρων (Kalt et al., 1999). Σε ανάλογη έρευνα οι Shin et al. (2007) αναφέρουν ότι σε φράουλες η αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας ήταν μεγαλύτερη κατά τη συντήρηση στους 10°C, συγκριτικά με τους 0, 5, 20°C. Αντίθετα, κατά τη συντήρηση στους 4°C η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα κόκκινων φραγκοστάφυλων, φράουλας, κερασιών και βύσσινων, όπως προσδιορίστηκε και με τις μεθόδους FRAP και DPPH παρέμεινε σταθερή (Piljac-Zegarac and Samec, 2010). Σε παρόμοια συμπεράσματα ως προς την σταθερότητα της αντιοξειδωτικής ικανότητας οδηγήθηκαν οι Connor et al. (2002), Mullen et al. (2002) και Kevers et al. (2007) κατά τη μελέτη της μετασυλλεκτικής συμπεριφοράς μύρτιλων, σμέουρων και σταφυλιών αντίστοιχα.

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η συγκέντρωση των φρέσκων φρούτων σε ανθοκυανίνες μπορεί να αυξηθεί σημαντικά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες, καθώς η διαδικασία της βιοσύνθεσης ανθοκυανίνων συνεχίζεται. Αύξηση της συγκέντρωσης σε ανθοκυανίνες έχει αναφερθεί κατά τη συντήρηση καρπών σμέουρων, κόκκινων φραγκοστάφυλων, κερασιών και βύσσινων στους 4°C (Piljac-Zegarac and Samec, 2010), φράουλας (Kalt et al., 1993), μύρτιλλων (Kalt et al., 1999) και σμέουρων (Mazza and Miniati, 1993) σε χαμηλές θερμοκρασίες. Ωστόσο, σε ανάλογη έρευνα οι Mullen et al. (2002) διαπίστωσαν ότι η συγκέντρωση σμέουρων σε ανθοκυανίνες δεν μεταβλήθηκε μετά από αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 10°C, όπως και στην περίπτωση των χαμηλών θερμοκρασιών, οι αντιοξειδωτικές ουσίες των καρπών μεταβάλλονται, όχι όμως κατά τον ίδιο τρόπο. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε αύξηση των φαινολικών κατά την αποθήκευση σμέουρων στους 20°C (Kalt et al., 1999), φράουλας στους 10°C (Shin et al., 2007) και 25 °C (Piljac-Zegarac and Samec, 2010) και κράνμπερις στους 10°C (Ayala-Zavala et al., 2004). Επιπρόσθετα, οι ολικές ανθοκυανίνες σμέουρων, κόκκινων φραγκοστάφυλων και κερασιών αυξήθηκαν κατά τη συντήρηση στους 25°C καρπών (Piljac-Zegarac and Samec, 2010). Αύξηση της συγκέντρωσης σε ανθοκυανίνες κατά την αποθήκευση έχει αναφερθεί και σε άλλες έρευνες για φράουλες (Kalt et al., 1993), μύρτιλλα (Kalt et al., 1999) και σμέουρα (Mazza and Miniati, 1993). Αντίθετα, άλλοι ερευνητές αναφέρουν ότι η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών και ανθοκυανίνων παρέμεινε σχετικά σταθερή ή μειώθηκε. Συγκεκριμένα, οι Cordenunsi et al. (2005) παρατήρησαν ότι κατά τη συντήρηση καρπών φράουλας στους 16 και 25°C η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών μειώθηκε, ενώ οι Mullen et al. (2002) διαπίστωσαν ότι η συγκέντρωση των σμέουρων

σε ανθοκυανίνες δεν μεταβλήθηκε μετά από αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες ή στους 48°C για 3 ημέρες και κατόπιν στους 18°C για 24 ώρες.

Η σχετική υγρασία του χώρου φαίνεται ότι επηρεάζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών κατά τη συντήρηση. Οι Shin et al. (2007) παρατήρησαν ότι η αύξηση των φαινολικών και φλαβονοειδών κατά τη συντήρηση καρπών φράουλας στην ίδια θερμοκρασία ήταν υψηλότερη σε σχετική υγρασία 95%, σε σχέση με σχετική υγρασία 85% και 75%. Ωστόσο, σε ότι αφορά τις τιμές των χρωματικών παραμέτρων των ίδιων καρπών φαίνεται ότι η επίδραση της σχετικής υγρασίας επί των παραμέτρων αυτών είναι μικρή.

Σημαντικό ρόλο στις μεταβολές των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών παίζει και η διάρκεια συντήρησης. Οι Jackson et al. (1999) αναφέρουν ότι ο χρόνος συντήρησης επηρέασε το pH, την οξύτητα, τα ΣΔΣ και τη συνεκτικότητα σε μύρτιλλα. Οι Piljac-Zegarac and Samec (2010) επίσης, παρατήρησαν ότι η συσσώρευση των ανθοκυανινών σε σμέουρα, κόκκινα φραγκοστάφυλα, κεράσια και βύσσινια ήταν υψηλότερη κατά την παρατεταμένη αποθήκευση στις χαμηλές θερμοκρασίες. Ωστόσο, η περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά και φλαβονοειδή καρπών φράουλας, βύσσινων και σμέουρων ήταν χαμηλότερη κατά τη συντήρηση στους 4°C συγκριτικά με της μικρότερης διάρκειας συντήρησης στους 25°C, ενώ σε καρπούς κερασιών και κόκκινων φραγκοστάφυλων ήταν υψηλότερη. Παρόμοια αποτελέσματα για τη φράουλα αναφέρουν και οι Shin et al. (2007) κατά τη συντήρηση σε 0, 10, 20°C.

Προκειμένου να βελτιωθεί η μετασυλλεκτική συμπεριφορά και να διατηρηθούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, τα φρούτα και τα λαχανικά θα πρέπει να συλλέγονται στο κατάλληλο στάδιο ωριμότητας. Φράουλες, που συγκομίστηκαν πρώιμα, κατά την αποθήκευση παρουσίασαν αύξηση στη συγκέντρωση των ανθοκυανινών και μεγαλύτερης έντασης χρώματος σε σχέση με τη συγκομιδή. Παρ' όλα αυτά η περιεκτικότητα τους σε ανθοκυανίνες (pelargonidin 3-glucoside και cyanidin 3-glucoside) ήταν χαμηλότερη σε σχέση με φράουλες που συλλέχθηκαν στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας (Nunes et al., 2006). Επιπρόσθετα, σε κεράσια που αποθηκεύτηκαν στους 15°C παρατηρήθηκε έως και πέντε φορές αύξηση της περιεκτικότητας στη χρωστική.

Σε μελέτες της μετασυλλεκτικής συμπεριφοράς των καρπών κατά την αποθήκευση σε ελεγχόμενες και τροποποιημένες ατμόσφαιρες έχει παρατηρηθεί ότι τα διάφορα φυτικά είδη συμπεριφέρονται διαφορετικά ακόμη και κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Οι Deng et al. (2005) παρατήρησαν ότι αν και η συνεκτικότητα σταφυλιών μειώθηκε κατά τη συντήρηση, η πτώση ήταν υψηλότερες στις κανονικές ατμόσφαιρες συγκριτικά με τις τροποποιημένες (40% O<sub>2</sub> + 30% CO<sub>2</sub> ή 80% O<sub>2</sub>). Η συγκέντρωση σε ανθοκυανίνες φαίνεται ότι επηρεάζεται από τη σύνθεση της ατμόσφαιρας. Πιο συγκεκριμένα, αν και η περιεκτικότητα των κρανμπερις σε ολικά φαινολικά δεν φαίνεται να επηρεάζεται από την αποθήκευση σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες,

εντούτοις τα επίπεδα CO<sub>2</sub> παίζουν κάποιο ρόλο (Gunes et al., 2002). Σε μύρτιλα, η περιεκτικότητα των καρπών σε ολικές ανθοκυανίνες μετά την αποθήκευση 35 ημερών σε θερμοκρασία 5°C σε συνθήκες υψηλού O<sub>2</sub> (>60%) ήταν 1.2 φορές υψηλότερες σε σχέση με καρπούς που αποθηκεύτηκαν για το ίδιο χρονικό διάστημα σε αέρα ή ατμόσφαιρα σύνθεσης 40–60% O<sub>2</sub> (Zheng et al., 2003). Επίσης, κατά την αποθήκευση καρπών φράουλας σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες δεν επηρεάστηκε η περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες στους εξωτερικούς ιστούς, αλλά προκλήθηκε μείωση στους εσωτερικούς ιστούς (Gil et al., 1997). Σύμφωνα με τους Haffner et al. (2002) οι ολικές ανθοκυανίνες κόκκινων καρπών σμέουρων (*Rubus idaeus* L.) αυξήθηκαν μετά από την αποθήκευση 7 ημερών στους 1,7°C με σχετική υγρασία 95% σε κανονικές και τροποποιημένες ατμόσφαιρες (10% O<sub>2</sub> + 15% CO<sub>2</sub>), ενώ μειώθηκε στην περίπτωση αποθήκευση σε ατμόσφαιρα σύνθεσης 10% O<sub>2</sub> +31% CO<sub>2</sub>.

### 1.3. Σκοπός της Μελέτης

Σκοπός του πειράματος είναι η μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών φρέσκων μούρων ενός υβρίδιου, γνωστού γενότυπου (Fengchisan) και τριών τυχαίων γενοτύπων (Μαύρη 2, Άσπρη 1, Άσπρη 2) *Morus alba* L., καθώς και οι μεταβολές αυτών κατά συντήρηση. Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα εργασία θα μελετηθούν οι μεταβολές του βάρους, του χρώματος, της συνεκτικότητας, των Σ.Δ.Σ., του pH, της οξύτητας, των φαινολικών, των φλαβονοειδών, της αντιοξειδωτικής ικανότητας και των ανθοκυανινών των καρπών των παραπάνω γενοτύπων κατά τη συντήρηση έως 10 ημέρες σε θερμοκρασία 1°C και σχετική υγρασία 95%.

Η καλλιέργεια της μουριάς στην Ελλάδα έχει πολλές προοπτικές, καθώς το δέντρο αυτό έχει μεγάλη προσαρμοστικότητα και ευδοκιμεί σε εδάφη ποικίλης σύνθεσης, ενώ είναι αρκετά ανθεκτικό στις δύσκολες κλιματικές συνθήκες, όπως τη χαμηλή ατμοσφαιρική υγρασία και την υψηλή θερμοκρασία. Αν και οι εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας μας είναι κατάλληλες για την παραγωγή μούρων πολύ καλής ποιότητας, παρόλ' αυτά η καλλιέργεια τους για παραγωγή καρπών δεν είναι διαδεδομένη, καθώς υπάρχει μια τάση να προτιμούνται άλλοι μικροί καρποί τόσο για κατανάλωση ως φρέσκο προϊόν, όσο και για χρήση στη ζαχαροπλαστική ή παρασκευή χυμών. Με βάση τα παραπάνω σκόπιμο είναι να μελετηθούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των μούρων (βάρος, χρώμα, συνεκτικότητα, Σ.Δ.Σ., pH, οξύτητα κτλ.), κατά τη συγκομιδή και τη συντήρηση, ώστε διαπιστωθεί αν οι καρποί αυτοί μπορούν να αξιοποιηθούν εμπορικά και αν θα είναι προσελκυστικοί για τον καταναλωτή.

Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί ιδιαίτερη σημασία στους καρπούς των μούρων, καθώς πρόκειται για καρπούς υψηλής διατροφικής αξίας, που περιέχουν θρεπτικά συστατικά ζωτικής σημασίας για τον ανθρώπινο μεταβολισμό, που βοηθούν στη πρόληψη ή και θεραπεία ασθενειών και διαταραχών. Οι ευεργετικές τους επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία, αποδίδονται και στην περιεκτικότητα 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. Η υψηλή διατροφική αξία των μούρων και η παρουσία σε αυτά φαινολικών ενώσεων, ιδίως φλαβονοειδών και ανθοκυανίνων, σε συνδυασμό με την αντιοξειδωτική τους ικανότητα, καθιστά ενδιαφέρουσα την περαιτέρω μελέτη των αντιοξειδωτικών παραμέτρων σε διαφορετικούς γενότυπους και των ενδεχομένων μεταβολών τους, κατά τη συντήρηση των καρπών.

Αν και έχουν γίνει έρευνες σε κάποιες ποικιλίες ή γενότυπους *Morus alba* L. ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών τους κατά τη συγκομιδή, η μετασυλλεκτική τους συμπεριφορά δεν έχει μελετηθεί. Καθώς πρόκειται για έναν καρπό ιδιαίτερα ευπαθή, είναι επιθυμητό να ερευνηθούν οι μεταβολές των ανωτέρω χαρακτηριστικών κατά τη συντήρηση.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής επιλέχθηκαν οι καρποί τεσσάρων διαφορετικών γενότυπων (δυο γενότυποι με σκουρόχρωμους καρπούς και δύο γενότυποι με ανοιχτόχρωμους καρπούς) για να μελετηθούν ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Σημειώνεται ότι οι καρποί δέχτηκαν τους ίδιους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς, ώστε τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά το στάδιο της συγκομιδής σε φρέσκους καρπούς και κατά τη συντήρησή τους, ώστε να εκτιμηθούν τα αρχικά επίπεδα τιμών και η επίδραση της διάρκειας συντήρησης και του γενότυπου στα επίπεδα αυτά. Ο λόγος που επιλέχθηκαν γενότυποι διαφορετικού χρώματος είναι για να ερευνηθεί, αν και κατά πόσο οι ανθοκυανίνες συνεισφέρουν στο χρώμα, στη γεύση, στη προσελκυστικότητα και αντιοξειδωτική ικανότητα των μούρων.

Συμπερασματικά, στην παρούσα εργασία, θα μελετηθούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά φρέσκων μούρων τεσσάρων γενότυπων *Morus alba* L., καθώς και η πορεία τους κατά συντήρηση. Οι πιθανές διαφορές μεταξύ των γενότυπων ως προς αυτά τα χαρακτηριστικά αυτά, καθώς και η επίδραση της διάρκειας συντήρησης επί αυτών, ενδεχομένως να συντελέσουν στην προώθηση συγκεκριμένων εξ αυτών στη συστηματική καλλιέργεια και για συγκεκριμένη χρήση, εφόσον βέβαια πληρούν και άλλες απαραίτητες και επιθυμητές προδιαγραφές.

## **2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

### **2.1. Πρώτη ύλη**

Στη παρούσα μελέτη, μελετήθηκαν ένα υβρίδιο, γνωστού γενότυπου (Fengchisan) (Gao et al., 1999) και τρεις τυχαίοι γενότυποι (Μαύρη 2, Άσπρη 1 και Άσπρη 2) του είδους *Morus alba* L. Οι «Fengchisan» και «Μαύρη 2» βρίσκονται στο χώρο του μελισσοκομείου του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, ο γενότυπος «Άσπρη 2» στο δένδροκομείο του Εργαστηρίου Δενδροκομίας του Γεωπονικού

Πανεπιστημίου Αθηνών, Ιερά Οδός 75 στην Αθήνα και ο γενότυπος «Άσπρη 1» στο άλσος Αθηνών, Πεδίον του Άρεως.

Το υβρίδιο Fengchisan φέρει καρπούς σχετικά μεγάλου μεγέθους και χρώματος μαύρου. Οι καρποί της Μαύρη 2, μοιάζουν εξωτερικά με τους καρπούς της Fengchisan, με τη διαφορά ότι είναι μεγαλύτερου μεγέθους και λιγότερο επιμήκεις σε σχέση με τους τελευταίους, ενώ οι καρποί των γενοτύπων Άσπρη 1 και Άσπρη 2 είναι χρώματος λευκού. Όπως φαίνεται και στις Εικόνες 1 - 4 τα δέντρα των γενοτύπων «Fengchisan», «Άσπρη 1» και «Άσπρη 2» χαρακτηρίζονται από πλαγιόκλαδη βλάστηση, ενώ της «Μαύρη 2» από ορθόκλαδη βλάστηση.

Οι καρποί της Fengchisan συγκομίστηκαν στις 08-05-2010, μετά από 15 ημέρες ακολούθησε η Μαύρη 2 (δηλ. στις 23-05-2010), ενώ οι όψιμες Άσπρη 1 και Άσπρη 2 συγκομίστηκαν ταυτόχρονα στις 13-06-2010. Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στο στάδιο πριν την πλήρη ωρίμανση, κατά το οποίο το ποδίσκο των καρπών αποχωρίζεται εύκολα από το δέντρο, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση διαφορετικών σταδίων ωριμότητας στα χαρακτηριστικά των καρπών. Η συλλογή των μούρων έγινε ομοιόμορφα από όλη τη κόμη των δέντρων, με το χέρι και προσεκτικά, ώστε οι καρποί να φέρουν ανέπαφο το ποδίσκο τους. Μετά τη συλλογή τους οι καρποί τοποθετήθηκαν προσεκτικά σε πλαστικά κύπελλάκια και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο.

Αμέσως μετά τη μεταφορά των καρπών στο εργαστήριο ξεκίνησε η διαλογή τους για την απομάκρυνση καρπών μικρών, μη υγιών, μη τυπικού σχήματος και χωρίς ποδίσκο. Κατόπιν, οι καρποί που επιλέχθηκαν τυχαία, χωρίστηκαν σε ομάδες των 9 καρπών και εν συνεχεία τοποθετήθηκαν σε πλαστικά κύπελλα. Για κάθε μέτρηση και για κάθε ημερομηνία αξιολογήθηκαν οι καρποί από 3 κύπελλα, που αποτέλεσαν και στις τρεις επαναλήψεις. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι καρποί δεν δέχτηκαν κανένα μετασυλλεκτικό χειρισμό με χημική μέθοδο (χρήση μυκητοκτόνου) για αποφυγή πιθανής επίδρασης στα επίπεδα των ενδογενών αντιοξειδωτικών.

Οι καρποί συντηρήθηκαν σε αέρα, σε θερμοκρασία 1°C (+0.5) και σχετική υγρασία 95% έως 6 ημέρες για τις Fengchisan, Άσπρη 1 και Άσπρη 2 και έως 10 ημέρες για τη Μαύρη 2. Η μέτρηση των ολικών διαλυτών στερεών, του χρώματος, του βάρους, του pH και της ογκομετρούμενης οξύτητας πραγματοποιήθηκε τόσο κατά τη συγκομιδή, όσο και κατά τη συντήρηση (Fengchisan: 3<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης, Μαύρη 2: 3<sup>η</sup>, 6<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> μέρα, Άσπρη 1 και Άσπρη 2: 2<sup>η</sup>, 3<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> ημέρα). Όλες οι μετρήσεις στους νωπούς καρπούς έγιναν αφού απέκτησαν τη θερμοκρασία των 20°C. Όσον αφορά τις μετρήσεις των ολικών φαινολικών, ολικών φλαβονοειδών, της αντιοξειδωτικής ικανότητας και των ανθοκυανίνων, τα αντίστοιχα δείγματα τοποθετήθηκαν στην κατάψυξη στους -20°C, όπου και παρέμειναν μέχρι την εκχύλιση τους.



Εικόνα 1: Δέντρο του υβριδίου Fengchisan στο χώρο του ΓΠΑ



Εικόνα 2: Δέντρο του γενότυπου Μαύρη 2 στο χώρο του ΓΠΑ



Εικόνα 3: Δέντρο του γενότυπου Άσπρη 1 στο Πεδίον του Άρεως.



Εικόνα 4: Δέντρο του γενότυπου Άσπρη 2 στο χώρο του ΓΠΑ

## 2.2. Απώλεια βάρους καρπών

Για τον υπολογισμό της απώλειας βάρους των καρπών κατά τη συντήρηση, μετρήθηκε το βάρος των καρπών τις πρώτες ώρες μετά τη συγκομιδή και ανά τακτά χρονικά διαστήματα (Fengchisan: 3<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης, Μαύρη 2: 3<sup>η</sup>, 6<sup>η</sup> και

10<sup>η</sup> μέρα, Άσπρη 1 και Άσπρη 2: 2<sup>η</sup>, 3<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> ημέρα). Σημειώνεται ότι οι καρποί ζυγίζονταν μαζί με τους ποδίσκους του. Η απώλεια βάρους εκφράστηκε σε επί τις εκατό του αρχικού βάρους.

### **2.3. Προσδιορισμός χρώματος των καρπών**

Για τη μέτρηση αυτή χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της χρωματομετρίας και συγκεκριμένα το χρωματόμετρο Minolta CR-300. Σε κάθε μούρο μετρήθηκε το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας στο μέσο της κυρτής πλευράς. Σημειώνεται ότι όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τρεις επαναλήψεις

Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε  $L^*$ , hue angle ( $h^\circ$ ) και  $C^*$ . Η παράμετρος  $L^*$  (Lightness) αποθηκεύει όλη την πληροφορία φωτεινότητας της εικόνας παίρνοντας τιμές από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό). Η παράμετρος  $C^*$  (Chroma) δείχνει τη χρωματική πυκνότητα δηλ. προσδιορίζει την ένταση ή την καθαρότητα του χρώματος, ενώ η παράμετρος  $h^\circ$  μετράται σε μοίρες και προσδιορίζει την απόχρωση παίρνοντας τιμές  $0^\circ$  για το κόκκινο-πορφυρό,  $90^\circ$  για το κίτρινο,  $180^\circ$  για το γαλαζοπράσινο και  $270^\circ$  για το μπλε (McGuire, 1992).

### **2.4. Μέτρηση συνεκτικότητας**

Η συνεκτικότητα των καρπών των μούρων μετρήθηκε με χειροκίνητο πενετόμετρο (Chatillon), κλίμακας 0 - 1 κιλό, που ήταν εφοδιασμένο με κωνική ακίδα διαμέτρου και ύψους 5 mm x 5 mm. Η μέτρηση της συνεκτικότητας γινόταν στο μέσο της κυρτής πλευράς του κάθε καρπού, με την ακίδα να εισέρχεται πλήρως μέσα στον καρπό. Πραγματοποιήθηκε μια μέτρηση ανά μούρο και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε N.

### **2.5. Μέτρηση συνολικών διαλυτών στερεών, pH και τιτλοδοτούμενης οξύτητας**

Για τη μέτρηση των συνολικών διαλυτών στερεών (Σ.Δ.Σ.) οι κορυφές των μούρων του δείγματος συμπιέστηκαν για εκχύμωση και ακολούθησε φιλτράρισμα του χυμού με φίλτρο Whatman. Από το χυμό που παραλήφθηκε, μετρήθηκαν τα Σ.Δ.Σ. με τη χρήση διαθλασίμετρου χειρός, μοντέλο ATAGO 8469. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε % (βαθμοί brix).

Για τον προσδιορισμό του pH και της τιτλοδοτούμενης οξύτητας του χυμού μούρων, προηγήθηκε ομογενοποίηση του δείγματος καρπών σε εργαστηριακό ομογενοποιητή, και κατόπιν μετά από κατάλληλη αραίωση με απεσταγμένο νερό πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Για τη μέτρηση του pH χρησιμοποιήθηκε pH-μέτρο JENWAY 3310. Η ρύθμιση του οργάνου γινόταν με ρυθμιστικό διάλυμα με pH=7 και ακολουθούσαν οι μετρήσεις στο χυμό μούρων.

Για τον προσδιορισμό της τιτλοδοτούμενης οξύτητας έγινε τιτλοδότηση με διάλυμα καυστικού νατρίου, κανονικότητας 0,1 N. Το σημείο εξουδετέρωσης

προσδιορίστηκε με pH-μέτρο όταν το pH έπαιρνε τιμή 8,2. Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα εκφράστηκε σε g κιτρικού οξέος ανά 100 ml χυμού.

## **2.6. Εκχύλιση**

Για την εκχύλιση των δειγμάτων που προορίζονταν για τις μετρήσεις των ολικών φαινολικών, ολικών φλαβονοειδών, της αντιοξειδωτικής ικανότητας και των ανθοκυανίνων, αρχικά χρησιμοποιήθηκε εργαστηριακός ομογενοποιητής, για την ομογενοποίηση του δείγματος με διάλυμα ακετόνης 80% (σε διπλά απεσταγμένο νερό DDW). Στη συνέχεια, έγινε περαιτέρω εκχύλιση σε λουτρό υπερήχων και ακολούθησε φυγοκέντρηση στις 4000 στροφές για 5 λεπτά. Η όλη διαδικασία επαναλήφθηκε 2 φορές για κάθε δείγμα. Κατόπιν, ακολούθησε απομάκρυνση του διαλύτη στους 37°C, σε σύστημα συνεχής ροής αζώτου. Μετά την απομάκρυνση του διαλύτη το δείγμα αποθηκεύτηκε στους -20°C μέχρι να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις.

## **2.7. Προσδιορισμός ολικών φαινολικών στους καρπούς**

Τα ολικά φαινολικά εκτιμήθηκαν με κάποιες τροποποιήσεις της μεθόδου Folin-Ciocalteu (FCR), σύμφωνα με τους Gunes et al. (2002) και Tsantili et al. (2010). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εις τριπλούν για κάθε επανάληψη και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg γαλλικού οξέος ανά g νωπού βάρους καρπού (mg GAE/g ν.β. καρπού).

## **2.8. Προσδιορισμός ολικών φλαβονοειδών στους καρπούς**

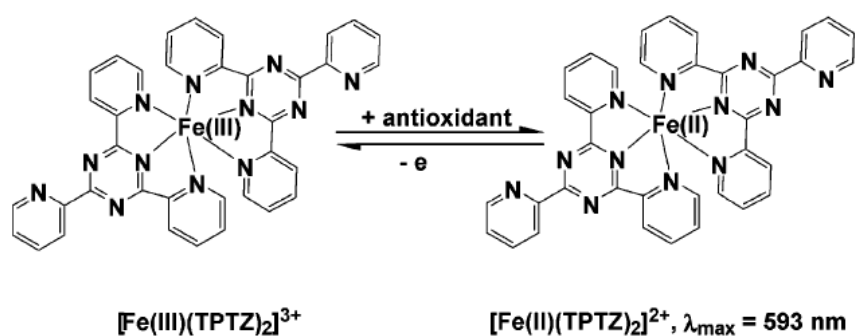
Τα ολικά φλαβονοειδή υπολογίστηκαν με κάποιες τροποποιήσεις της μεθόδου των Gunes et al. (2002) και Tsantili et al. (2010). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εις τριπλούν για κάθε επανάληψη και τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφράστηκαν σε mg ισοδύναμων κατεχίνης ανά g φρέσκου βάρους καρπού (mg CE/g ν.β. καρπού).

## **2.9. Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας στους καρπούς**

Για την καλύτερη αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές μέθοδοι εκτίμησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας, καθώς μόνο μία δεν αρκεί για 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 (Halvorsen et al., 2002; Francisco and Resurreccion, 2008). Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ των μεθόδων είναι ότι στη μέθοδο FRAP εκτιμάται άμεσα η αναγωγική ικανότητα των αντιοξειδωτικών ενώσεων, θεωρώντας την

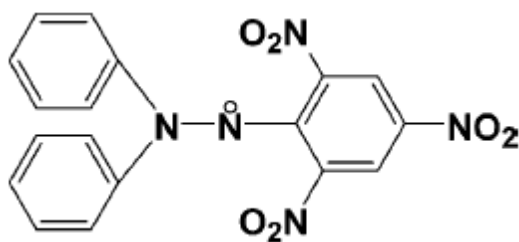
αναγωγική ικανότητα και την αντιοξειδωτική ικανότητα ίση (Benzie and Strain, 1996), ενώ στη μέθοδο DPPH εκτιμάται η ικανότητα των αντιοξειδωτικών ενώσεων να εξουδετερώνουν τις συνθετικές ελεύθερες ρίζες του αντιδραστηρίου DPPH (Brand-Williams et al., 1995). Επιπλέον, η μέθοδος FRAP είναι περισσότερο ευαίσθητη στην παρουσία υδρόφιλων αντιοξειδωτικών ενώσεων, ενώ η μέθοδος DPPH στην παρουσία λιπόφιλων και υδρόφιλων ενώσεων (Apak et al., 2007).

Η μέθοδος FRAP στηρίζεται στη μείωση του θετικού φορτίου του τρισθενούς σιδήρου στο σύμπλοκο  $\text{Fe}^{3+}$ -TPTZ [2,4,6-τρι-(2-πυριδύλ)-s-τριαζίνη] κατά την παρουσία κάποιου αντιοξειδωτικού σε όξινο μέσο και στο σχηματισμό του συμπλόκου  $\text{Fe}^{2+}$ -TPTZ, το οποίο έχει χρώμα μπλε (Σχήμα 6). Στην παρούσα μελέτη, σε δείγμα μετά από προσθήκη αντιδραστηρίου FRAP και μετά την πάροδο 30 λεπτών στους  $37^\circ\text{C}$  σε υδατόλουτρο υπό κάλυψη, μετρήθηκε η απορρόφηση στα 593 nm με χρήση φασματοφωτόμετρου (Benzie and Strain, 1996; Thairong. 2006).



**Σχήμα 6:** Αναγωγή του συμπλόκου  $\text{Fe}^{3+}$ -TPTZ σε  $\text{Fe}^{2+}$ -TPTZ παρουσία αντιοξειδωτικού (Huang et al., 2005).

Η μέθοδος DPPH βασίζεται στη μείωση της απορρόφησης της DPPH (2,2-διφαινύλ-1-πυκρινιδραζύλ) όταν έρθει σε επαφή με αντιοξειδωτικές ουσίες. Η DPPH (Σχήμα 7) σημειώνει το μέγιστο της απορρόφησης της στα 515 nm μήκος κύματος. Για την εκτίμηση αντιοξειδωτικής ικανότητας με τη μέθοδο DPPH σε δείγμα αναμειχθηκε διαλύμα DPPH (60  $\mu\text{M}$  σε MeOH). Μετά την πάροδο 30 λεπτών υπό κάλυψη, μετρήθηκε η μείωση της απορρόφησης στα 515 nm με χρήση φασματοφωτόμετρου (Brand-Williams et al., 1995).



**Σχήμα 7:** Η ρίζα DPPH (2,2- διφαινύλ-1-πυκρινιδραζύλ) (Huang et al., 2005).

Οι μετρήσεις για το προσδιορισμό της αντιοξειδωτικής ικανότητας με τη μέθοδο FRAP και με τη μέθοδο DPPH πραγματοποιήθηκαν εις τριπλούν για κάθε επανάληψη και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε  $\mu\text{mol TE/g}$  νωπού βάρους καρπού. Παράλληλα και στις δύο παραπάνω μεθόδους μετρήθηκαν και οι απορροφήσεις διαφόρων συγκεντρώσεων trolox για την παρασκευή πρότυπης καμπύλης.

## 2.10. Προσδιορισμός ολικών ανθοκυανίνων

Ο προσδιορισμός των ολικών ανθοκυανίνων έγινε με τη μέθοδο του διαφορικού pH, όπως περιγράφεται από τους Giusti and Wrolstad (2001). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή η χημική δομή των ανθοκυανίνων αλλάζει ανάλογα με το pH, η οποία εκδηλώνεται με την απορρόφηση σε διαφορετικά φάσματα δράσης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εις τριπλούν για κάθε επανάληψη.

Η απορρόφηση του δείγματος υπολογίστηκε σύμφωνα με το τύπο (1).

$$A = (A_{i510} - A_{i700})\text{pH}_{1.0} - (A_{i510} - A_{i700})\text{pH}_{4.5} \quad (1)$$

όπου

i: ο αριθμός του δείγματος

$A_{i510}$ : απορρόφηση του i δείγματος στα 510 nm

$A_{i700}$ : απορρόφηση του i δείγματος στα 700 nm

pH<sub>1.0</sub>: το i δείγμα ήταν αραιωμένο σε ρυθμιστικό διάλυμα με pH 1.0

pH<sub>4.5</sub>: το i δείγμα ήταν αραιωμένο σε ρυθμιστικό διάλυμα με pH 4.5

Οι ολικές μονομερείς ανθοκυανίνες εκφράστηκαν σε  $\mu\text{g}$  γλυκοζίτη-3 της κυανιδίνης (Cyd-3-glu) / g νωπού βάρους.

## 2.11. Οργανοληπτική δοκιμή

Η οργανοληπτική δοκιμή των καρπών των εξεταζόμενων γενοτύπων πραγματοποιήθηκε το 2010, την 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης για τους καρπούς των γενοτύπων Fengchisan, Μαύρη 2 και τη 2<sup>η</sup> μέρα αντίστοιχα για τους καρπούς της Άσπρη 1. Κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση δεν συμμετείχαν μούρα του γενότυπου Άσπρη 2, λόγω κάποιων ψεκασμών που είχαν πραγματοποιηθεί στο δενδροκομείο.

Για την εκτέλεση της δοκιμής χρησιμοποιήθηκαν 9 δοκιμαστές για τη Fengchisan, 10 για τη Μαύρη 2 και 8 για την Άσπρη 1. Σημειώνεται ότι οι δοκιμαστές σε κάθε δοκιμή ήταν διαφορετικοί και μη εκπαιδευμένοι. Κάθε δοκιμαστής είχε στη διάθεση του τέσσερις καρπούς του ίδιου γενότυπου, τους οποίους κλήθηκε να αξιολογήσει ως προς τα χαρακτηριστικά τους. Πιο συγκεκριμένα, του δόθηκαν να συμπληρώσει δύο Ερωτηματολόγια (Παράρτημα I), η μία αφορούσε την οργανοληπτική δοκιμή χαρακτηριστικών και η άλλη την οργανοληπτική δοκιμή αρεσκείας.

Κατά την οργανοληπτική δοκιμή χαρακτηριστικών οι δοκιμαστές έπρεπε να κατατάξουν το μέγεθος, τη συνεκτικότητα, την οξύτητα, το χρώμα και τη γλυκύτητα του προϊόντος, επιλέγοντας τη διαβάθμιση του χαρακτηριστικού που ταίριαζε καλύτερα. Για την ανάλυση, μελέτη και προβολή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε τριτοβάθμια κλίμακα για το προσδιορισμό του μεγέθους, της συνεκτικότητας και της οξύτητας και πεντοβάθμια κλίμακα για τον προσδιορισμό του εξωτερικού χρώματος και τη γλυκύτητας.

Κατά τη δοκιμή οργανοληπτικής αρεσκείας, αξιολογήθηκε η προτίμηση και αποδοχή των χαρακτηριστικών του προϊόντος. Αναλυτικότερα, για την εκτίμηση των χαρακτηριστικών μέγεθος, συνεκτικότητα, γεύση, χρώμα, γλυκύτητα, γενική εμφάνιση και οξύτητα χρησιμοποιήθηκε κλίμακα με 5 βαθμίδες (Απαράδεκτο: 1, Σχεδόν κακό: 2, Μέτριο: 3, Καλό: 4, Πολύ καλό: 5). Τεταρτοβάθμια κλίμακα χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση του ερωτήματος «Ποιούς μικρούς καρπούς τρώτε;» (Σμέουρα, Μύρτιλα, Βατόμουρα, Μούρα) και πεντοβάθμια κλίμακα στην περίπτωση του ερωτήματος «Τρώτε μούρα;»

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, η αξιολόγηση και κατάταξη των χαρακτηριστικών έγινε σε κλίμακες διαφορετικών βαθμίδων. Σε όλες τις κλίμακες, εκτός των δύο ερωτημάτων κατά την οργανοληπτική δοκιμή αρεσκείας ακολουθήθηκε αύξουσα κατάταξη, η οποία αντιστοιχεί σε αυξανόμενη ένταση του χαρακτηριστικού ή βαθμού αρεσκείας. Στην περίπτωση του ερωτήματος «Τρώτε μούρα;» η κατάταξη ήταν ποσοτική, ενώ στην ερώτηση «Ποιούς μικρούς καρπούς τρώτε;» κάθε βαθμίδα αντιστοιχούσε σε ένα μικρό καρπό.

Σημειώνεται ότι και στις δυο δοκιμές για την αξιολόγηση της οξύτητας, της γλυκύτητας και της γεύσης οι δοκιμαστές έπρεπε να δοκιμάσουν τους καρπούς του κάθε γενότυπου μουριάς πριν απαντήσουν.

## **2.12. Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων**

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων για την εκτίμηση της επίδρασης του χρόνου συντήρησης για όλες τις παραμέτρους καθόλη τη διάρκεια της συντήρησης (δηλ. από την ημέρα συγκομιδής έως τη 1<sup>η</sup> μέρα συντήρησης) πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το μονοπαραγοντικό εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο

Η σημαντικότητα της επίδρασης του γενοτύπου, του χρόνου συντήρησης και της αλληλεπίδρασης τους στις παραμέτρους που μελετήθηκαν κατά τις κοινές μέρες συντήρησης (δηλ. ημέρα συγκομιδής, 3<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης), εκτιμήθηκαν με βάση τις τιμές των πιθανοτήτων ( $P$ ) των πινάκων της Ανάλυσης Διασποράς, κατά το διπαραγοντικό εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο.

Ο έλεγχος της σημαντικής διαφοράς μεταξύ των μέσων, έγινε μέσω της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD test), σε επίπεδο σημαντικότητας  $P \leq 0,05$ .



Ελέγχθηκε επίσης η σημαντικότητα των συσχετίσεων κατά Pearson μεταξύ των μετρούμενων παραμέτρων. Για τη στατιστική ανάλυση των πειραματικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Statgraphics 10.

### **3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

#### **3.1. Βάρος κατά τη συγκομιδή**

Οι καρποί των μούρων των τεσσάρων εξεταζόμενων γενοτύπων (Fengchisan, Μαύρη 2, Άσπρη 1, Άσπρη 2) συγκομίστηκαν στο ίδιο περίπου στάδιο ωριμότητας, σε διαδοχικές ημερομηνίες κατά την περίοδο Μάιος-Απρίλιος 2010. Όπως φαίνεται και στις Εικόνες 5 - 8, οι Μαύρη 2 και Fengchisan χαρακτηρίζονται από καρπούς χρώματος μαύρου, ενώ οι Άσπρη 1, Άσπρη 2 από καρπούς χρώματος λευκού.



**Εικόνα 5: Υβρίδιο Fengchisan: Μέσο βάρος καρπού κατά τη συγκομιδή 3.63 γρ. (n=9, ΤΣ= 0,09).**



**Εικόνα 6: Γενότυπος Μαύρη 2: Μέσο βάρος καρπού κατά τη συγκομιδή 4.02 γρ. (n=9, ΤΣ= 0,07).**



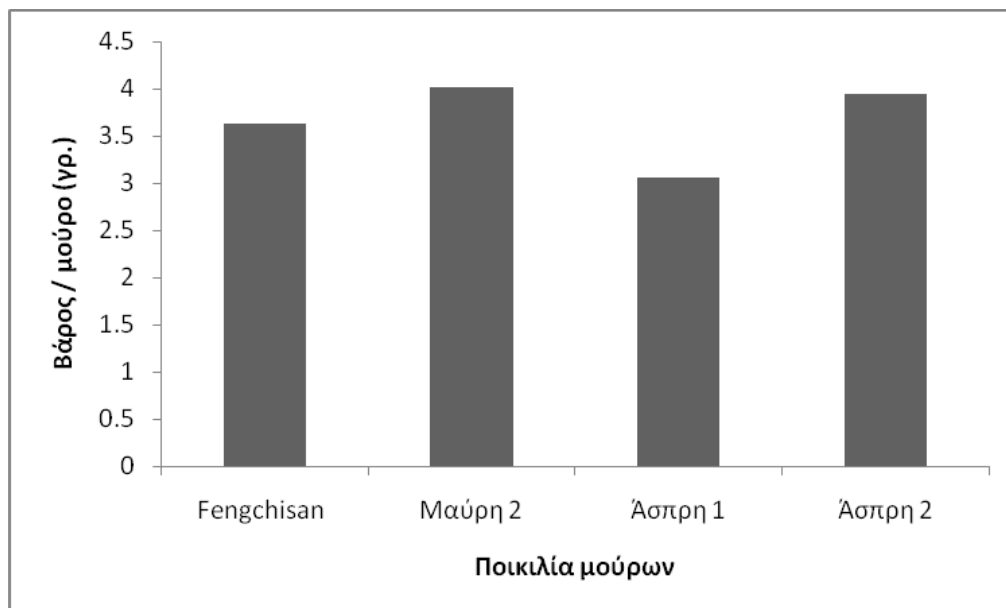
**Εικόνα 7: Γενότυπος Άσπρη 1: Μέσο βάρος καρπού κατά τη συγκομιδή 3.07 γρ. (n=9, ΤΣ= 0,05).**



**Εικόνα 8: Γενότυπος Άσπρη 2: Μέσο βάρος καρπού κατά τη συγκομιδή 3.94 γρ. (n=9, ΤΣ= 0,08).**

Κατά την ημέρα της συγκομιδής το βάρος ανά καρπό μούρου κυμάνθηκε από τη χαμηλότερη τιμή των 3,07 γρ. για το γενότυπο Άσπρη 1, έως τη μεγαλύτερη τιμή των 4,02 γρ. για το γενότυπο Μαύρη 2, με ενδιάμεσες τιμές για τις υπόλοιπες ποικιλίες. Συγκεκριμένα, η φθίνουσα κατάταξη των γενοτύπων, ως προς το βάρος ανά καρπό μούρου, βρέθηκε να είναι η εξής: Μαύρη 2 > Άσπρη 2 > Fengchisan > Άσπρη 1 (Σχήμα 8). Από την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκαν

σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των γενοτύπων [Πιθανότητα επίδρασης του γενότυπου ( $P_{\text{γτ.}}$ ) = 0,0000], με εξαίρεση το ζεύγος Άσπρη 2 - Μαύρη 2.



**Σχήμα 8: Επίδραση του γενότυπου στο βάρος καρπών γενοτύπων μουριάς κατά την ημέρα της συγκομιδής (n = 9, LSD = 0,238 σε P=0,05).**

Οι τιμές που βρέθηκαν στην παρούσα μελέτη, είναι υψηλότερες στην περίπτωση των γενοτύπων Μαύρη 2, Άσπρη 2, Fengchisan και χαμηλότερες στην περίπτωση του γενότυπου Άσπρη 1 από τη τιμή των 3,49 γρ. / καρπό που αναφέρουν οι Ercisli and Orhan (2007) και Butt et al. (2008) για καρπούς μούρων *Morus alba*. Ιδιαίτερα χαμηλή τιμή βάρους (0,69-1,06 γρ./ καρπό) αναφέρουν επίσης και οι Gol et al. (2009) για σκουρόχρωμους καρπούς του ίδιου είδους που συγκομίστηκαν σε διαδοχικά στάδια ωρίμανσης στην περιοχή Gujarat, της Ινδίας. Η διαφορά αυτή από την αντίστοιχες τιμές της παρούσας μελέτης ενδεχομένως να οφείλεται στο διαφορετικό γενότυπο, στο διαφορετικό στάδιο ωριμότητας των καρπών και στις διαφορετικές εδαφοκλιματικές και καλλιεργητικές συνθήκες.

### 3.2. Διάρκεια συντήρησης

Μετά τη συγκομιδή τους οι καρποί των μούρων των τεσσάρων εξεταζόμενων γενοτύπων (Μαύρη 2, Fengchisan, Άσπρη 1, Άσπρη 2) μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου μετά από κατάλληλους χειρισμούς τοποθετήθηκαν στο θάλαμο συντήρησης σε θερμοκρασία 1°C με σχετική υγρασία περίπου 95%. Η διάρκεια συντήρησης ήταν 6 ημέρες για τη Fengchisan, Άσπρη 1 και Άσπρη 2 και 10 ημέρες για τη Μαύρη 2.

Οι καρποί των σκουρόχρωμων γενοτύπων (Μαύρη 2 και Fengchisan) παρέμειναν εμπορεύσιμοι μέχρι την 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης. Κατά την 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης, αν και τα μούρα και των δύο γενοτύπων μπορούσαν να καταναλωθούν, η εμφάνιση τους

ήταν υποδεέστερη σε σχέση με τη συγκομιδή (υποβάθμιση του λαμπερού μαύρου χρώματος, ελαφρώς αφυδατωμένα). Στις Εικόνες 9 και 10 φαίνεται καλύτερα η εμφάνιση των μούρων του γενότυπου Μαύρη 2 κατά την ημέρα της συγκομιδής και την 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης. Η συντήρηση των καρπών της Μαύρη 2 συνεχίστηκε για τέσσερις ημέρες επιπλέον σε σχέση με τη Fengchisan (δηλ. 10 ημέρες συνολικά), ενώ η παραπέρα συντήρησή τους δεν συνεχίστηκε, καθώς άρχισαν να εμφανίζονται τα πρώτα σημάδια μυκητολογικών προσβολών.

Όσον αναφορά τη συμπεριφορά των μούρων των άσπρων γενότυπων (Άσπρη 1 και Άσπρη 2) παρατηρήθηκε ότι ήταν πιο ευαίσθητα κατά τη συντήρηση σε σχέση με τους υπόλοιπους εξεταζόμενους γενότυπους. Συγκεκριμένα, οι καρποί παρέμειναν εμπορεύσιμοι κατά μακροσκοπική και προσωπική εκτίμηση έως την 2<sup>η</sup> μέρα συντήρησης, ενώ την 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης αν και τα μούρα μπορούσαν να καταναλωθούν, ήταν μη εμπορεύσιμα. Τέλος, κατά 6<sup>η</sup> μέρα, που ήταν και η τελευταία μέρα συντήρησης, οι καρποί είχαν αρχίσει να καφετιάζουν και να χάνουν τη συνεκτικότητά τους.



**Εικόνα 9: Μούρα του γενότυπου Μαύρη 2 κατά την ημέρα συγκομιδής.**



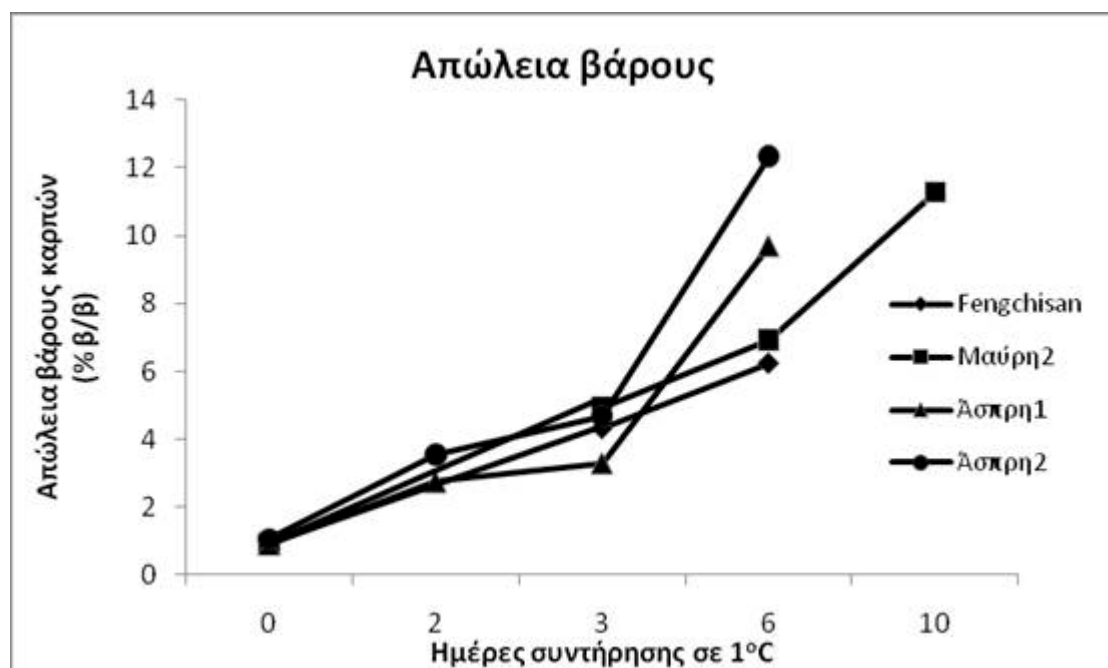
**Εικόνα 10: Μούρα του γενότυπου Μαύρη 2 κατά 6<sup>η</sup> ημέρα συντήρησης.**

### **3.3. Απώλεια βάρους μετά τη συντήρηση**

Στην παρούσα μελέτη η απώλεια βάρους των καρπών μωριάς κυμάνθηκε από 3,3% (Άσπρη 1) έως 4,9% (Μαύρη 2) κατά την 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης και από 6,2% (Fengchisan) έως 12,3% (Άσπρη 2) κατά την 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης. Καθόλη τη διάρκεια της συντήρησης η Μαύρη 2 παρουσίασε σταθερά υψηλότερες τιμές απώλειας βάρους από τη Fengchisan και η Άσπρη 2 αντίστοιχα από την Άσπρη 1 (Σχήμα 9). Ενώ κατά την 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης, που ήταν και η τελευταία μέρα συντήρησης για όλους του εξεταζόμενους γενότυπους, εκτός της Μαύρη 2, οι καρποί των γενότυπων με καρπούς άσπρου χρώματος (Άσπρη 1 και Άσπρη 2) παρουσίασαν

σημαντικά υψηλότερες τιμές σε σχέση με τους καρπούς των γενοτύπων με καρπούς μαύρου χρώματος (Μαύρη 2 και Fengchisan). Σημειώνεται ότι όσο αυξανόταν η διάρκεια αποθήκευσης η απώλεια βάρους των καρπών ήταν υψηλότερη.

Καθώς στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχουν δεδομένα για τη συμπεριφορά των μούρων *Morus sp.* κατά την αποθήκευση, θα συγκριθούν τα αποτελέσματα της παρούσης μελέτης με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών για καρπούς σμέουρων (*Rubus idaeus L.*). Μείωση του βάρους κατά την αποθήκευση έχει αναφερθεί και από άλλους ερευνητές. Συγκεκριμένα, μετά από αποθήκευση κόκκινων καρπών σμέουρων για 7 ημέρες στους 1,7°C, με σχετική υγρασία 95%, παρατηρήθηκε απώλεια βάρους των καρπών της τάξης του 1% (Haffner et al., 2002).

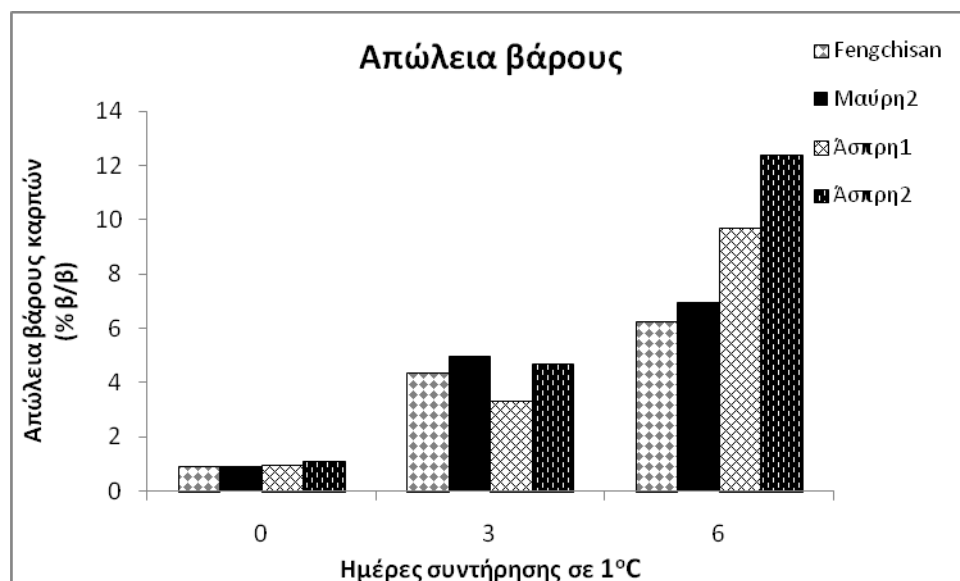


Σχήμα 9: Επίδραση του χρόνου συντήρησης στην απώλεια βάρους καρπών κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3;  $LSD_{Fengchisan} = 1,02$ ,  $LSD_{Μαύρη2} = 1,14$ ,  $LSD_{Άσπρη1} = 2,05$ ,  $LSD_{Άσπρη2} = 0,94$  σε  $P=0,05$ ).

Από τη μονοπαραγοντική ανάλυση της διασποράς (Πίνακας 4) φαίνεται ότι ήταν σημαντική η επίδραση του χρόνου συντήρησης στην απώλεια βάρους των καρπών των υπό εξέταση γενοτύπων ( $P_{\text{συντ.}} = 0,0000$ ). Πιο συγκεκριμένα, η παρατηρούμενη αύξηση της απώλειας βάρους ήταν στατιστικά σημαντική σε όλους τους γενότυπους καθόλη τη διάρκεια της συντήρησης με εξαίρεση την απώλεια βάρους που παρατηρήθηκε στο γενότυπο Άσπρη 1 μεταξύ της ημέρας συγκομιδής - 2<sup>η</sup> μέρα συντήρησης και 2<sup>η</sup> - 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης.

Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και από τη διπαραγοντική ανάλυση της διασποράς (Πίνακας 3). Σημαντικές επίσης, ήταν και οι διαφορές μεταξύ των γενοτύπων ( $P_{\gamma\tau.} = 0,0000$ ) κατά τις κοινές ημέρες συντήρησης (3<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> ημέρα

συντήρησης), με εξαίρεση το ζευγάρι Fengchisan - Μαύρη 2 κατά τη 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης (Σχήμα 10).



Σχήμα 10: Επίδραση του γενότυπου και του χρόνου συντήρησης στην απώλεια βάρους καρπών κατά τη συντήρηση (n = 3, LSD = 1.27 σε P=0,05).

Πίνακας 3: Πίνακας πιθανοτήτων (P) επίδρασης του γενότυπου, του χρόνου συντήρησης και αλληλεπιδράσεως αυτών κατά τη συντήρηση στις 0, 3 και 6 ημέρες σε θερμοκρασία 1°C(διπαραγοντική ανάλυση).

	Ργτ.(A) <sup>1</sup>	Ρσυντ.(B) <sup>2</sup>	Ργτ.x συντ. <sup>3</sup> (AxB)
Απώλεια βάρους καρπών	0,0000	0,0000	0,0000
L*	0,0000	0,0000	0,0000
h <sup>o</sup>	0,0000	0,8771	0,9688
C*	0,0000	0,0005	0,0055
Συνεκτικότητα	0,0083	0,0000	0,0302
Συνολικά διαλυτά στερεά	0,0000	0,0000	0,0287
pH	0,0000	0,0000	0,5789
Τιτλοδοτούμενη οξύτητα (% κιτρικού οξέος)	0,0000	0,0000	0,1153
Ολικά φαινολικά	0,0000	0,2369	0,5674
Ολικά φλαβονοειδή	0,0000	0,0011	0,0013
Αντιοξειδωτική ικανότητα (μέθοδος DPPH)	0,0000	0,0392	0,3125
Αντιοξειδωτική ικανότητα (μέθοδος FRAP)	0,0000	0,0619	0,1948

Ολικές ανθοκυανίνες	0,6209	0,1129	0,8691
---------------------	--------	--------	--------

<sup>1</sup>Ργτ.: Πιθανότητα επίδρασης του γενότυπου

<sup>2</sup>Ρσυντ.: Πιθανότητα επίδρασης του χρόνου συντήρησης

<sup>3</sup>Ργτ.χ συντ.: Πιθανότητα αλληλεπιδράσεως του γενότυπου και του χρόνου συντήρησης

**Πίνακας 4: Πίνακας πιθανοτήτων (P) επίδρασης του χρόνου συντήρησης για κάθε γενότυπο κατά τη συντήρηση μέχρι 10 ημέρες σε θερμοκρασία 1°C (μονοπαραγοντική ανάλυση).**

	Ρσυντ. <sup>1</sup>			
	Γενότυπος Fenchisan	Γενότυπος Μαύρη 2	Γενότυπος Άσπρη 1	Γενότυπος Άσπρη 2
Απώλεια βάρους καρπών	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>L*</i>	0,4584	0,2850	0,0001	0,0029
<i>h<sup>o</sup></i>	0,7641	0,7376	0,2836	0,2347
<i>C*</i>	0,1243	0,0000	0,0007	0,1072
Συνεκτικότητα	0,0001	0,0008	0,0000	0,0023
Σ.Δ.Σ.	0,0021	0,1262	0,0065	0,0008
pH	0,0251	0,0073	0,0043	0,0000
Τιτλοδοτούμενη οξύτητα	0,0002	0,0402	0,1287	0,0857
Ολικά φαινολικά	0,4228	0,5177	0,2429	0,8531
Ολικά φλαβονοειδή	0,0066	0,1841	0,0089	0,3918
Αντιοξειδωτική ικανότητα (μέθοδος DPPH)	0,0754	0,3933	0,2439	0,1712
Αντιοξειδωτική ικανότητα (μέθοδος FRAP)	0,0293	0,5462	0,0834	0,3698
Ολικές ανθοκυανίνες	0,0657	0,4253	-	-

<sup>1</sup>Ρσυντ.: Πιθανότητα επίδρασης του χρόνου συντήρησης

#### 3.4. Φωτεινότητα (*L\**) εξωτερικής επιφάνειας

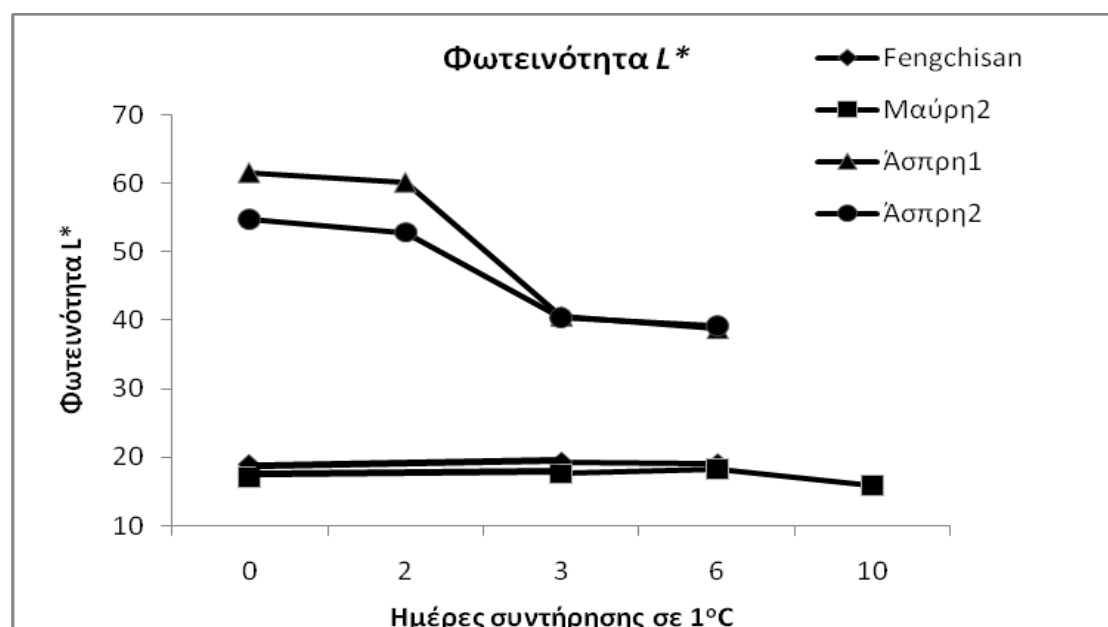
Οι τιμές της φωτεινότητας *L\** καρπών μουριάς κατά τη συγκομιδής ήταν 18,97 για τη Fenchissa, 17,09 για τη Μαύρη 2, 61,57 για την Άσπρη 1 και 54,70 για την Άσπρη 2.

Οι τιμές *L\** που μετρήθηκαν στην παρούσα μελέτη για τους καρπούς των Fenchissa και Μαύρη 2 (γενότυποι με σκουρόχρωμους καρπούς) κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα με αυτά που αναφέρουν οι Aramwit et al. (2010) για καρπούς *Morus alba* χρώματος ιώδους – κόκκινου (~16). Αντίθετα, οι τιμές *L\** των γενοτύπων με ανοιχτόχρωμους καρπούς (Άσπρη 1 και Άσπρη 2) συμπίπτουν με αυτές που μετρήθηκαν από τους Ercisli and Orhan (2007) για καρπούς *Morus alba*. Είναι

φανερó ότι καρποί σκουρότερου χρώματος παρουσιάζουν και χαμηλότερες τιμές  $L^*$  (Aramwit et al.,2010; Ercisli and Orhan., 2007).

Κατά τη συντήρηση στους  $1^{\circ}\text{C}$  οι τιμές της παραμέτρου  $L^*$  των καρπών των Fenchissa και Μαύρη 2 παρουσίασαν αυξομειώσεις, παραμένοντας όμως σε επίπεδα πολύ κοντά με αυτά που παρατηρήθηκαν κατά την ημέρα της συγκομιδής. Αντίθετα, στην περίπτωση των καρπών των γενοτύπων Άσπρη 1 και Άσπρη 2, η φωτεινότητα μειώθηκε με την αύξηση του χρόνου συντήρησης, παρουσιάζοντας μια πτώση στο τέλος της συντήρησης της τάξης των 28-36% σε σχέση με τις αρχικές τιμές (Σχήμα 11).

Μικρότερη πτώση της τάξης του 4,9% στις τιμές φωτεινότητας κόκκινων ποικιλιών σμέουρων (*Rubus idaeus* L.) αναφέρουν και οι Haffner et al. (2002) μετά από αποθήκευση 7 ημερών στους  $1,7^{\circ}\text{C}$ , σε σχετική υγρασία 95%. Μείωση της χρωματικής παραμέτρου  $L^*$  αναφέρει επίσης και ο Wang (2003) κατά τη συντήρηση σμέουρων της ποικιλίας Heritage μετά από 7 ημέρες στους  $10^{\circ}\text{C}$ .

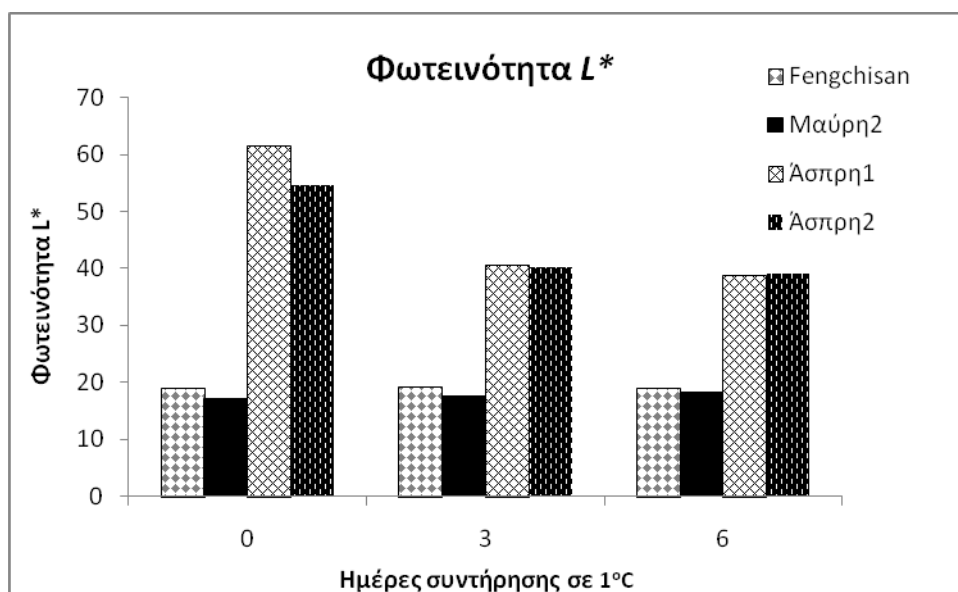


**Σχήμα 11: Επίδραση χρόνου συντήρησης στη παράμετρο φωτεινότητα  $L^*$  κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία  $1^{\circ}\text{C}$  ( $n = 3$ ;  $\text{LSD}_{\text{Fenchissa}} = 0,676$ ,  $\text{LSD}_{\text{Μαύρη2}} = 2,68$ ,  $\text{LSD}_{\text{Άσπρη1}} = 6,76$ ,  $\text{LSD}_{\text{Άσπρη2}} = 7,83$  σε  $P=0,05$ ).**

Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται από την στατιστική ανάλυση. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές της φωτεινότητας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μόνο στη περίπτωση των γενοτύπων Άσπρη 1 και Άσπρη 2, όπου και παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των τιμών μεταξύ της 2<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> μέρας συντήρησης. Επίσης, από τη διπαραγοντική ανάλυση της διασποράς, κατά τη συντήρηση των καρπών σε θερμοκρασία  $1^{\circ}\text{C}$  φαίνεται ότι είναι σημαντική η επίδραση του γενοτύπου, καθώς και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων που



μελετήθηκαν στη παράμετρο φωτεινότητα  $L^*$ . Όπως φαίνεται στο Σχήμα 12 οι εξεταζόμενοι γενότυποι μπορούν να χωριστούν σε δύο ευδιακριτές ομάδες ως προς τη φωτεινότητα, με τους γενότυπους με ανοιχτόχρωμους καρπούς να υπερεχουν σημαντικά των γενοτύπων με σκουρόχρωμους καρπούς.



**Σχήμα 12: Επίδραση του γενοτύπου και του χρόνου συντήρησης στη παράμετρο φωτεινότητα  $L^*$  των καρπών κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3, LSD = 4.826, σε P=0,05).**

### 3.5. Hue angle ( $h^\circ$ ) εξωτερικής επιφάνειας

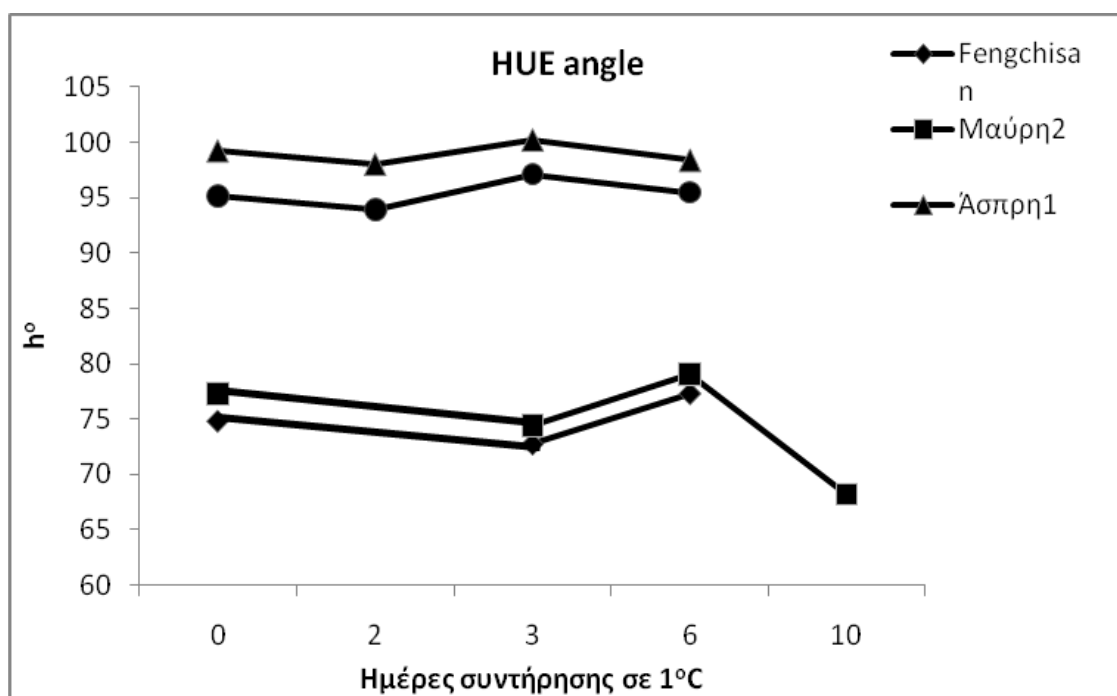
Κατά την ημέρα της συγκομιδής οι τιμές της παραμέτρου  $h^\circ$  ήταν 74,83° για την Fenchissa, 77,24° για την Μαύρη 2, 99,24° για την Άσπρη 1 και 95,13° για την Άσπρη 2. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 13, οι τιμές  $h^\circ$  των γενοτύπων με σκουρόχρωμους καρπούς (Fenchissa και Μαύρη 2) είναι χαμηλότερες συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές των γενοτύπων με ανοιχτόχρωμους καρπούς.

Κατά τους Ercisli and Orhan (2007) οι χρωματικοί παράγοντες  $a^*$  και  $b^*$  σε εμπορικά ώριμους καρπούς *Morus alba* ήταν -13,6 και 16,2 αντίστοιχα (σε τιμές  $h^\circ$  αντιστοιχεί σε 130°), ενώ Aramwit et al. (2010) παρατήρησαν ότι σε μούρα χρώματος ιώδους και ιώδους - κόκκινου του ίδιου είδους το  $a^*$  κυμάνθηκε από 7,37 έως 13,9 και το  $b^*$  από 2,12 έως 3,09 (σε τιμές  $h^\circ$  αντιστοιχούν σε 12-16°). Οι τιμές  $h^\circ$  στην παρούσα εργασία διαφέρουν από τιμές των παραπάνω ερευνητών. Η διαφορά αυτή πιθανόν να οφείλεται στο διαφορετικό γενότυπο ή ποικιλία, στις διαφορετικές

εδαφοκλιματικές συνθήκες και στο διαφορετικού τύπο συσκευής που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των χρωματικών παραμέτρων.

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 13 οι τιμές της παραμέτρου  $h^\circ$  των εξεταζόμενων γενοτύπων παρουσίασαν αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Η κατά φθίνουσα κατάταξη των γενοτύπων από την ημέρα της συγκομιδής μέχρι την 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης, που ήταν και οι τελευταία μέρα συντήρησης για όλους τους γενότυπους με εξαίρεση τη Μαύρη 2, ήταν Άσπρη 1 > Άσπρη 2 > Μαύρη 2 > Fengchisa.

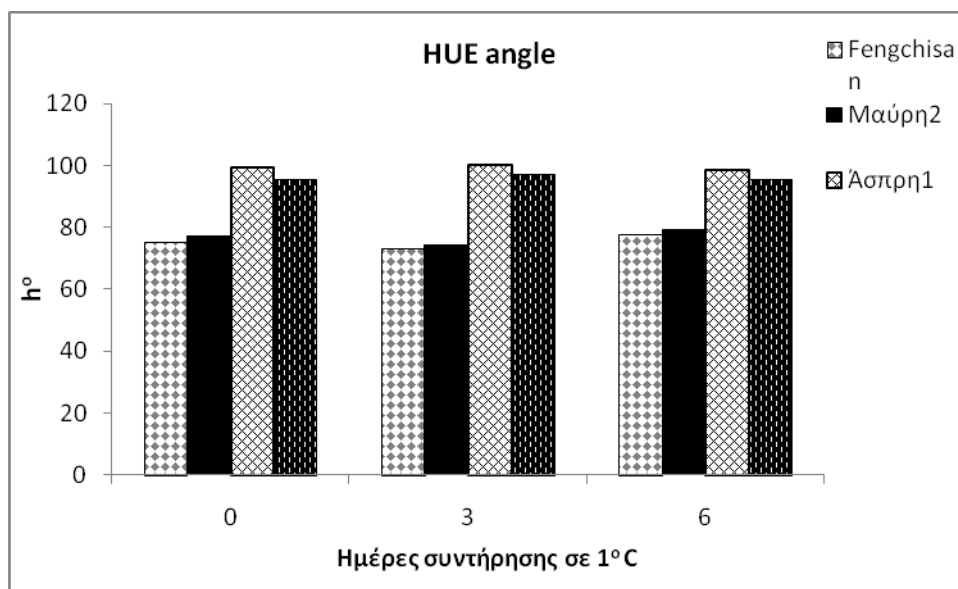
Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και άλλοι ερευνητές για καρπούς σμέουρων. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μείωση των τιμών της παράμετρου  $h^\circ$  μετά από αποθήκευση 7 ημερών στους 1,7 °C με σχετική υγρασία 95% για κόκκινες ποικιλίες σμέουρων (Haffner et al., 2002) και μετά από αποθήκευση 7 ημερών στους 10°C στη ποικιλία Heritage (Wang, 2003).



**Σχήμα 13: Επίδραση χρόνου συντήρησης στη παράμετρο  $h^\circ$  κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3;  $LSD_{Fenchissa} = 14,89$ ,  $LSD_{Μαύρη2} = 23,71$ ,  $LSD_{Άσπρη1} = 2,50$ ,  $LSD_{Άσπρη2} = 3,23$  σε  $P=0,05$ ).**

Όπως προέκυψε τόσο από τη μονοπαραγοντική, όσο και από τη διπαραγοντική ανάλυση διασποράς (Πίνακας 3 και 4), η επίδραση του χρόνου συντήρησης δεν ήταν σημαντική στις μεταβολές των τιμών  $h^\circ$  των εξεταζόμενων γενοτύπων. Αντίθετα, σημαντική ήταν η επίδραση του γενότυπου ( $P_{γ.τ.} = 0,0000$ ). Οι

εξεταζόμενοι γενότυποι μπορεί να χωριστούν σε δυο ευδιάκριτες ομάδες με τους γενότυπους με σκουρόχρωμους καρπούς να υπολείπονται σημαντικά των γενοτύπων με ανοιχτόχρωμους καρπούς καθόλη τη διάρκεια της αποθήκευσης (Σχήμα 14). Σημειώνεται ότι οι γενότυποι της ίδια ομάδας δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.



**Σχήμα 14: Επίδραση του γενότυπου και του χρόνου συντήρησης στη παράμετρο  $h^{\circ}$  των καρπών κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3, LSD = 11,85 σε P=0,05).**

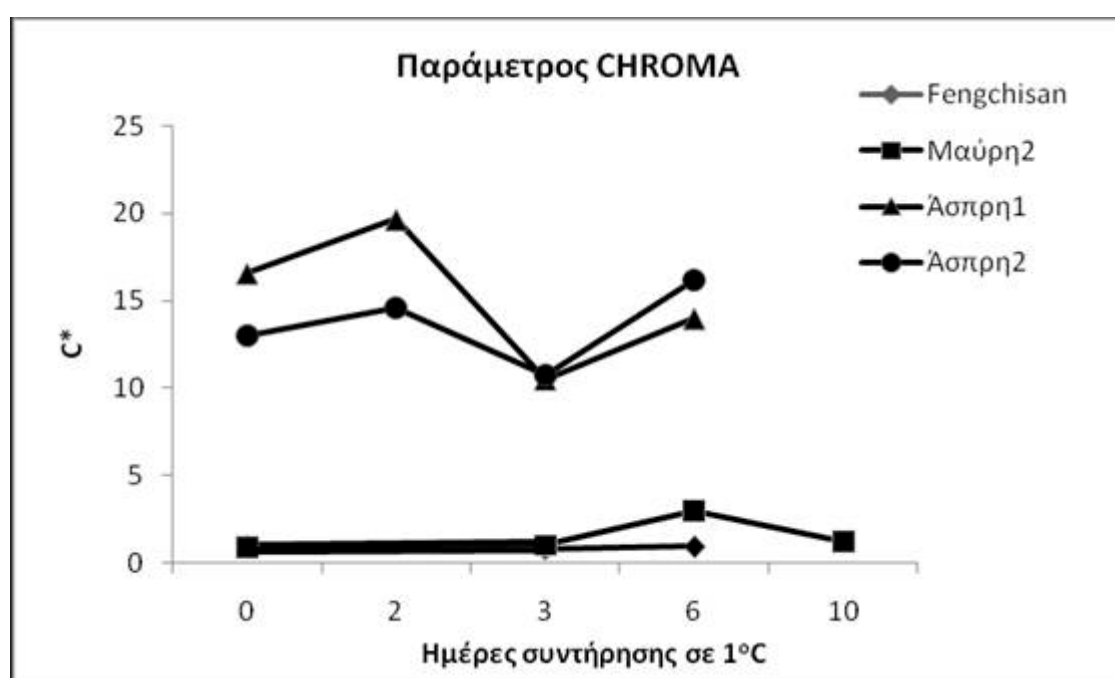
### 3.6. CHROMA ( $C^*$ ) εξωτερικής επιφάνειας

Κατά την ημέρα της συγκομιδής οι τιμές της παραμέτρου  $C^*$  ήταν 0,97 για την Fenchissa, 0,87 για την Μαύρη 2, 16,5 για την Άσπρη 1 και 13 για την Άσπρη 2. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 15, οι τιμές χρωματικής πυκνότητας  $C^*$  των γενοτύπων με σκουρόχρωμους καρπούς (Fenchissa και Μαύρη 2) ήταν χαμηλότερες συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές των γενοτύπων με ανοιχτόχρωμους καρπούς (Άσπρη 1 και Άσπρη 2).

Κατά τους Ercisli and Orhan (2007) οι χρωματικοί παράγοντες  $a^*$  και  $b^*$  σε εμπορικά ώριμους καρπούς *Morus alba* ήταν -13,6 και 16,2 αντίστοιχα (σε τιμές  $C^*$  αντιστοιχεί σε 21,15), ενώ Aramwit et al. (2010) παρατήρησαν ότι σε μούρα του ίδιου είδους χρώματος ιώδους και ιώδους - κόκκινου το  $a^*$  κυμάνθηκε από 7,37 έως 13,9 και το  $b^*$  από 2,12 έως 3,09 (σε τιμές  $C^*$  αντιστοιχούν σε 7,6-14,2). Οι τιμές  $C^*$  στην παρούσα εργασία διαφέρουν από τιμές των παραπάνω ερευνητών. Η διαφορά αυτή πιθανόν να οφείλεται στο διαφορετικό γενότυπο ή ποικιλία, στις διαφορετικές εδαφοκλιματικές συνθήκες και στο διαφορετικού τύπου συσκευής που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των χρωματικών παραμέτρων.

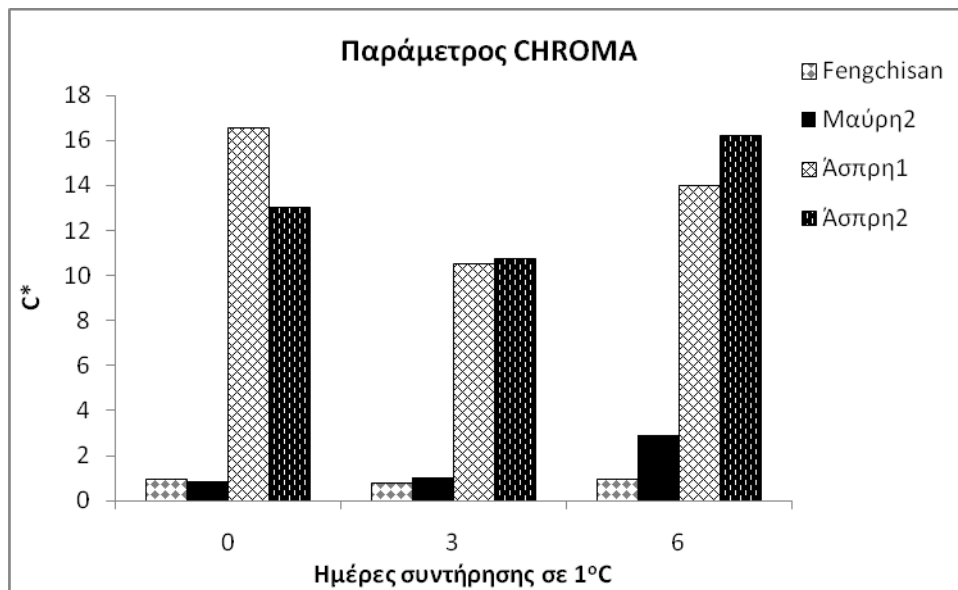
Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 15 οι τιμές της παραμέτρου  $C^*$  των εξεταζόμενων γενοτύπων παρουσίασαν αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης, οι οποίες δεν εκφράστηκαν στατιστικά σημαντικά σε όλες τις ημέρες. Συγκεκριμένα, η κατά φθίνουσα κατάταξη των γενοτύπων κατά τις κοινές ημέρες συντήρησης, όπως και στην περίπτωση του  $h^o$  ήταν Άσπρη 1 > Άσπρη 2 > Μαύρη 2 > Fengchisan.

Οι Haffner et al. (2002) αναφέρουν πτώση του 11,6% της παραμέτρου  $C^*$  μετά από αποθήκευση 7 ημερών στους 1,7 °C με σχετική υγρασία 95% κόκκινων ποικιλιών σμέουρων (*Rubus idaeus* L.). Μείωση των χρωματικών παραμέτρων ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ ) της ποικιλίας Heritage μετά από αποθήκευση 7 ημερών στους 10 °C παρατήρησε επίσης και ο Wang (2003) στη μελέτη του.



**Σχήμα 15: Επίδραση χρόνου συντήρησης στη παράμετρο  $C^*$  κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C ( $n = 3$ ;  $LSD_{Fenchissa} = 0,21$ ,  $LSD_{Μαύρη2} = 0,46$ ,  $LSD_{Άσπρη1} = 3,01$ ,  $LSD_{Άσπρη2} = 7,56$  σε  $P=0,05$ ).**

Από τη μονοπαραγοντική ανάλυση διασποράς διαπιστώθηκε ότι σημαντική ήταν η επίδραση του χρόνου συντήρησης μόνο στην περίπτωση των καρπών των Μαύρη 2 ( $P_{\text{συντ.}} = 0,0000$ ) και Άσπρη 1 ( $P_{\text{συντ.}} = 0,0007$ ). Σημαντική επίσης ήταν η επίδραση του γενότυπου ( $P_{\gamma.τ.} = 0,0000$ ). Οι εξεταζόμενοι γενότυποι μπορεί να χωριστούν σε δυο ευδιάκριτες ομάδες με τους γενότυπους με σκουρόχρωμους καρπούς να υπολείπονται σημαντικά των γενοτύπων με ανοιχτόχρωμους καρπούς καθόλη τη διάρκεια της αποθήκευσης (Σχήμα 16).



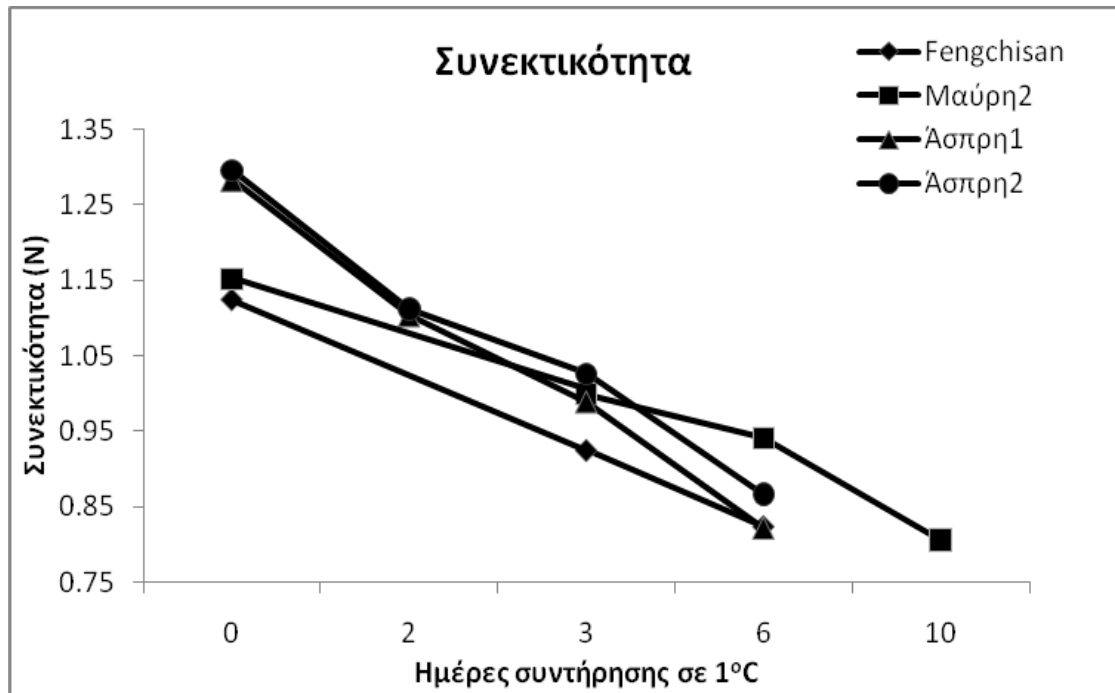
**Σχήμα 16: Επίδραση του γενοτύπου και του χρόνου συντήρησης στη παράμετρο C\* των καρπών κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3, LSD= 2,6 σε P=0,05).**

### 3.7. Συνεκτικότητα

Κατά την ημέρα της συγκομιδής οι τιμές της συνεκτικότητας καρπών μουριάς ήταν 1,12 N για τη Fengchisan και 1,15 N, 1,28 N, 1,29 N αντίστοιχα για τους γενότυπους Μαύρη 2, Άσπρη 1 και Άσπρη 2. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 17 οι καρποί μαύρου χρώματος ήταν συνεκτικότεροι από τους καρπούς άσπρου χρώματος. Από πρακτική άποψη όμως, οι διαφορές αυτές ήταν πολύ μικρές και δεν θα μπορούσαν να εκτιμηθούν από ένα καταναλωτή.

Οι Gerasopoulos and Stavroulakis (1997) στη μελέτη μαύρων και άσπρων γενοτύπων *Morus alba* παρατήρησαν ότι, όπως και στην παρούσα μελέτη, οι καρποί των άσπρων γενοτύπων ήταν συνεκτικότεροι από τους μαύρους. Οι τιμές συνεκτικότητας που αναφέρουν (1,6 N για μαύρους γενότυπους και 2,5 N για άσπρους γενότυπους) είναι χαμηλότερες από τις τιμές της εργασίας αυτής. Η διαφορά των αποτελεσμάτων είναι πολύ πιθανόν να οφείλεται στο γενότυπο και όργανο.

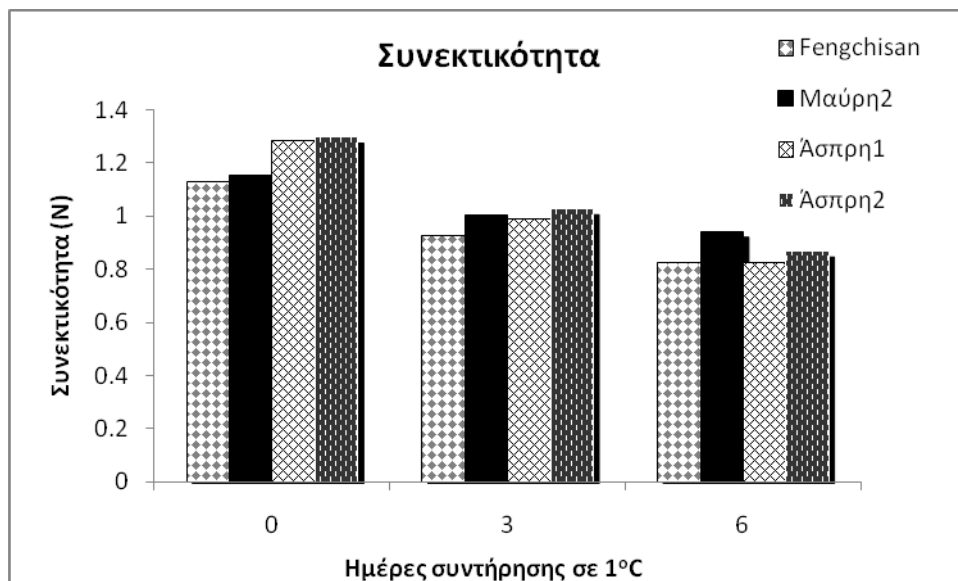
Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 17 και στους τέσσερις εξεταζόμενους γενότυπους η συνεκτικότητα μειώθηκε σημαντικά με την αύξηση της διάρκειας της αποθήκευσης. Αν και κατά τη συγκομιδή οι καρποί των άσπρων γενοτύπων ήταν πιο συνεκτικοί από τους καρπούς των μαύρων γενοτύπων, ο ρυθμός μείωσης της συνεκτικότητας των άσπρων ποικιλιών ήταν υψηλότερος κατά την 3<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης. Κατά την 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης, που ήταν και η τελευταία μέρα συντήρησης για όλους τους εξεταζόμενους γενότυπους, εκτός της Μαύρη 2, η χαμηλότερη τιμή συνεκτικότητας παρατηρήθηκε στο γενότυπο Άσπρη 1 (0,82 N), ενώ στην περίπτωση του γενοτύπου Μαύρη 2 μειώθηκε μέχρι τη τιμή των 0,81 N κατά τη 10<sup>η</sup> μέρα συντήρησης.



**Σχήμα 17: Επίδραση χρόνου συντήρησης στη συνεκτικότητα των μούρων κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3;  $LSD_{Fengchisan} = 0,062$ ,  $LSD_{Μαύρη2} = 0.113$ ,  $LSD_{Άσπρη1} = 0,088$ ,  $LSD_{Άσπρη2} = 0,166$  σε  $P=0,05$ ).**

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 18 και όπως προέκυψε και από τη μονοπαραγοντική ανάλυση της διασποράς (Πίνακας 4) κατά συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της συνεκτικότητας και στους τέσσερις γενότυπους. Πιο συγκεκριμένα, σε δύο από τους τέσσερις γενότυπους (Fengchisan και Άσπρη 1) η μείωση εκφράστηκε στατιστικά σε όλες τις μέρες της συντήρησης, ενώ στους υπόλοιπους (Μαύρη 2 και Άσπρη 2), αν και η συνεκτικότητα μειώθηκε, η μείωση αυτή δεν ήταν σημαντική για όλα τα στάδια.

Από τη διπαραγοντική ανάλυση της διασποράς κατά τις κοινές ημέρες συντήρησης των καρπών (0, 3<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> ημέρα), φαίνεται ότι η επίδραση του γενότυπου στη συνεκτικότητα είναι σημαντική ( $P_{γτ.} = 0,0083$ ). Ειδικότερα, κατά τη ημέρα της συγκομιδής οι καρποί των ανοιχτόχρωμων γενοτύπων παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερες τιμές σε σχέση με τους καρπούς των σκουρόχρωμων γενοτύπων. Εν συνέχεια, κατά τη 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης αν και οι καρποί του γενότυπου Άσπρη 2 ήταν πιο συνεκτικοί από του υπόλοιπους, η διαφορά αυτή ήταν στατιστική σημαντική μόνο στο ζεύγος Fengchisan - Άσπρη 2. Αντίστοιχα, κατά τη 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης μόνο το ζεύγος Μαύρη 2 - Άσπρη 1 διέφερε στατιστικά σημαντικά. Η επίδραση του γενότυπου φαίνεται καλύτερα στο Σχήμα 18. Σημαντική ήταν επίσης και η επίδραση του χρόνου συντήρησης ( $P_{\text{συντ.}} = 0,0000$ ), καθώς και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων που μελετήθηκαν ( $P_{\text{γτ. x συντ.}} = 0.0302$ ) στη συνεκτικότητα των μούρων.



**Σχήμα 18:** Επίδραση του γενότυπου και του χρόνου συντήρησης στη συνεκτικότητα των μούρων κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3, LSD = 0,10 σε P=0,05).

### 3.8. Συνολικά διαλυτά στερεά (Σ.Δ.Σ)

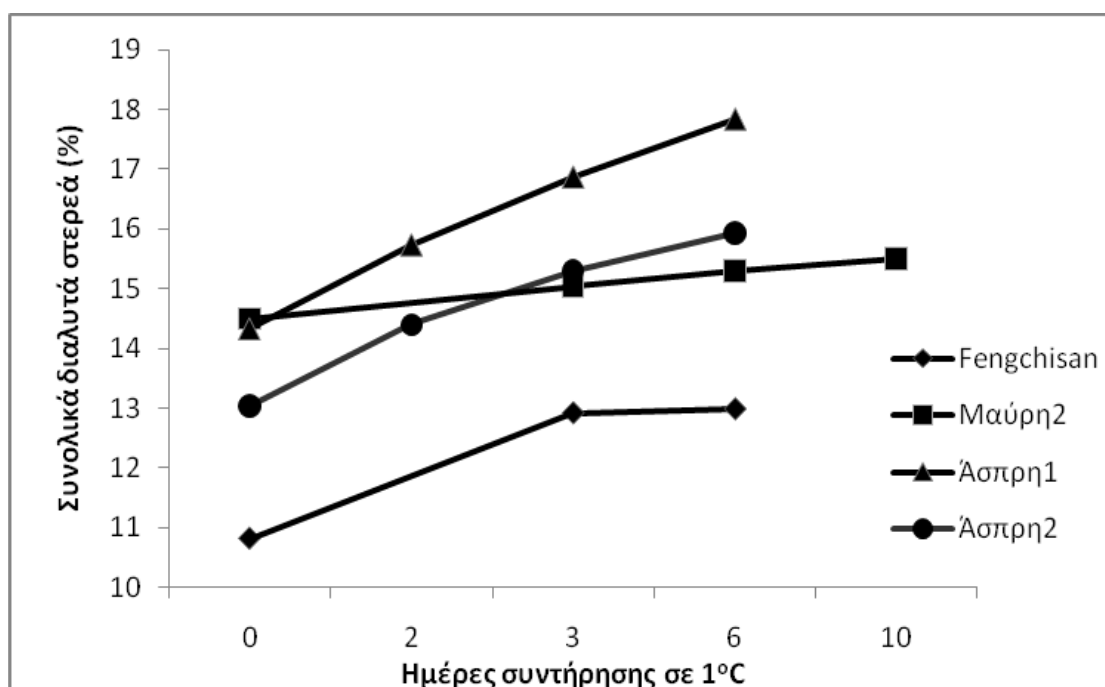
Κατά την ημέρα της συγκομιδής τα Σ.Δ.Σ. κυμάνθηκαν από 10,83% για το γενότυπο Fengchisan, έως τη μεγαλύτερη τιμή των 14,5% για το γενότυπο Μαύρη 2, με ενδιάμεσες τιμές για τους υπόλοιπους γενότυπους. Στη διεθνή βιβλιογραφία ελάχιστες είναι οι αναφορές σε Σ.Δ.Σ. μούρων του είδους *Morus alba* και δεν υπάρχουν δεδομένα για τη συμπεριφορά τους κατά την αποθήκευση.

Σύμφωνα με τους Gerasopoulos and Stavroulakis (1997) τα Σ.Δ.Σ. ώριμων καρπών *Morus alba* μαύρου και άσπρου χρώματος από τη περιοχή των Χανίων κυμάνθηκαν από 17,9% έως 15% αντίστοιχα, τιμές παρόμοιες με αυτές της παρούσης μελέτης. Ωστόσο, οι Gol et al. (2009) σε μούρα (*M. alba*) που συγκομίστηκαν σε διαδοχικά στάδια ωρίμανσης στην περιοχή Gujarat, της Ινδίας παρατήρησαν ότι οι τιμές των Σ.Δ.Σ. ώριμων και υπερώριμων σκουρόχρωμων καρπών κυμάνθηκαν μεταξύ 29,4 - 45,65%, ενώ Ercisli and Orhan (2007) και Butt et al. (2008) ότι τα Σ.Δ.Σ. ώριμων μούρων του ίδιου είδους είναι περίπου 20,4%. Οι τιμές αυτές, ιδιαίτερα στην περίπτωση των Gol et al. (2009) είναι αρκετά υψηλότερες από αυτές που βρέθηκαν στη παρούσα μελέτη. Η διαφορά αυτή πιθανόν να οφείλετε στις διαφορετικές εδαφοκλιματικές και καλλιεργητικές συνθήκες και γενότυπους των εξεταζόμενων καρπών.

Στο Σχήμα 19 παρουσιάζονται τα Σ.Δ.Σ. των καρπών των τεσσάρων εξεταζόμενων γενότυπων πριν και μετά την αποθήκευση σε θερμοκρασία 1°C για 2, 3, 6 και 10 ημέρες. Η περιεκτικότητα των μούρων σε Σ.Δ.Σ. αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου συντήρησης, φτάνοντας τη μέγιστη τιμή τους στο τέλος της συντήρησης.

Συγκεκριμένα, κατά την 3<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης η φθίνουσα κατάταξη των γενοτύπων ως προς τα Σ.Δ.Σ. των καρπών ήταν η εξής: Άσπρη 2 > Άσπρη 1 > Μαύρη 2 > Fengchisan, με την Άσπρη 2 να παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή των 17,83%.

Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχουν δεδομένα για τη συμπεριφορά των μούρων *Morus sp.* κατά την αποθήκευση, υπάρχουν όμως για τα σμέουρα (*Rubus idaeus* L.). Οι Haffner et al. (2002) αναφέρουν ότι μετά από αποθήκευση 7 ημερών στους 1,7°C με σχετική υγρασία 95% σε κανονικές και τροποποιημένες ατμόσφαιρες η περιεκτικότητα σε Σ.Δ.Σ. κόκκινων ποικιλιών σμέουρων παρέμεινε αμετάβλητη. Είναι φανερό ότι αν και τα μούρα και τα σμέουρα ανήκουν στην ίδια οικογένεια, κατά τη συντήρηση συμπεριφέρονται διαφορετικά. Στη παρούσα εργασία, στην παρατηρούμενη αύξηση των Σ.Δ.Σ. συνέβαλε εν μέρη και η απώλεια βάρους των καρπών, ωστόσο ήταν μικρή για να δικαιολογήσει πλήρως τις μεταβολές.

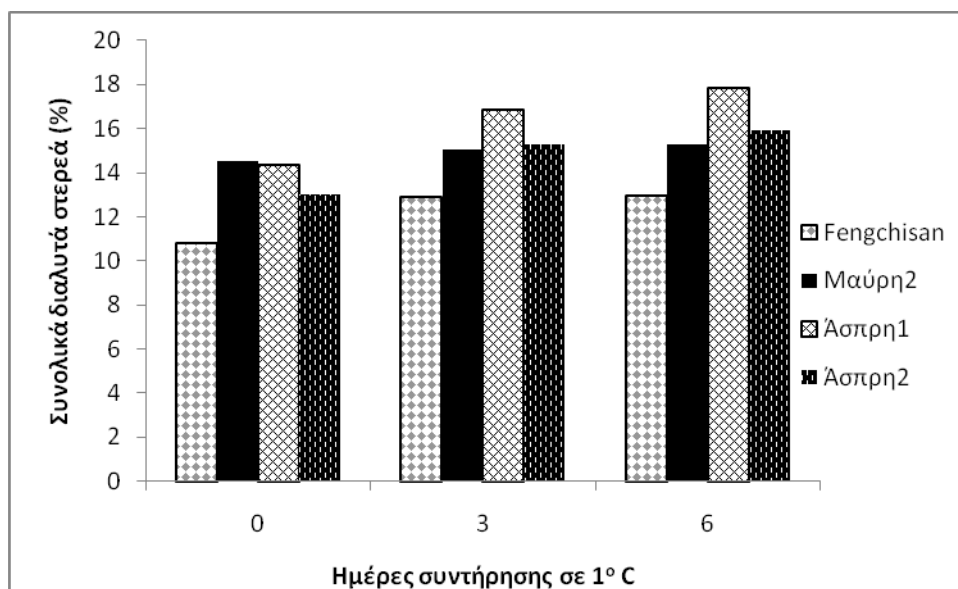


**Σχήμα 19:** Επίδραση χρόνου συντήρησης στα Σ.Δ.Σ. των καρπών κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3;  $LSD_{Fengchisan} = 0,93$ ,  $LSD_{Μαύρη2} = 0,87$ ,  $LSD_{Άσπρη1} = 1,65$ ,  $LSD_{Άσπρη2} = 1$  σε  $P=0,05$ ).

Από τη μονοπαραγοντική ανάλυση της διασποράς κατά συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (Πίνακας 4) φαίνεται ότι σημαντική ήταν η επίδραση του χρόνου συντήρησης στα Σ.Δ.Σ. των Fengchisa ( $P_{\text{συντ.}} = 0,0021$ ), Άσπρη 1 ( $P_{\text{συντ.}} = 0,0065$ ) και Άσπρη 2 ( $P_{\text{συντ.}} = 0,0008$ ), ενώ δεν ήταν σημαντική στην περίπτωση της Μαύρη 2 ( $P_{\text{συντ.}} = 0,1262$ ). Παρόλα αυτά, σε όλους τους εξεταζόμενους γενότυπους τα Σ.Δ.Σ. υπερέιχαν σημαντικά κατά την τελευταία μέρα συντήρησης (στις 6 ημέρες για τους γενότυπους Άσπρη 1, Άσπρη 2, Fengchisan και στις 10 ημέρες για το γενότυπο Μαύρη 2), σε σχέση με την ημέρα συγκομιδής.



Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και από τη διπαραγοντική ανάλυση της διασποράς κατά τις ημέρες συντήρησης 0, 3 και 6 (Πίνακας 3, Σχήμα 20). Σημαντικές ήταν επίσης και οι διαφορές μεταξύ των γενοτύπων ( $P_{\text{γτ.}} = 0,0000$ ). Με εξαίρεση το ζευγάρι Άσπρη 2 - Μαύρη 2 κατά τη 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης, όλοι οι γενότυποι κατά τις κοινές ημέρες συντήρησης διέφερον σημαντικά μεταξύ τους. Σημαντική επίσης, ήταν και η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων.



**Σχήμα 20: Επίδραση του γενότυπου και του χρόνου συντήρησης στα Σ.Δ.Σ. των καρπών κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3, LSD = 1.067 σε P= 0,05).**

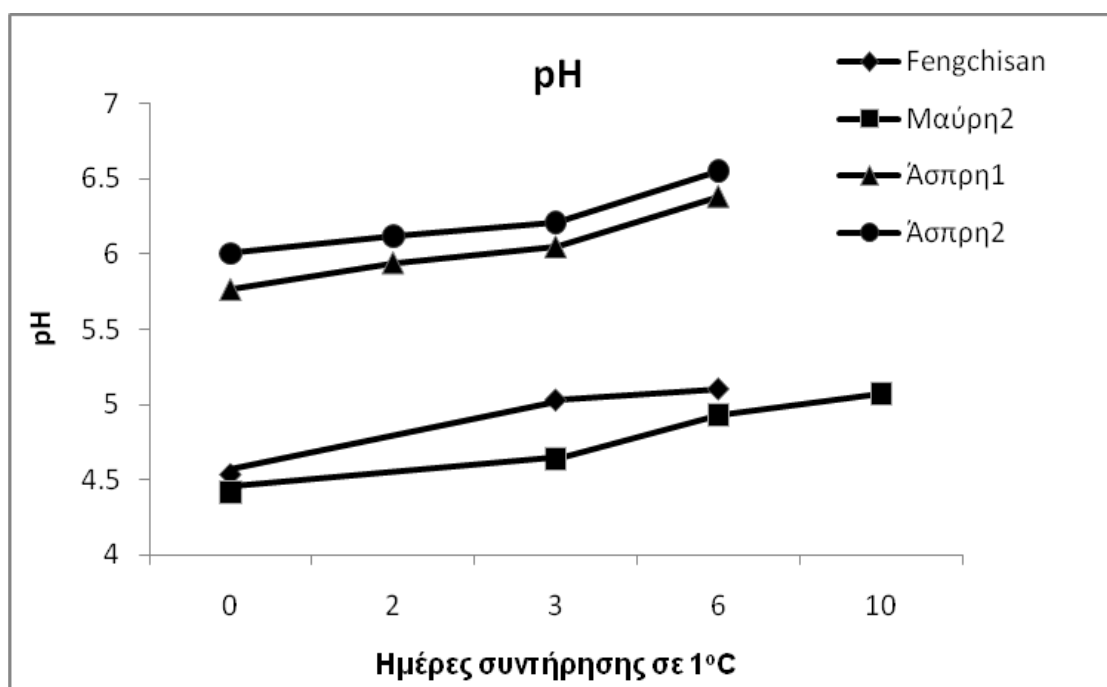
### 3.9. pH

Κατά την ημέρα της συγκομιδής το pH των καρπών μουριάς διακυμάνθηκε από 4,4 για το γενότυπο Μαύρη 2, έως τη μεγαλύτερη τιμή των 6 για το γενότυπο Άσπρη 2, με ενδιάμεσες τιμές για τους υπόλοιπους γενότυπους. Συγκεκριμένα, η φθίνουσα κατάταξη των γενοτύπων ήταν Άσπρη 2 > Άσπρη 1 > Fengchisan > Μαύρη 2.

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ότι το pH των καρπών *Morus alba* κυμαίνεται από 6,8 - 7,5 για ημιώριμους και ώριμους καρπούς από τη Κρήτη (Gerasopoulos and Stavroulakis, 1997), από 6,2 - 7,3 για ώριμους και υπερώριμους καρπούς από την Ινδία (Gol et al., 2009) ή είναι 5,6 για εμπορικά ώριμους καρπούς από τη Τουρκία (Ercisli and Orhan, 2007). Στη παρούσα μελέτη οι τιμές του pH των εξεταζόμενων γενοτύπων είναι πολύ κοντά στις τιμές που αναφέρουν Ercisli and Orhan (2007), ιδιαίτερα στην περίπτωση των γενοτύπων με καρπούς χρώματος άσπρου, αλλά χαμηλότερες από τα ευρήματα των υπόλοιπων ερευνητών. Όπως αναφέραμε και παραπάνω αυτή η διαφορά μπορεί να οφείλετε σε ένα πλήθος παραγόντων, ανάμεσα στους οποίους οι κυριότεροι είναι ο γενότυπος, οι εδαφοκλιματικές και καλλιεργητικές συνθήκες των εξεταζόμενων καρπών.

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 21 το pH των καρπών παρουσιάζει αύξηση καθώς αυξάνει η περίοδος αποθήκευσης, φτάνοντας στο μέγιστο του στο τέλος της συντήρησης. Σημειώνεται ότι τόσο κατά την ημέρα της συγκομιδής, όσο και κατά τη συντήρηση η φθίνουσα κατάταξη των καρπών ως προς το pH παρέμεινε ίδια. Η μεγαλύτερη τιμή του pH (6.5) παρατηρήθηκε στους καρπούς της Άσπρη 2 στο τέλος της συντήρησης.

Φαίνεται ότι η πορεία του pH των καρπών των εξεταζόμενων γενοτύπων συμπίπτει με αυτή που παρατήρησαν σε σμέουρα άλλοι ερευνητές. Αναλυτικότερα, κατά τη συντήρηση κόκκινων ποικιλιών σμέουρων (*Rubus idaeus* L.) για 7 ημέρες στους 1,7°C σε κανονικές και τροποποιημένες ατμόσφαιρες παρατηρήθηκε αύξηση του pH, η οποία εκφράστηκε στατιστικά σημαντικά μόνο στη περίπτωση της αποθήκευσης σε κανονικές ατμόσφαιρες (Haffner et al., 2002).

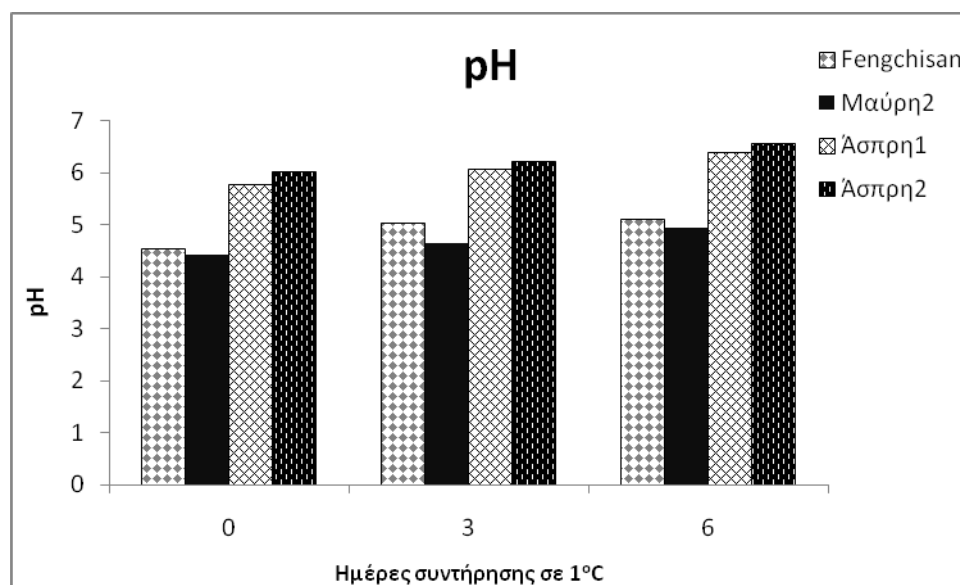


**Σχήμα 21:** Επίδραση χρόνου συντήρησης στο pH κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3;  $LSD_{Fengchisan} = 0.39$ ,  $LSD_{Μαύρη2} = 0.33$ ,  $LSD_{Άσπρη1} = 0.266$ ,  $LSD_{Άσπρη2} = 0.118$  σε  $P=0,05$ ).

Από το Σχήμα 21 φαίνεται ότι σημαντική ήταν η επίδραση του χρόνου συντήρησης στο pH των καρπών των εξεταζόμενων γενοτύπων. Αν και το pH αυξήθηκε κατά τη διάρκεια της συντήρησης, η αύξηση αυτή ήταν στατιστικά σημαντική μεταξύ της 2<sup>ης</sup> - 3<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> - 6<sup>ης</sup> μέρα συντήρησης για τους γενοτύπους Άσπρη 1 και Άσπρη 2, μεταξύ της 0<sup>ης</sup> - 3<sup>ης</sup> μέρα συντήρησης για τη Fengchisan, και μεταξύ της 3<sup>ης</sup> - 6<sup>ης</sup> και 6<sup>ης</sup> - 10<sup>ης</sup> μέρα συντήρησης για τη Μαύρη 2.

Η σημαντική επίδραση του χρόνου συντήρησης στο pH ( $P_{\text{συντ.}} = 0,0000$ ) των καρπών διαπιστώθηκε και από τη διπαραγοντική ανάλυση της διασποράς κατά τις

κοινές ημέρες συντήρησης των εξεταζόμενων γενοτύπων (Σχήμα 22). Επίσης, από την ίδια ανάλυση προέκυψε ότι σημαντικές ήταν και οι διαφορές μεταξύ των γενοτύπων ( $P_{\text{γτ}} = 0,0000$ ). Συγκεκριμένα, κατά τη συντήρησης οι γενότυποι με καρπούς μαύρου χρώματος παρουσίασαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές pH, σε σχέση με τους γενότυπους με καρπούς άσπρου χρώματος, ενώ μεταξύ τους δεν διέφεραν στατιστικά, με εξαίρεση το ζευγάρι Fengchisan και Μαύρη 2 κατά την 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης.



**Σχήμα 22: Επίδραση του γενότυπου και του χρόνου συντήρησης στο pH κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3, LSD = 0.248 σε P=0,05).**

### 3.10. Οξύτητα

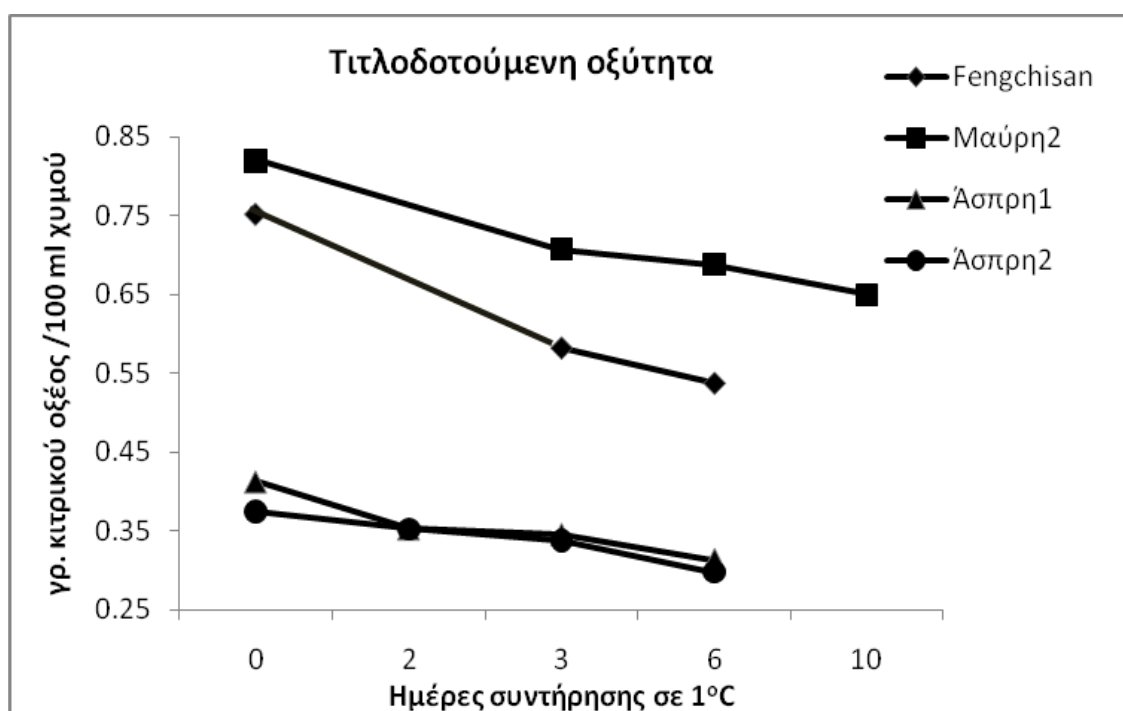
Κατά την ημέρα της συγκομιδής η τιτλοδοτούμενη οξύτητα κυμάνθηκε από 0,37 γρ. κιτρικού οξέος/100 ml χυμού για το γενότυπο Άσπρη 2, έως τη μεγαλύτερη τιμή των 0,82 γρ. κιτρικού οξέος/100 ml χυμού για το γενότυπο Μαύρη 2, με ενδιάμεσες τιμές για τους υπόλοιπους γενότυπους. Πιο συγκεκριμένα, η φθίνουσα κατάταξη των γενοτύπων ήταν η εξής: Μαύρη 2 > Fengchisan > Άσπρη 1 > Άσπρη 2.

Οι τιμές τιτλοδοτούμενης οξύτητας της παρούσης μελέτης, είναι υψηλότερες από τη τιμή των 0,25% κιτρικού οξέος που αναφέρουν οι Ercisli and Orhan (2007) και Butt et al. (2008) για εμπορικά ώριμους καρπούς *M. alba*. Ωστόσο, είναι αρκετά χαμηλότερες από τις τιμές 3,71 - 2,30% (κιτρικού οξέος) που παρατήρησαν οι Gol et al. (2009) σε σκουρόχρωμους καρπούς του ίδιου είδους, που συγκομίστηκαν σε διαδοχικά στάδια ωρίμασης. Επίσης, οι Gerasopoulos and Stavroulakis (1997) αναφέρουν ότι η ολική οξύτητα ημιώριμων και ώριμων καρπών άσπρης, ρόδινης και μαύρης ποικιλίας *M. alba* ήταν 3 g malic acid /lit χυμού, τιμή παρόμοια με αυτές που παρατηρήθηκαν στην παρούσα μελέτη για τους καρπούς των γενοτύπων Άσπρη 1 και Άσπρη 2, αλλά χαμηλότερη από τις τιμές που παρατηρήθηκαν για τους καρπούς των

Μαύρη 2 και Fengchisan. Είναι φανερό ότι και σε αυτή την περίπτωση ο γενότυπος και το στάδιο ωριμότητας παίζει σημαντικό ρόλο στην οξύτητα.

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 23 μετά τη συγκομιδή η τιτλοδοτούμενη οξύτητα μειώθηκε με την αύξηση του χρόνου συντήρησης. Συγκεκριμένα, κατά την 3<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης η φθίνουσα κατάταξη των γενοτύπων ως προς οξύτητα των καρπών ήταν παρόμοια με αυτή κατά την ημέρα της συγκομιδής, με την Άσπρη 2 να παρουσιάζει τη μικρότερη τιμή των 0,29% στο τέλος της συντήρησης. Σε αυτό το σημείο είναι φανερό ότι η οξύτητα του χυμού να ακολουθεί αντίστροφα τις μεταβολές του pH.

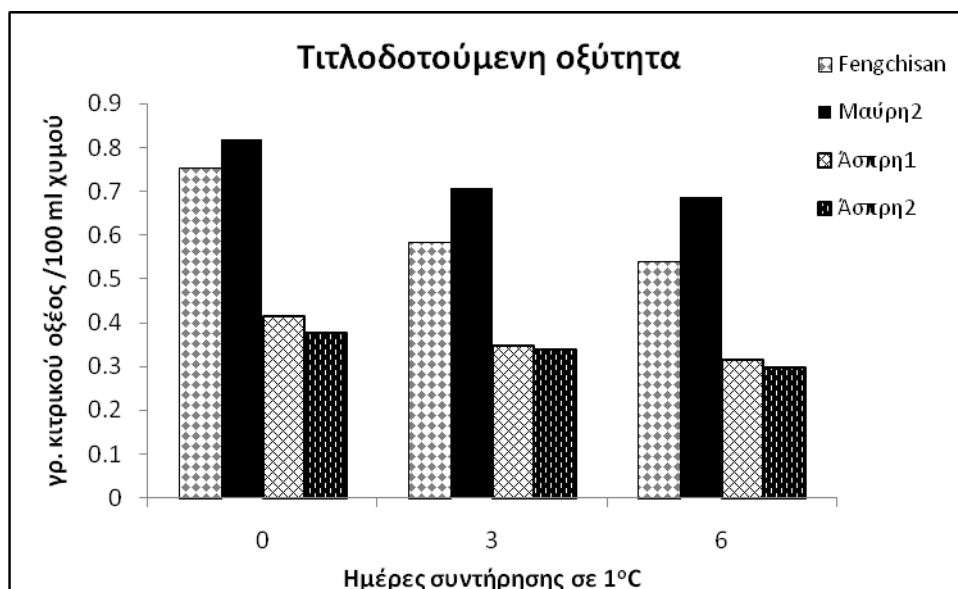
Παρόμοια συμπεριφορά με αυτή της παρούσας μελέτης παρουσίασε και η οξύτητα του χυμού από καρπούς σμέουρων (*Rubus idaeus* L.) που αποθηκεύτηκαν για 7 ημέρες στους 1,7 °C με σχετική υγρασία 95% σε κανονικές και τροποποιημένες ατμόσφαιρες (Haffner et al., 2002).



**Σχήμα 23: Επίδραση χρόνου συντήρησης στη τιτλοδοτούμενη οξύτητα κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3; LSD<sub>Fengchisan</sub> = 0,0556, LSD<sub>Μαύρη2</sub> = 0,113, LSD<sub>Άσπρη1</sub> = 0,085, LSD<sub>Άσπρη2</sub> = 0,059 σε P=0,05).**

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα αν και μειώθηκε με την αύξηση του χρόνου συντήρησης σε όλους τους εξεταζόμενους γενότυπους, η μείωση αυτή ήταν σημαντική μόνο για τις Fengchisan (P<sub>συντ.</sub> = 0,0002) και Μαύρη 2 (P<sub>συντ.</sub> = 0,0402) (Πίνακας 4). Συγκεκριμένα, η οξύτητα κατά την ημέρα της συγκομιδής ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με την 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης για τη Fengchisan και σε σχέση με την 6<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> μέρα για την Μαύρη 2.

Σημαντικές επίσης ήταν οι διαφορές μεταξύ των γενότυπων ( $P_{γ.τ.} = 0,0000$ ) κατά τις κοινές ημέρες συντήρησης (0, 3<sup>η</sup>, 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης) με τους γενότυπους με μαύρους καρπούς να παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερη οξύτητα σε σχέση με τους γενότυπους με άσπρους καρπούς (Σχήμα 24). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι γενότυποι Fengchisan και Μαύρη 2 με εξαίρεση την 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης δεν διαφέραν στατιστικά μεταξύ τους, όπως ούτε και οι γενότυποι Άσπρη 1, Άσπρη 2.



**Σχήμα 24:** Επίδραση του γενότυπου και του χρόνου συντήρησης στη τιτλοδοτούμενη οξύτητα κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C ( $n = 3$ ,  $LSD = 0,072$  σε  $P=0,05$ ).

### 3.11. Ολικά Φαινολικά

Τα ολικά φαινολικά κατά την ημέρα της συγκομιδής ήταν 5,23 mg ισοδύναμων γαλλικού οξέος (GAE)/g νωπού βάρους για τη Fengchisan και 4,58, 0,56 και 0,61 mg ισοδύναμων GAE/g νωπού βάρους αντίστοιχα για τις Μαύρη 2, Άσπρη 1 και Άσπρη 2. Σημειώνεται ότι οι γενότυποι με σκουρόχρωμους καρπούς ήταν υψηλότερης συγκέντρωσης σε ολικά φαινολικά σε σχέση με τους γενότυπους με ανοιχτόχρωμους καρπούς (Σχήμα 25).

Σε ανάλογη έρευνα οι Lin and Tang (2007) μελέτησαν τη περιεκτικότητα σε ολικά φαινολικά τεσσάρων διαφορετικών σκουρόχρωμων φρούτων και διαπίστωσαν ότι τα μούρα αποτελούν πλούσια πηγή φαινολικών, ενώ ακολουθούν τα δαμάσκηνα, οι φράουλες και τα μούσμουλα. Από τα διάφορα είδη μούρων που καλλιεργούνται στη μεσογειακή λεκάνη φαίνεται ότι τα μαύρα (*Morus nigra* L.) και κόκκινα (*Morus rubra* L.) μούρα είναι υψηλής συγκέντρωσης σε φαινολικά, ενώ ακολουθούν τα άσπρα μούρα (*Morus alba* L.) (Ercisli and Orhan, 2007).

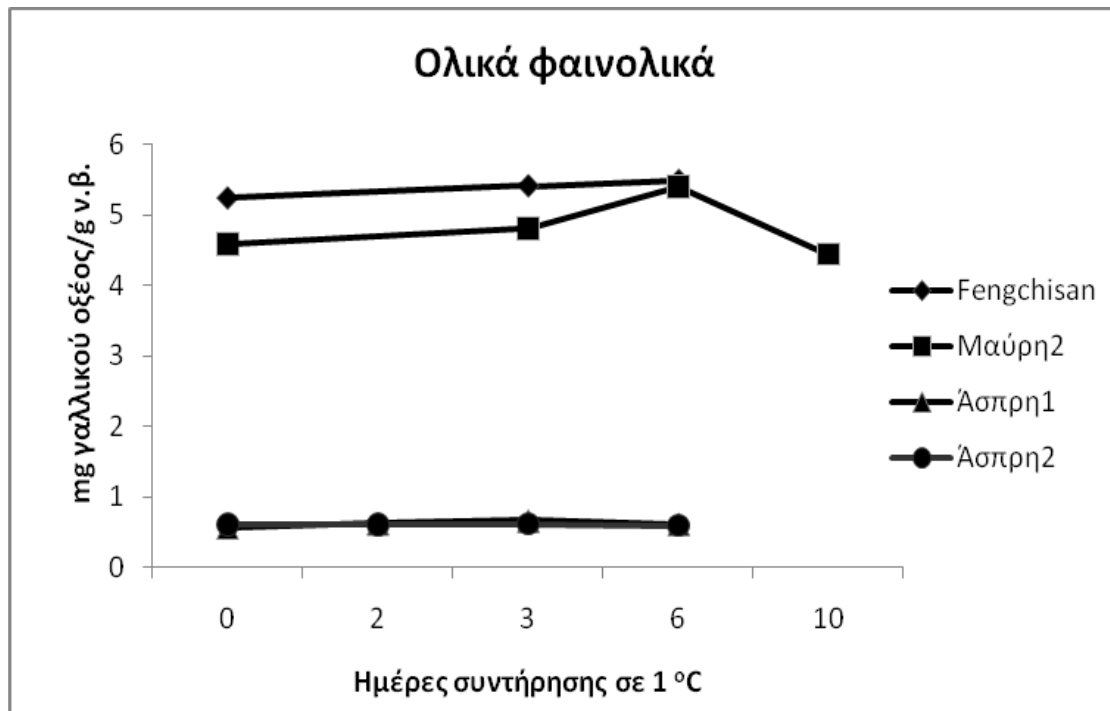
Κατά τους Ercisli et al. (2010) η συγκέντρωση σε ολικά φαινολικά καρπών *Morus nigra* κυμάνθηκε από 1826 έως 2483 mg GAE/100 g νωπού βάρους, ενώ σε

καρπούς *Morus rubra* από 1584 έως 1789 mg GAE/100 g νωπού βάρους). Όσον αφορά τα ολικά φαινολικά καρπών *M. alba*, στις ποικιλίες Pachungsiryung (M-1), Whazosipmunja (M-2), Suwonnosang (M-3), Jasan (M-4) και Mocksang (M-5) κυμάνθηκαν από 2235 έως 2570 mg GAE /100 g ξηρού βάρους (Bae and Suh, 2007), ενώ σε καρπούς του κλώνου pirinc του *M. alba* ήταν 181 mg GAE/100 g νωπού βάρους (Ercisli and Orhan, 2007). Οι τιμές που προσδιορίστηκαν στην παρούσα εργασία είναι υψηλότερες από τις τιμές που αναφέρουν οι παραπάνω ερευνητές και χαμηλότερες από τις τιμές που αναφέρουν οι Lin and Tang (2007) για σκουρόχρωμους καρπούς *Morus alba* (1515 mg GAE/100 g νωπού βάρους). Επίσης, οι Ercisli and Orhan (2008), παρατήρησαν όπως και στην παρούσα μελέτη, ότι οι καρποί σκουρότερου χρώματος παρουσιάζουν και υψηλότερη συγκέντρωση σε φαινολικά και ασκορβικό οξύ.

Είναι φανερό από τα παραπάνω ότι υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών, για αυτό και σε διαφορετικές έρευνες τα ευρήματα για καρπούς του ίδιου γένους και είδους μπορεί διαφέρουν μεταξύ τους. Καταρχάς, σημαντικό ρόλο παίζουν ο βαθμός ωριμότητας του καρπού κατά τη συγκομιδή η μεθοδολογία εκχύλισης των δειγμάτων και τρόπος έκφρασης των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, οι εδαφοκλιματικές και καλλιεργητικές συνθήκες (τύπος εδάφους, έκθεση στο ηλιακό φως και επίπεδα υγρασία), καθώς και ο γενότυπος του καρπούς μπορούν να επηρεάζουν σημαντικά σύνθεση του καρπού (Strack, 1997).

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 25 τα ολικά φαινολικά των εξεταζόμενων γενοτύπων παρουσίασαν αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Η κατά φθίνουσα κατάταξη των γενοτύπων μέχρι την 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης, που ήταν και οι τελευταία μέρα συντήρησης για όλους τους γενότυπους με εξαίρεση τη Μαύρη 2, ήταν Fengchisan > Μαύρη 2 > Άσπρη 1 > Άσπρη 2. Σημειώνεται ότι τα ολικά φαινολικά κατά τη διάρκεια της συντήρησης στην περίπτωση των γενοτύπων Άσπρη 1 και Άσπρη 2 παρέμειναν σε επίπεδα πολύ κοντά με αυτά της συγκομιδής.

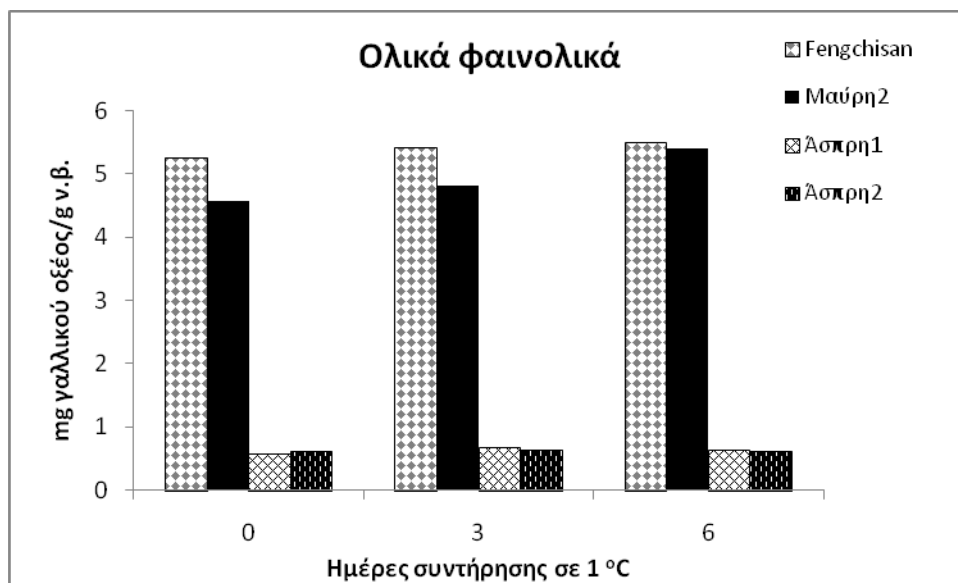
Παρόμοιες μεταβολές στα ολικά φαινολικά αναφέρουν και οι Piljac-Zegarac and Samec (2010) κατά τη συντήρηση σμέουρων (*Rubus idaeus*) σε θερμοκρασία 4°C και 25°C για 9 ημέρες και 4 ημέρες αντίστοιχα, με τη διαφορά όμως ότι στο τέλος της συντήρησης η συγκέντρωση των φαινολικών ήταν υψηλότερη σε σχέση με τη συγκομιδή. Αύξηση των φαινολικών αναφέρουν επίσης και οι Kalt et al. (1999) κατά την αποθήκευση σε 20°C. Σε αντίθεση, άλλοι ερευνητές αναφέρουν ότι οι συγκέντρωση των ολικών φαινολικών παραμένει σχετικά σταθερή σε πολλά φρούτα και λαχανικά κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία δωματίου ή ψυγείου (Kevera et al., 2007). Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι το είδος και ο γενότυπος του καρπού επηρεάζουν τη συγκέντρωση και συμπεριφορά των φαινολικών κατά τη συντήρηση. Κατά γενική εκτίμηση αυτό ενδεχομένως να οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ενεργοποίηση των ενζύμων που εμπλέκονται στο μεταβολισμό των φαινολικών, αλλά και στην απώλεια βάρους των καρπών κατά τη συντήρηση.



**Σχήμα 25:** Επίδραση χρόνου συντήρησης στα ολικά φαινολικά των καρπών κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3;  $LSD_{Fengchisan} = 0,434$ ,  $LSD_{Μαύρη2} = 1,52$ ,  $LSD_{Άσπρη1} = 0,121$ ,  $LSD_{Άσπρη2} = 0,063$  σε  $P=0,05$ ).

Όπως προέκυψε τόσο από τη μονοπαραγοντική, όσο και από τη διπαραγοντική ανάλυση διασποράς (Πίνακας 3 και 4), η επίδραση του χρόνου συντήρησης δεν ήταν σημαντική στις μεταβολές των ολικών φαινολικών των εξεταζόμενων γενοτύπων.

Αντίθετα, σημαντική ήταν η επίδραση του γενότυπου ( $P_{γ.τ.} = 0,0000$ ). Οι εξεταζόμενοι γενότυποι μπορεί να χωριστούν σε δυο ευδιάκριτες ομάδες με τους γενότυπους με σκουρόχρωμους καρπούς να υπερέχουν σημαντικά των γενοτύπων με ανοιχτόχρωμους καρπούς καθόλη τη διάρκεια της αποθήκευσης (Σχήμα 26). Από τους γενότυπους με σκουρόχρωμους καρπούς, η Fengchisan υπερείχε της Μαύρης 2, πριν και μετά την αποθήκευση σε θερμοκρασία 1°C, αλλά μόνο κατά την ημέρα της συγκομιδής και την 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο, ενώ οι γενότυποι Άσπρη 1 και Άσπρη 2 δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.



**Σχήμα 26:** Επίδραση του γενότυπου και του χρόνου συντήρησης στα ολικά φαινολικά των καρπών κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3, LSD = 0,648 σε P=0,05).

### 3.12. Ολικά Φλαβονοειδή

Κατά την ημέρα της συγκομιδής τα ολικά φλαβονοειδή των καρπών των εξεταζόμενων γενοτύπων κυμάνθησαν από τη χαμηλότερη τιμή των 0,792 mg ισοδύναμων κατεχίνης/g νεπού βάρους για την Άσπρη 1, έως τη μεγαλύτερη τιμή των 1,81 mg ισοδύναμων κατεχίνης/g νεπού βάρους για την Μαύρη 2, με ενδιάμεσες τιμές για τους υπόλοιπους γενότυπους. Συγκεκριμένα, η φθίνουσα κατάταξη των γενοτύπων ως προς τα ολικά φλαβονοειδή, βρέθηκε να είναι η εξής: Μαύρη 2 > Fengchisan > Άσπρη 2 > Άσπρη 1 (Σχήμα 27.) Είναι φανερό ότι όπως και στην περίπτωση των ολικών φαινολικών, οι τιμές ολικών φλαβονοειδών των γενοτύπων με σκουρόχρωμους καρπούς είναι υψηλότερες συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές των γενοτύπων με ανοιχτόχρωμους καρπούς.

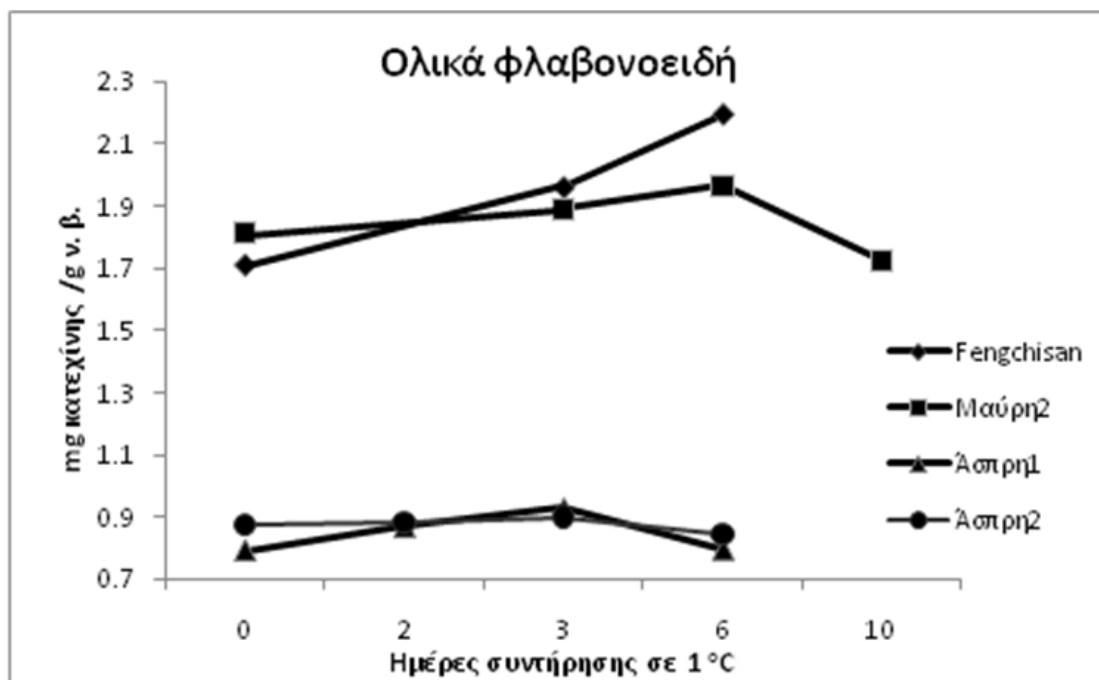
Στην διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ότι τα μούρα είναι υψηλής περιεκτικότητας σε φλαβονοειδή, ενώ ακολουθούν τα δαμάσκηνα, οι φράουλες και τα μούσμουλα. (Lin and Tang, 2007). Από τα διάφορα είδη μούρων που καλλιεργούνται στη μεσογειακή λεκάνη, όπως και στην περίπτωση των ολικών φαινολικών, φαίνεται ότι τα άσπρα μούρα (*Morus alba* L.) υπολείπονται σε ολικά φλαβονοειδή των μαύρων (*Morus nigra* L.) και κόκκινων μούρων (*Morus rubra* L.) (Ercisli and Orhan, 2007). Στους καρπούς του γένους *Morus* έχουν προσδιοριστεί διάφορα φλαβονοειδή, εκ των οποίων το quercetin 3-(6-malonylglucoside) (QE) παρουσιάζει ισχυρή αντιοξειδωτική δράση, ενώ υπάρχουν σε μικρότερες ποσότητες και οι γλυκοζίτες rutin, isoquercitrin και astragalín (Butt et al., 2008).



Οι Ercisli and Orhan (2007) αναφέρουν ότι τα ολικά φλαβονοειδή μούρων *Morus nigra*, *Morus rubra* και *Morus alba* ήταν αντίστοιχα 276, 219 mg QE/100 g νωπού βάρους και 29 mg QE/100 g νωπού βάρους. Οι Bae and Suh (2007) επίσης, παρατήρησαν ότι τα ολικά φλαβονοειδή πέντε ποικιλιών *M. alba* κυμάνθηκαν από 5,6 έως 65,4 μg ισοδύναμων κατεχίνης /g ξηρού βάρους, ενώ οι Lin and Tang (2007) αναφέρουν ότι τα ολικά φλαβονοειδή σκουρόχρωμων καρπών του ίδιου είδους ήταν 14,6 mg QE/100g νωπού βάρους. Είναι φανερό ότι η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ της παρούσας μελέτης και των προαναφερόμενων ερευνών, δυσχεραίνεται από τις διαφορετικές μεθόδους εκχύλισης, μεθόδους εκτίμησης των ολικών φλαβονοειδών. Παρόλ' αυτά και στην περίπτωση αυτής της παραμέτρου φαίνεται ότι ο γενότυπος ή ποικιλία επηρεάζει την περιεκτικότητα των καρπών σε ολικά φλαβονοειδή.

Κατά τη συντήρηση των καρπών των Μαύρη 2, Άσπρη 1 και Άσπρη 2 σε θερμοκρασία 1°C τα ολικά φλαβονοειδή των εξεταζόμενων γενοτύπων παρουσίασαν αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Στη περίπτωση των καρπών της Fengchisan τα ολικά φλαβονοειδή αυξήθηκαν μέχρι την 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης, αλλά είναι πολύ πιθανόν ότι αν συνεχιζόταν η συντήρησή τους, όπως και στην περίπτωση των υπολοίπων γενοτύπων θα μειωνότουσαν. Σημειώνεται ότι η Fengchisan καθόλη τη διάρκεια της συντήρησης παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές ολικών φλαβονοειδών, ενώ ακολουθούν η Μαύρη 2 και οι γενότυποι με καρπούς άσπρου χρώματος. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 27 είναι φανερό ότι τα ολικά φλαβονοειδή ακολουθούν την πορεία των φαινολικών κατά τη συντήρηση των μούρων.

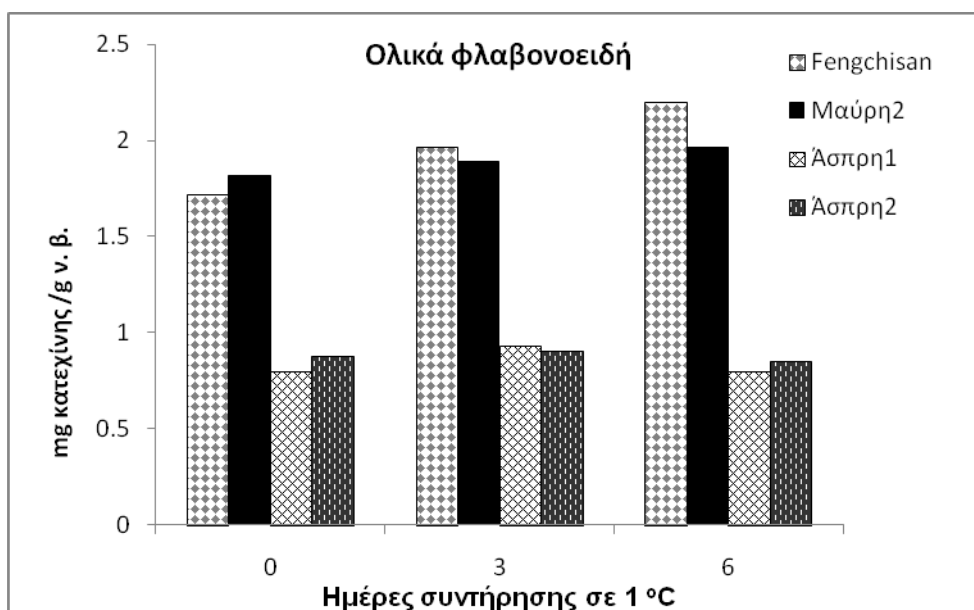
Οι Piljac-Zegarac and Samec (2010) κατά τη μελέτη της μετασυλλεκτικής συμπεριφορά καρπών σμέουρων, που συγκομίστηκαν στο στάδιο της πλήρους ωριμότητας, παρατήρησαν ότι τα ολικά φαινολικά και φλαβονοειδή αυξήθηκαν κατά τη συντήρηση στους 4°C για 9 ημέρες και στους 25°C για 4 ημέρες, αλλά όχι στατιστικά σημαντικά. Σημειώνεται ότι όπως και στην παρούσα μελέτη (με εξαίρεση τη Fengchisan), στο τέλος της συντήρησης των προαναφερόμενων οι τιμές των ολικών φλαβονοειδών και φαινολικών ήταν χαμηλότερες σε σχέση με την ημέρα της συγκομιδής.



**Σχήμα 27:** Επίδραση χρόνου συντήρησης στα ολικά φλαβονοειδή κατά τη συντήρηση των καρπών σε θερμοκρασία 1°C (n = 3;  $LSD_{Fengchisan} = 0,231$ ,  $LSD_{Μαύρη2} = 0,233$ ,  $LSD_{Άσπρη1} = 0,076$ ,  $LSD_{Άσπρη2} = 0,069$  σε  $P=0,05$ ).

Από τη μονοπαραγοντική ανάλυση της διασποράς φαίνεται ότι οι μεταβολές των ολικών φλαβονοειδών που παρατηρήθηκαν κατά τη συντήρηση των καρπών Fengchisan ήταν σημαντικές για όλες τις ημέρες αποθήκευσης. Αντίθετα, στην περίπτωση των καρπών της Άσπρη 1, αν και οι τιμές των ολικών φλαβονοειδών κατά τη διάρκεια της συντήρησης ήταν πολύ κοντά σε αυτές που παρατηρήθηκαν πριν την αποθήκευση, η αύξηση που παρατηρήθηκε μεταξύ της ημέρας της συγκομιδής και της 2<sup>ης</sup> μέρα συντήρησης, καθώς και η πτώση μεταξύ της 3<sup>ης</sup> και 6<sup>ης</sup> ημέρας ήταν στατιστικά σημαντικές.

Όπως και στην περίπτωση των φαινολικών, σημαντικές ήταν και οι διαφορές μεταξύ των γενοτύπων ( $P_{γ.τ.}=0,0000$ ) στα ολικά φλαβονοειδή των καρπών. Οι εξεταζόμενοι γενότυποι μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες με τη Fengchisan και Μαύρη 2 να υπερέχουν σημαντικά των Άσπρη 1 και Άσπρη 2 κατά τις κοινές ημέρες συντήρησης (Σχήμα 28). Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ολικά φλαβονοειδή των γενοτύπων με καρπούς παρόμοιου χρώματος δεν διέφεραν στατιστικά μεταξύ τους με εξαίρεση το ζευγάρι Fengchisan και Μαύρη 2 κατά την 6<sup>η</sup> μέρα συντήρησης.



**Σχήμα 28:** Επίδραση του γενότυπου και του χρόνου συντήρησης στα ολικά φλαβονοειδή των καρπών κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3, LSD = 0,154 σε P=0,05).

### 3.13. Ολική Αντιοξειδωτική Ικανότητα

#### 3.13.1. Μέθοδος FRAP

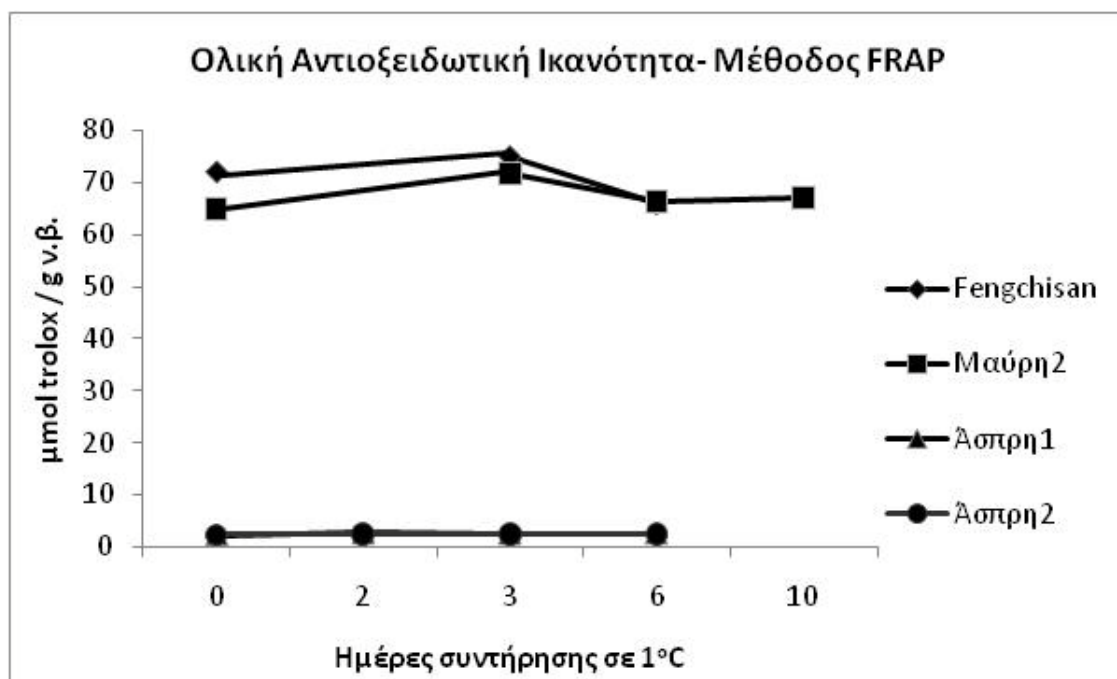
Η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα με τη μέθοδο FRAP των καρπών μουριάς κατά την ημέρα της συγκομιδής ήταν 72,16  $\mu\text{mol trolox/g}$  νωπού βάρους για τη Fengchisan και αντίστοιχα 65,01, 2,29 και 2,30  $\mu\text{mol trolox/g}$  νωπού βάρους για τους γενότυπους Μαύρη 2, Άσπρη 1 και Άσπρη 2. Σημειώνεται ότι, όπως και στην περίπτωση των φαινολικών και των φλαβονοειδών οι γενότυποι με σκουρόχρωμους καρπούς παρουσίασαν υψηλότερες τιμές ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας σε σχέση με τους γενότυπους με ανοιχτόχρωμους καρπούς.

Οι μικροί καρποί με βάση των αντιοξειδωτική τους ικανότητα μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες, σε καρπούς υψηλής και χαμηλής αντιοξειδωτικής ικανότητας (Piljac-Zegarac and Samec, 2010). Τα μούρα φαίνεται να ανήκουν στη πρώτη ομάδα, με τιμές κοντά σε αυτές που παρουσιάζουν τα κόκκινα φραγκοστάφυλα (Halvorsen et al., 2002). Στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχουν δεδομένα ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας για τους καρπούς του είδους *Morus alba*, υπάρχουν όμως για τα συγγενή είδη *Morus nigra* και *Morus rubra*. Οι Ozgen et al. (2009) κατά την μελέτη των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων μούρων *Morus nigra* και *Morus rubra* παρατήρησαν ότι οι καρποί *Morus nigra* είναι υψηλότερης αντιοξειδωτικής ικανότητας σε σχέση με τους καρπούς του *Morus rubra*. Συγκεκριμένα, η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα, όπως εκτιμήθηκε με τη μέθοδο FRAP κυμάνθηκε από 9,9 έως 16,9  $\mu\text{mol trolox /g}$  νωπού βάρους για καρπούς *Morus*

*nigra* και από 3,7 έως 7,7  $\mu\text{mol trolox /g}$  νωπού βάρους για καρπούς *Morus rubra*. Σε παρόμοια έρευνα, αναφέρεται ότι η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα τη μέθοδο FRAP ήταν 13,35  $\mu\text{mol trolox /g}$  νωπού βάρους για καρπούς *Morus nigra* και 6,87  $\mu\text{mol trolox/g}$  νωπού βάρους για καρπούς *Morus rubra* (Ercisli et al., 2010).

Στην παρούσα εργασία η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των γενοτύπων με σκουρόχρωμους καρπούς ήταν σχεδόν πενταπλάσια από τις τιμές που αναφέρουν οι παραπάνω ερευνητές, ενώ στην περίπτωση των γενοτύπων με ανοιχτόχρωμους καρπούς ήταν μικρότερες. Από το παραπάνω είναι φανερό ότι αν και τα μούρα χαρακτηρίζονται ως καρποί υψηλής αντιοξειδωτικής δραστηριότητας, η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα τους διαφέρει από είδος σε είδος, αλλά και μεταξύ ποικιλιών ή γενοτύπων του ίδιου είδους, με τους πιο σκούρους καρπούς να παρουσιάζουν και υψηλότερες τιμές.

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 29 η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των Fengchisan, Μαύρη 2, Άσπρη 1 και Άσπρη 2 παρουσίασε αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Μεταξύ των τεσσάρων προαναφερόμενων γενοτύπων, η Fengchisan και Μαύρη 2 διατήρησαν σταθερά υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τις Άσπρη 1 και Άσπρη 2 καθόλη τη διάρκεια της συντήρησης.

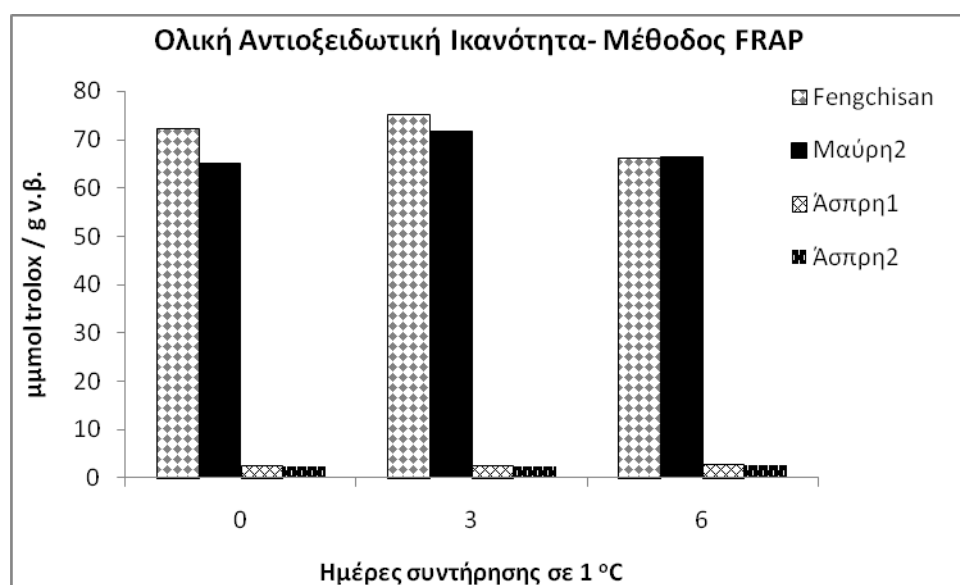


**Σχήμα 29:** Επίδραση χρόνου συντήρησης στην αντιοξειδωτική ικανότητα (μέθοδος FRAP) κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3;  $\text{LSD}_{\text{Fengchisan}} = 0,231$ ,  $\text{LSD}_{\text{Μαύρη 2}} = 10,82$ ,  $\text{LSD}_{\text{Άσπρη 1}} = 6,14$ ,  $\text{LSD}_{\text{Άσπρη 2}} = 0,064$ , σε  $P=0,05$ ).

Όπως φαίνεται από το Σχήμα 29 και όπως επαληθεύτηκε από τη μονοπαραγοντική ανάλυση της διασποράς στατιστικά σημαντική ήταν μόνο μεταβολές της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας μεταξύ της 3<sup>ης</sup> και 6<sup>ης</sup> μέρα

συντήρησης για την Fengchisan. Τα παραπάνω επαληθεύτηκαν και από τη μονοπαραγοντική και διπαραγοντική ανάλυση της διασποράς (Πίνακας 3 και 4).

Σημαντικές όμως, ήταν οι διαφορές μεταξύ των εξεταζόμενων γενοτύπων ( $P_{\gamma.τ.} = 0,0000$ ) κατά τις κοινές ημέρες συντήρησης (0, 3 και 6 μέρες), με τις Fengchisan και Μαύρη 2 να διατηρούν σημαντικά υψηλότερες τιμές ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (μέθοδος FRAP) σε σχέση με την Άσπρη 1 και Άσπρη 2 καθόλη τη διάρκεια της συντήρησης (Σχήμα 30). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι Fengchisan και Μαύρη 2, με εξαίρεση την ημέρα της συγκομιδής, δεν διαφέραν στατιστικά μεταξύ τους, όπως ούτε και οι Άσπρη 1 και Άσπρη 2.



**Σχήμα 30:** Επίδραση του γενότυπου και του χρόνου συντήρησης στην αντιοξειδωτική ικανότητα (μέθοδος FRAP) κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 24, LSD = 6,03 σε P=0,05).

### 3.13.2. Μέθοδος DPPH

Στο Σχήμα 31 παρουσιάζεται η αντιοξειδωτική ικανότητα (μέθοδος DPPH) των τεσσάρων εξεταζόμενων γενοτύπων πριν και μετά την αποθήκευση σε θερμοκρασία 1°C για 2, 3, 6, 10 ημέρες. Κατά την ημέρα της συγκομιδής η αντιοξειδωτική ικανότητα με τη μέθοδο DPPH κυμάνθηκε από 30,90 μmol trolox/g νωπού βάρους για τη Fengchisan έως τη χαμηλότερη τιμή των 1,22 μmol trolox/g νωπού βάρους για την Άσπρη 1, με ενδιάμεσες τιμές για τους υπόλοιπους γενότυπους.

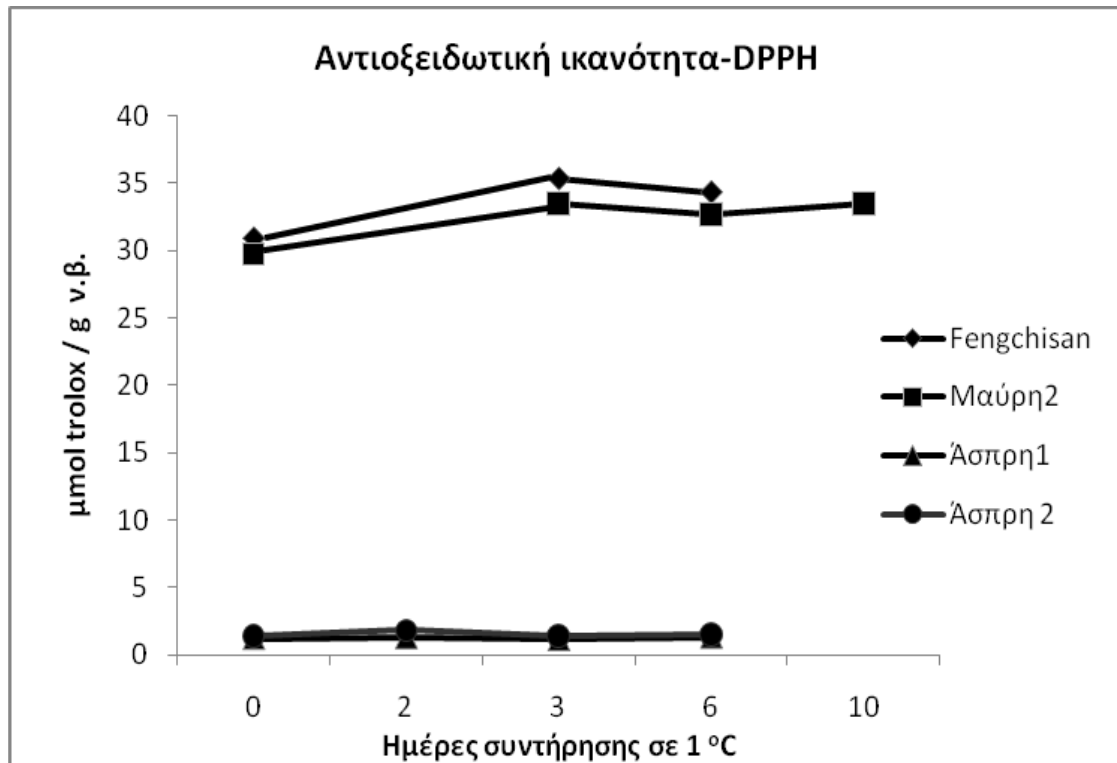
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχουν δεδομένα για την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών μουριάς του είδους *Morus alba*, υπάρχουν όμως για το συγγενές είδος *Morus nigra* και *Morus rubra*. Οι Ercisli et al. (2010) στην έρευνα τους αναφέρουν οι τιμές της αντιοξειδωτικής ικανότητας (μέθοδος DPPH) ήταν 18,98 μmol trolox/g νωπού βάρους για ώριμους

καρπούς *Morus nigra* και 11,21  $\mu\text{mol trolox/g}$  νωπού βάρους για ώριμους καρπούς *Morus rubra*.

Η αντιοξειδωτική ικανότητα με τη μέθοδο DPPH των Fengchisan και Μαύρη 2, όπως και με τη μέθοδο FRAP, υπερέιχε συγκριτικά με τις τιμές που αναφέρουν άλλοι ερευνητές για καρπούς *Morus nigra* και *Morus rubra*, ενώ το αντίθετο παρατηρήθηκε στην περίπτωση των Άσπρη 1 και Άσπρη 2. Η διαφορά αυτή πιθανόν να οφείλεται στο ότι οι καρποί ανήκουν σε διαφορετικά είδη του *Morus sp.*

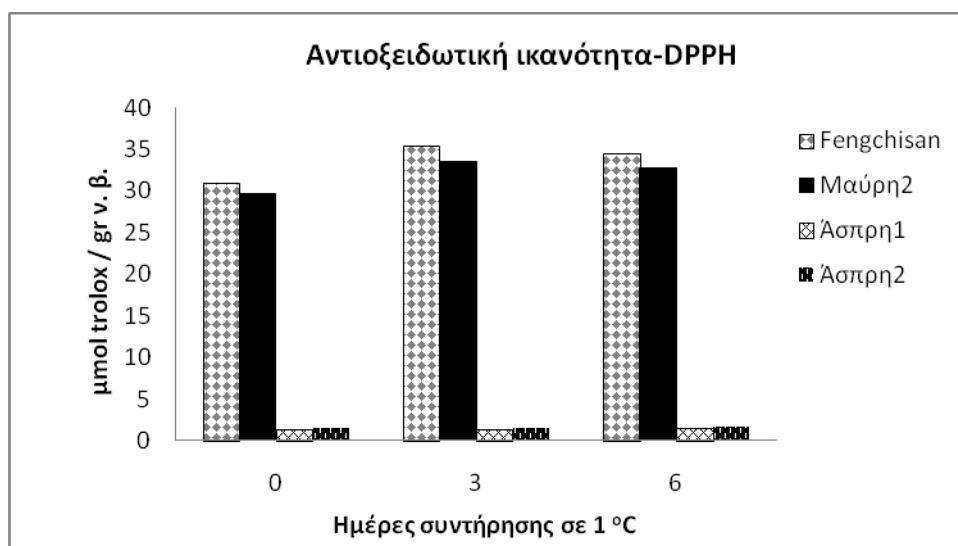
Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 31 η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα με τη μέθοδο DPPH των γενοτύπων Fengchisan, Μαύρη 2, Άσπρη 1 και Άσπρη 2 παρουσίασε αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Μεταξύ των τεσσάρων προαναφερόμενων γενοτύπων, η Fengchisan και Μαύρη 2 διατήρησαν σταθερά υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τις υπόλοιπες καθόλη τη διάρκεια της συντήρησης, ενώ οι Άσπρη 1 και Άσπρη 2 διατήρησαν τιμές πολύ κοντά με αυτές που παρατηρήθηκαν κατά τη συγκομιδής. Είναι φανερό από τα παραπάνω ότι η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα που μετρήθηκε με τη μέθοδο DPPH, αν και παρουσιάζει τις ίδιες μεταβολές με την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα που μετρήθηκε με τη μέθοδο FRAP, υπολείπεται σε σχέση με την τελευταία.

Σε ανάλογη μελέτη, οι Piljac-Zegarac and Samec (2010) μελέτησαν την αντιοξειδωτική σταθερότητα διαφόρων μικρών καρπών κατά τη συντήρηση στους 4°C και 25°C και παρατήρησαν ότι η συμπεριφορά των σμέουρων κατά τη συντήρηση φαίνεται να είναι παρόμοια με αυτή των εξεταζόμενων μούρων. Αναλυτικότερα, κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 4°C για 9 ημέρες και σε 25°C για 4 ημέρες, η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα με τη μέθοδο DPPH και FRAP παρουσίασε αυξομειώσεις, ενώ στο τέλος της συντήρησης ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με την ημέρα της συγκομιδής. Άλλοι επίσης ερευνητές αναφέρουν ότι η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα ώριμων σμέουρων, αυξήθηκε ελαφρώς μετά από 10 ημέρες στους 10°C (Wang, 2003), καθώς και κατά την αποθήκευση στους 0, 10 και 20 °C έως 8 ημέρες (Kalt et al., 1999). Αντίθετα, οι Mullen et al. (2002) στη μελέτη τους παρατήρησαν ότι μετά από αποθήκευση στους 48°C για 3 ημέρες και στους 18°C για 24 ώρες η αντιοξειδωτική ικανότητα σμέουρων δεν επηρεάστηκε.



**Σχήμα 31:** Επίδραση χρόνου συντήρησης στην αντιοξειδωτική ικανότητα (μέθοδος DPPH) κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3;  $LSD_{Fengchisan} = 3,95$ ,  $LSD_{Μαύρη2} = 5,50$ ,  $LSD_{Άσπρη1} = 0,21$ ,  $LSD_{Άσπρη2} = 0.381$ , σε  $P=0,05$ ).

Όπως φαίνεται από το Σχήμα 31 και όπως επαληθεύτηκε από τη μονοπαραγοντική ανάλυση της διασποράς στατιστικά σημαντική ήταν μόνο μεταβολές της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας μεταξύ της ημέρας συγκομιδής και 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης για την Fengchisan και μεταξύ της ημέρας συγκομιδής και 2<sup>η</sup> μέρα συντήρησης για την Άσπρη 2. Σημαντικές όμως, ήταν οι διαφορές μεταξύ των εξεταζόμενων γενοτύπων ( $P_{γτ.} = 0,0000$ ) κατά τις κοινές ημέρες συντήρησης (0, 3 και 6 μέρες), με τις Άσπρη 1 και Άσπρη 2 υπολείπονται σε σημαντικό βαθμό των Fengchisan και Μαύρη 2 πριν και μετά την αποθήκευση (Σχήμα 32). Από τους τέσσερις εξεταζόμενους γενότυπους η Fengchisan παρουσίασε σταθερά υψηλότερες τιμές ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας καθόλη τη διάρκεια συντήρησης συγκριτικά με τις υπόλοιπες.



**Σχήμα 32:** Επίδραση του γενότυπου και του χρόνου συντήρησης στην αντιοξειδωτική ικανότητα (μέθοδος DPPH) κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3, LSD = 3,25 σε P=0,05).

### 3.14. Ολικές ανθοκυανίνες

Κατά την ημέρα της συγκομιδής οι ολικές ανθοκυανίνες των καρπών ήταν 3472,62 μg Cyd-3-glu/gr νωπού βάρους για τη Fengchisan και 3306,42 g Cyd-3-glu/g νωπού βάρους για τη Μαύρη 2. Σημειώνεται ότι λόγω της πολύ χαμηλής συγκέντρωσης των γενοτύπων με ανοιχτόχρωμους καρπούς (Άσπρη 1 και Άσπρη 2) σε ανθοκυανίνες, δεν ήταν εφικτή η μέτρηση τους.

Είναι γνωστό ότι τα μούρα αποτελούν πλούσια πηγή ανθοκυανίνων. Αν και σε διάφορες δημοσιευμένες εργασίες αναφέρεται ότι οι κύριες ανθοκυανίνες των μούρων είναι cyanidin-3-glucoside και cyanidin-3-rutinoside (Liu et al., 2004), δεν έχουν προσδιοριστεί ακόμη όλες οι ανθοκυανίνες που περιέχονται στα μούρα. Οι Du et al. (2008) προσδιόρισαν 5 ανθοκυανίνες σε μούρα *Morus alba* L., που αγοράστηκαν από την τοπικά αγορά της περιοχής Hangzhou Κινάς. Πιο συγκεκριμένα, εκτός από τις κύριες ανθοκυανίνες που αναφέρονται παραπάνω, παρατήρησαν ότι τα μούρα περιέχουν και τις ανθοκυανίνες cyanidin 3-O-(600-O-arhamnopyranosyl)- b-D-galactopyranoside), cyanidin 3-O-b-D-galactopyranoside και cyanidin 7-O-b-D-glucopyranoside. Στα μούρα του είδους *Morus alba* οι ανθοκυανίνες τείνουν να συσσωρεύονται στα επιφανειακά κύτταρα των καρπιδίων, ενώ στην περίπτωση του *Morus nigra* και *rubra* σε όλα τα κύτταρα (Gerasopoulos and Stavroulakis, 1997).

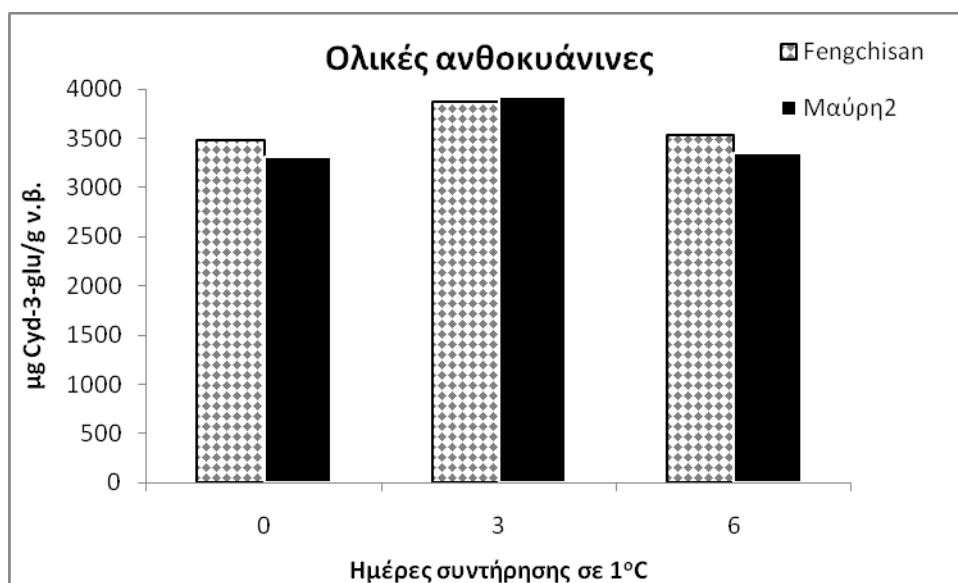
Οι ολικές ανθοκυανίνες καρπών *Morus nigra* και *Morus rubra* κυμάνθησαν σε επίπεδα 674 - 787 Cyd-3-glu mg/g και 81 - 132 Cyd-3-glu mg/g αντίστοιχα (Ercisli et al., 2010). Κατά τους Aramwit et al. (2010) οι ολικές ανθοκυανίνες καρπών μουριάς (*M. alba*) χρώματος ιώδους και ιώδους - κόκκινου κυμάνθησαν από 0,11 σε 0,17 mmol Cyd-3-glu/g ξηρού βάρους, με τους πιο σκουρόχρωμους καρπούς να



παρουσιάζουν και την υψηλότερη συγκέντρωση και μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα. Επίσης, οι Bae and Suh (2007) αναφέρουν ότι οι ολικές ανθοκυανίνες στις ποικιλίες Pachungsipyung (M-1), Whazosipmunja (M-2), Suwonnosang (M-3), Jasan (M-4) και Mocksang (M-5) του *M. alba* κυμάνθηκαν από 1230 έως 2057 mg Cvd-3-glu/g ξηρού βάρους. Είναι φανερό ότι τόσο το στάδιο ωριμότητας, όσο και ο γενότυπος επηρεάζουν το επίπεδο των ανθοκυανίνων σε καρπούς μούρων (Bae and Suh, 2007). Παράλληλα, έχει διαπιστωθεί ότι σημαντικό ρόλο παίζουν και οι κλιματικές συνθήκες. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε ότι οι υψηλές θερμοκρασίας και η έκθεση καρπών μούρων στο φως για πολύ ώρα οδηγούν στην αποικοδόμηση των ανθοκυανίνων και στη μείωση της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας (Suhl et al., 2003; Mori et al., 2007; Sadilova et al., 2007; Mourtzinis et al., 2008; Aramwit et al., 2010).

Κατά τη συντήρηση των Fengchisan και Μαύρη 2 σε θερμοκρασία 1°C, οι ολικές ανθοκυανίνες αυξήθηκαν κατά τη 3<sup>η</sup> μέρα συντήρησης και κατόπιν μειώθηκαν και σταθεροποιήθηκαν σε τιμές πολύ κοντά σε αυτές που παρατηρήθηκαν αμέσως μετά τη συγκομιδή (Σχήμα 33). Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και από την μονοπαραγοντική και διπαραγοντική ανάλυση της διασποράς των δεδομένων από όπου φαίνεται η μη σημαντική επίδραση τόσο του χρόνου συντήρησης (P<sub>συντ.</sub>= 0,1129), όσο και του γενότυπου (P<sub>γτ.</sub>= 0,6209).

Στα σμέουρα όπως και στα μούρα οι κύριες ανθοκυανίνες ανήκουν στους κυανιδινικούς γλυκοζίτες, ενώ περιέχουν και μικρές ποσότητες πελαργονιδινικούς γλυκοζίτες. Σύμφωνα με τους Haffner et al. (2002) οι ολικές ανθοκυανίνες κόκκινων ποικιλιών σμέουρων (*Rubus idaeus* L.) αυξήθηκαν μετά από την αποθήκευση 7 ημερών στους 1,7°C με σχετική υγρασία 95% σε κανονικές και τροποποιημένες ατμόσφαιρες, αλλά σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο μόνο στην περίπτωση των κανονικών ατμοσφαιρών. Οι Piljac-Zegarac and Samec (2010) στη μελέτη τους αναφέρουν ότι κατά τη συντήρηση μικρών καρπών, συμπεριλαμβανομένου των σμέουρων σε θερμοκρασία 4°C και 25°C, η περιεκτικότητα σε ολικές ανθοκυανίνες, αν και αυξήθηκε και στις δυο θερμοκρασίες, ήταν υψηλότερη κατά την παρατεταμένη αποθήκευση στις χαμηλές θερμοκρασίες. Αύξηση των ολικών ανθοκυανίνων αναφέρουν επίσης και οι Kalt et al. (1999) κατά την αποθήκευση σμέουρων στους 20°C. Ωστόσο, οι Mullen et al. (2002) στην έρευνα τους παρατήρησαν ότι κατά τη συντήρηση σμέουρων η συγκέντρωση των ανθοκυανίνων παρέμεινε σχεδόν σταθερή, κατά την αποθήκευση σμέουρων στους 48°C για 3 ημέρες ή στους 18°C για 24 ώρες.



**Σχήμα 33:** Επίδραση του γενότυπου και του χρόνου συντήρησης στις ολικές ανθοκυανίνες κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C (n = 3, LSD = 753 σε P=0,05).

### 3.15. Συσχετίσεις Παραμέτρων

Πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις συσχέτισης μεταξύ των βασικών παραμέτρων που μελετήθηκαν, όπως των ολικών φαινολικών, ολικών φλαβονοειδών και της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας με τις μεθόδους FRAP και DPPH και των ανθοκυανινών κτλ. Τα αποτελέσματα των συσχετίσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

**Πίνακας 5:** Αναλύσεις συσχετίσεων κατά Pearson (Pearson Correlation Analysis), μεταξύ παραμέτρων που μελετήθηκαν, σε καρπούς των τεσσάρων εξεταζόμενων ποικιλιών μουριάς.

ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ		r (συντελεστής συσχέτισης)	ΤΥΠΟΣ
DPPH <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΛΑΒ. <sup>1</sup>	0,97853***	DPPH = -22,1041 + 28,1573* ΟΛ. ΦΛΑΒ.
DPPH <sup>1</sup>	FRAP <sup>1</sup>	0,99037***	DPPH = 0,333995 + 0,465178* FRAP
DPPH <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ. <sup>1</sup>	0,987563***	DPPH = -2,49097 + 6,7803* ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ.
ΟΛ. ΦΛΑΒ. <sup>1</sup>	FRAP <sup>1</sup>	0,955125***	ΟΛ. ΦΛΑΒ.= 0,830295 + 0,0155907* FRAP
ΟΛ. ΦΛΑΒ. <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ. <sup>1</sup>	0,975313***	ΟΛ. ΦΛΑΒ.= 0,719875 + 0,232708* ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ.

FRAP <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ. <sup>1</sup>	0,982936***	FRAP = -5,4736 + 14,3677* ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ.
ΟΞΥΤΗΤΑ <sup>1</sup>	Σ.Δ.Σ. <sup>1</sup>	-0,471683**	ΟΞΥΤΗΤΑ = 1,1814 - 0,0457959* Σ.Δ.Σ.
ΟΞΥΤΗΤΑ <sup>1</sup>	DPPH <sup>1</sup>	0,859428***	ΟΞΥΤΗΤΑ = 0,342231 + 0,0100806* DPPH <sup>2</sup>
ΟΞΥΤΗΤΑ <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΛΑΒ. <sup>1</sup>	0,815293***	ΟΞΥΤΗΤΑ = 0,13146 + 0,275175* ΟΛ. ΦΛΑΒ.
ΟΞΥΤΗΤΑ <sup>1</sup>	FRAP <sup>1</sup>	0,882056**	ΟΞΥΤΗΤΑ = 0,339481 + 0,00485954* FRAP
ΟΞΥΤΗΤΑ <sup>1</sup>	PH <sup>1</sup>	-0,956855***	ΟΞΥΤΗΤΑ = 1,81151 - 0,237352*PH
ΟΞΥΤΗΤΑ <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ. <sup>1</sup>	0,849201***	ΟΞΥΤΗΤΑ = 0,317013 + 0,0683869* ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ.
ΟΞΥΤΗΤΑ <sup>1</sup>	ΣΥΝΕΚΤ. <sup>1</sup>	0,150446 <sup>ns</sup>	ΟΞΥΤΗΤΑ = 0,339404 + 0,171093* ΣΥΝΕΚΤ.
Σ.Δ.Σ. <sup>1</sup>	DPPH <sup>1</sup>	-0,505779**	Σ.Δ.Σ. = 15,6137 - 0,0611029* DPPH
Σ.Δ.Σ. <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΛΑΒ. <sup>1</sup>	-0,461692**	Σ.Δ.Σ. = 16,8037 - 1,60498* ΟΛ. ΦΛΑΒ
Σ.Δ.Σ. <sup>1</sup>	FRAP <sup>1</sup>	-0,525872**	Σ.Δ.Σ. = 15,6442 - 0,0298402* FRAP
Σ.Δ.Σ. <sup>1</sup>	PH <sup>1</sup>	0,558852***	Σ.Δ.Σ. = 6,76732 + 1,4278*PH
Σ.Δ.Σ. <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ. <sup>1</sup>	-0,519696**	Σ.Δ.Σ. = 15,8142 - 0,431057* ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ.
Σ.Δ.Σ. <sup>1</sup>	ΣΥΝΕΚΤ. <sup>1</sup>	-0,370347*	Σ.Δ.Σ. = 19,0003 - 4,33794* ΣΥΝΕΚΤ.
PH <sup>1</sup>	DPPH <sup>1</sup>	-0,898968***	PH = 6,19094 - 0,0425084* DPPH
PH <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΛΑΒ. <sup>1</sup>	-0,855131 <sup>ns</sup>	PH = 7,08413 - 1,16354* ΟΛ. ΦΛΑΒ.
PH <sup>1</sup>	FRAP <sup>1</sup>	-0,919546***	PH = 6,20007 - 0,0204233* FRAP
PH <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ. <sup>1</sup>	-0,892161***	PH = 6,30092 - 0,28964* ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ.
PH <sup>1</sup>	ΣΥΝΕΚΤ. <sup>1</sup>	-0,134318 <sup>ns</sup>	PH = 6,09499 - 0,615797* ΣΥΝΕΚΤ
ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ <sup>1</sup>	ΟΞΥΤΗΤΑ <sup>1</sup>	-0,399414*	ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ = 8,64892 - 7,70429* ΟΞΥΤΗΤΑ
ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ <sup>1</sup>	Σ.Δ.Σ. <sup>1</sup>	0,540472***	ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ = -10,0612 + 1,01218* Σ.Δ.Σ.
ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ <sup>1</sup>	DPPH <sup>2</sup>	-0,148892 <sup>ns</sup>	ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ = 5,26269 - 0,0336866* DPPH
ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΛΑΒ. <sup>1</sup>	-0,111087 <sup>ns</sup>	ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ = 5,69405 - 0,723216* ΟΛ. ΦΛΑΒ
ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ <sup>1</sup>	FRAP <sup>1</sup>	-0,181933 <sup>ns</sup>	ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ = 5,38305 - 0,0193339* FRAP
ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ <sup>1</sup>	PH <sup>1</sup>	0,461379**	ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ = -7,37892 + 2,20757*PH
ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ. <sup>1</sup>	-0,14596 <sup>ns</sup>	ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ = 5,34177 - 0,226728* ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ.
ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ <sup>1</sup>	ΣΥΝΕΚΤ. <sup>1</sup>	-0,783618***	ΑΠ.ΒΑΡΟΥΣ = 22,2354 - 17,1896* ΣΥΝΕΚΤ.
L* <sup>1</sup>	ΟΞΥΤΗΤΑ <sup>1</sup>	-0,756099***	L* = 64,1905 - 62,3275* ΟΞΥΤΗΤΑ
L* <sup>1</sup>	Σ.Δ.Σ. <sup>1</sup>	0,266568 <sup>ns</sup>	L* = 1,06141 + 2,13347*Σ.Δ.Σ.
L* <sup>1</sup>	DPPH <sup>1</sup>	-0,890605***	L* = 46,8285 - 0,861122*DPPH
L* <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΛΑΒ. <sup>1</sup>	-0,878319***	L* = 66,1273 - 24,437* ΟΛ. ΦΛΑΒ.
L* <sup>1</sup>	FRAP <sup>1</sup>	-0,893603***	L* = 46,7297 - 0,405831*FRAP
L* <sup>1</sup>	PH <sup>1</sup>	0,756493***	L* = -52,4071 + 15,4687*PH
L* <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ. <sup>1</sup>	-0,88609***	L* = 49,099 - 5,88222*PHEN
L* <sup>1</sup>	ΣΥΝΕΚΤ. <sup>1</sup>	0,457071**	L* = -11,5884 + 42,8486* ΣΥΝΕΚΤ.
L* <sup>1</sup>	C* <sup>1</sup>	0,902069***	L* = 16,481 + 2,12491*C

L* <sup>1</sup>	h <sup>01</sup>	0,792113***	L* = -52,5548 + 0,976228*h <sup>0</sup>
h <sup>01</sup>	ΟΕΥΤΗΤΑ <sup>1</sup>	-0,727475***	h <sup>0</sup> = 111,781 - 48,6581* ΟΕΥΤΗΤΑ
h <sup>01</sup>	Σ.Δ.Σ. <sup>1</sup>	0,50097**	h <sup>0</sup> = 39,3603 + 3,25331*Σ.Δ.Σ.
h <sup>01</sup>	DDPH <sup>1</sup>	-0,871572***	h <sup>0</sup> = 98,4232 - 0,683783*DDPH
h <sup>01</sup>	ΟΛ. ΦΛΑΒ. <sup>1</sup>	-0,835649***	h <sup>0</sup> = 112,997 - 18,865* ΟΛ. ΦΛΑΒ.
h <sup>01</sup>	FRAP <sup>1</sup>	-0,893495***	h <sup>0</sup> = 98,5962 - 0,329252*FRAP
h <sup>01</sup>	PH <sup>1</sup>	0,770249***	h <sup>0</sup> = 16,9102 + 12,7796*PH
h <sup>01</sup>	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ. <sup>1</sup>	-0,876489***	h <sup>0</sup> = 100,371 - 4,72113* ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ.
h <sup>01</sup>	ΣΥΝΕΚΤ. <sup>1</sup>	0,167099 <sup>ns</sup>	h <sup>0</sup> = 73,7936 + 12,7105* ΣΥΝΕΚΤ.
h <sup>01</sup>	C* <sup>1</sup>	0,817901***	h <sup>0</sup> = 75,2401 + 1,56328* C*
C* <sup>1</sup>	ΟΕΥΤΗΤΑ <sup>1</sup>	-0,837511***	C* = 22,4404 - 29,3083* ΟΕΥΤΗΤΑ
C* <sup>1</sup>	Σ.Δ.Σ. <sup>1</sup>	0,471258**	C* = -15,9582 + 1,60116*Σ.Δ.Σ.
C* <sup>1</sup>	DDPH <sup>1</sup>	-0,935014***	C* = 13,916 - 0,383792*DDPH
C* <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΛΑΒ. <sup>1</sup>	-0,923123***	C* = 22,5338 - 10,9032* ΟΛ. ΦΛΑΒ.
C* <sup>1</sup>	FRAP <sup>1</sup>	-0,938413***	C* = 13,8737 - 0,180923*FRAP
C* <sup>1</sup>	PH <sup>1</sup>	0,888557***	C* = -34,7889 + 7,71317*PH
C* <sup>1</sup>	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ. <sup>1</sup> ,	-0,927592***	C* = 14,9062 - 2,61408* ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ.
C* <sup>1</sup>	ΣΥΝΕΚΤ. <sup>1</sup>	0,177884 <sup>ns</sup>	C* = 0,147892 + 7,07928* ΣΥΝΕΚΤ.
ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. <sup>2</sup>	ΟΕΥΤΗΤΑ <sup>2</sup>	-0,250805 <sup>ns</sup>	ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. = 4276,28 - 1026,03* ΟΕΥΤΗΤΑ
ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. <sup>2</sup>	Σ.Δ.Σ. <sup>2</sup>	-0,0676612 <sup>ns</sup>	ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. = 3821,65 - 17,9682*Σ.Δ.Σ.
ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. <sup>2</sup>	DDPH <sup>2</sup>	0,608646**	ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. = 725,401 + 87,1082*DDPH
ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. <sup>2</sup> ,	ΟΛ. ΦΛΑΒ. <sup>2</sup>	0,0462724 <sup>ns</sup>	ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. = 3368,62 + 108,509* ΟΛ. ΦΛΑΒ.
ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. <sup>2</sup>	FRAP <sup>2</sup>	0,63359**	ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. = 261,502 + 47,7783*FRAP
ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. <sup>2</sup>	PH <sup>2</sup>	-0,00678948 <sup>ns</sup>	ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. = 3623,48 - 9,65626*PH
ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. <sup>2</sup>	ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ. <sup>2</sup>	0,116933 <sup>ns</sup>	ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. = 3121,81 + 88,4021* ΟΛ. ΦΑΙΝΟΛ.
ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. <sup>2</sup>	ΣΥΝΕΚΤ. <sup>2</sup>	-0,352629 <sup>ns</sup>	ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. = 4788,83 - 1218,16* ΣΥΝΕΚΤ.
ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. <sup>2</sup>	C* <sup>2</sup>	-0,202298 <sup>ns</sup>	ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. = 3713,86 - 109,548*C
ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. <sup>2</sup>	L* <sup>2</sup>	-0,338414 <sup>ns</sup>	ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. = 5639,05 - 112,013*L*
ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. <sup>2</sup>	h <sup>02</sup>	-0,118065 <sup>ns</sup>	ΟΛ. ΑΝΘΟΚ. = 4033,69 - 6,00914* h <sup>0</sup>

<sup>1</sup>n=36, τιμές των μούρων των γενοτύπων κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C για έως 6 μέρες μετά τη συγκομιδή.

<sup>2</sup>n=18, τιμές των μούρων των γενοτύπων με σκουρόχρωμους καρπούς κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C για έως 6 μέρες μετά τη συγκομιδή.

\*Σημαντικό σε P<0,05

\*\*Σημαντικό σε P<0.01

\*\*\*Σημαντικό σε P<0.001

<sup>ns</sup> μη στατιστικά σημαντικό

Όπως φαίνεται στο Πίνακα 5 παρατηρήθηκε σημαντική θετική συσχέτιση με υψηλό συντελεστή συσχέτισης μεταξύ των ζευγαριών:  $L^* - C^*$ ,  $L^* - h^o$ ,  $h^o - C^*$ , αντιοξειδωτική ικανότητα (DPPH) - ολικά φλαβονοειδή, αντιοξειδωτική ικανότητα (DPPH) - αντιοξειδωτική ικανότητα (FRAP), αντιοξειδωτική ικανότητα (DPPH) - ολικά φαινολικά, ολικά φλαβονοειδή - αντιοξειδωτική ικανότητα (FRAP), ολικά φλαβονοειδή - ολικά φαινολικά, αντιοξειδωτική ικανότητα (FRAP) - ολικά φαινολικά, PH- αντιοξειδωτική ικανότητα (FRAP).

Σημαντική αρνητική συσχέτιση με υψηλό συντελεστή συσχέτισης παρατηρήθηκε επίσης μεταξύ του  $L^*$ , του  $h^o$  και του  $C^*$  με τα ολικά φαινολικά, τα ολικά φλαβονοειδή, την αντιοξειδωτική ικανότητα (DPPH και FRAP). Όσον αφορά τις ολικές ανθοκυανίνες, παρουσίασαν σημαντική θετική συσχέτιση την αντιοξειδωτική ικανότητα (DPPH και FRAP).

Από τα αποτελέσματα των συσχετίσεων, προέκυψε ότι οι γενότυποι που παρουσίασαν υψηλή συγκέντρωση ολικών φαινολικών παρουσίασαν επίσης υψηλή συγκέντρωση σε ολικά φλαβονοειδή. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται από την σημαντική θετική συσχέτιση ( $r = 0,975313$ ) αυτών των παραμέτρων, η οποία έχει επισημανθεί από διάφορους ερευνητές (van Acker et al., 1996; Wang et al., 1997; Tsuda et al., 1999).

Οι καρποί επίσης των γενοτύπων, που ήταν υψηλής περιεκτικότητας σε φαινολικά και φλαβονοειδή (Fengchisan και Μαύρη 2) παρουσίασαν και υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα συγκριτικά με τους υπόλοιπους γενότυπους (Άσπρη 1 και Άσπρη 2), το οποίο ήταν αναμενόμενο λόγω της σημαντικής θετικής συσχέτισης της DPPH και FRAP με τα ολικά φαινολικά, τα ολικά φλαβονοειδή. Επιπλέον, ο υψηλός συντελεστής συσχέτισης ( $r = 0,99037$ ), που παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη, μεταξύ των δύο μεθόδων εκτίμησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας υποδηλώνει ότι στα μούρα οι αντιοξειδωτικές ενώσεις παρουσιάζουν εξίσου αναγωγική ικανότητα (μέθοδος FRAP) και ικανότητα δέσμευσης ελευθέρων ριζών (μέθοδος DPPH).

Όσον αφορά τις ολικές ανθοκυανίνες, αν και παρουσίασαν σημαντική θετική συσχέτιση με την αντιοξειδωτική ικανότητα (DPPH και FRAP), κυνάνθηκε σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις άλλες παραμέτρους που αναφέρονται ανωτέρω. Η διαφορά αυτή ενδεχομένως να οφείλετε στο ότι κατά τους υπολογισμούς συσχέτισης των ανθοκυανίνων με τους υπόλοιπους παραμέτρους συμμετείχαν, μόνο οι τιμές των καρπών των γενοτύπων με σκούρο χρώμα.

Σε παρόμοιες μελέτες, άλλοι ερευνητές αναφέρουν ότι τα ολικά φαινολικά και ιδιαίτερα τα διάφορα φλαβονοειδή επηρεάζουν σημαντικά την αντιοξειδωτική δραστηριότητα των μούρων (Butt et al., 2008). Επιπλέον, οι Ercisli and Orhan (2008) αναφέρουν ότι σε μαύρα μούρα (*Morus nigra*) παρατηρήθηκε σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικής δραστηριότητας ( $r=0,976$ ). Παρόμοια θετική συσχέτιση μεταξύ αντιοξειδωτικής δραστηριότητας και

ανθοκυανίνες έχει επισημανθεί και από άλλους ερευνητές σε μούρα (Bae and Suh, 2007), και σε μερικούς άλλους καρπούς (Konczak-Islam et al., 2003; Solangaarachchi and Gould, 2001).

Σημαντική θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε επίσης μεταξύ του  $L^*$  και του  $h^o$ , το οποίο ήταν αναμενόμενο, καθώς όπως και στην παρούσα εργασία, έτσι και σε άλλες έρευνες έχει παρατηρηθεί μεγάλη συσχέτιση μεταξύ του χρώματος και της φωτεινότητας, με τις πιο σκούρες ποικιλίες να παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές  $L^*$  (Ercisli and Orhan, 2007; Aramwit et al., 2010). Επιπρόσθετα, οι καρποί των γενοτύπων σκούρου χρώματος ήταν υψηλότερης περιεκτικότητας σε φαινολικά και φλαβονοειδή και υψηλής αντιοξειδωτικής ικανότητας συγκριτικά με τους γενότυπους με ανοιχτόχρωμους καρπούς, το οποίο επιβεβαιώθηκε και από τη σημαντική αρνητική συσχέτιση που παρατηρήθηκε επίσης μεταξύ του  $L^*$ , του  $h^o$  και του  $C^*$  με τις παραπάνω παραμέτρους.

Τέλος, υψηλή αρνητική συσχέτιση παρατηρήθηκε μεταξύ pH και της αντιοξειδωτικής ικανότητας και με τις δύο μεθόδους ( $r_{FRAP} = -0,919546$  και  $r_{DPPH} = -0,898968$ ). Σε ανάλογη μελέτη σε μούρα, οι Suhl et al. (2003) αναφέρουν ότι η θερμοκρασία και το pH επηρεάζουν την υποβάθμιση του χρώματος των μούρων, κάτι που πιθανόν να σχετίζεται με την μείωση των επιπέδων των ανθοκυανίνων και της αντιοξειδωτικής τους ικανότητας.

Είναι φανερό από τα παραπάνω ότι οι σκουρόχρωμοι καρποί είναι και υψηλής αντιοξειδωτικής ικανότητας. Η αντιοξειδωτική ικανότητα των μούρων οφείλεται στις φαινολικές ενώσεις και ειδικότερα τα φλαβονοειδή, από τα οποία οι ανθοκυανίνες παίζουν ιδιαίτερο ρόλο. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι όλες οι φαινολικές ενώσεις δεν έχουν την ίδια αντιοξειδωτική ικανότητα, ενώ γενικότερα στην ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των μούρων συνεισφέρουν και άλλες μη-φαινολικές ενώσεις (Butt et al., 2008).

### **3.16. Οργανοληπτική δοκιμή**

#### **3.16.1. Οργανοληπτική δοκιμή χαρακτηριστικών**

Κατά την αξιολόγηση του μεγέθους των καρπών οι δοκιμαστές στη πλειονότητα τους χαρακτήρισαν το μέγεθος όλων των γενοτύπων «μέτριο» με τη Μαύρη 2 να παίρνει τη μεγαλύτερη βαθμολογία (2.3) και την Άσπρη 1 τη μικρότερη (2). Τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής δοκιμής συμπίπτουν και με τα πειραματικά δεδομένα της μελέτης, όπου παρατηρήθηκε ότι η Μαύρη 2 παρουσιάζει το μεγαλύτερο βάρος / καρπό, ενώ η Άσπρη 1 το μικρότερο.

Όσον αναφορά τη συνεκτικότητα των καρπών, στους γενότυπους με σκουρόχρωμους καρπούς αποδόθηκε ο βαθμός 2-2,1 δηλ. καρποί μέτριας συνεκτικότητας, ενώ στο γενότυπο Άσπρη 1 η τιμή 1,6 δηλ. καρποί μικρής προς

μέτριας συνεκτικότητας. Τα παραπάνω έρχονται σε αντίθεση με τα πειραματικά δεδομένα της μελέτης αυτής, καθώς από τη μέτρηση της συνεκτικότητας διαπιστώθηκε ότι αν και οι καρποί όλων των εξεταζόμενων γενοτύπων ήταν χαμηλής συνεκτικότητας, η Άσπρη 1 παρουσίασε υψηλότερες τιμές από τις Μαύρη 2 και Fengchisan. Η διαφοροποίηση αυτή είναι ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι κατά την οργανοληπτική δοκιμή χρησιμοποιήθηκαν δοκιμαστές μη εξοικειωμένοι με τη διαδικασία αυτή.

Σε ότι αφορά την οξύτητα, όλοι οι γενότυποι αξιολογήθηκαν ότι ήταν μικρής προς μεσαίας οξύτητας με την ένταση του χαρακτηριστικού να είναι υψηλότερη στην περίπτωση της Fengchisan, ενώ ακολουθούν η Μαύρη 2 και Άσπρη 1. Η αξιολόγηση των δοκιμαστών συμπίπτει με τα πειραματικά μας δεδομένα μόνο στη περίπτωση της Άσπρη 1. Συγκεκριμένα, η Άσπρη 1 ήταν χαμηλότερης οξύτητας συγκριτικά με τους άλλους δύο γενότυπους, όμως σε αντίθεση με την εκτίμηση των δοκιμαστών η Μαύρη 2 ήταν υψηλότερης οξύτητας από τη Fengchisan.

Κατά την αξιολόγηση της γλυκύτητας των καρπών χρησιμοποιήθηκε πεντοβάθμια κλίμακα προσδιορισμού της εξεταζόμενης ιδιότητας (Καθόλου: 1, Μικρή: 2, Μεσαία: 3, Μεγάλη: 4, Πολύ μεγάλη: 5). Οι δοκιμαστές χαρακτήρισαν στη πλειοψηφία τους τις Άσπρη 1 και Μαύρη 2 ως μεσαίας γλυκύτητας (τιμές 3,3 και 3,1 αντίστοιχα), ενώ τη Fengchisan ως μικρής προς μεσαίας γλυκύτητας (τιμή 2,5). Η κατά φθίνουσα κατάταξη των γενοτύπων όπως προκύπτει τόσο από την οργανοληπτική δοκιμή και από τα πειραματικά μας δεδομένα συμπίπτει και είναι η ακόλουθη: Άσπρη 1 > Μαύρη 2 > Fengchisan.

Τέλος, στην περίπτωση της εκτίμησης του χρώματος (Λευκό:1, Λευκό-κίτρινο: 2, Κόκκινο: 3, Μαύρο-κυανώδες: 4, Μαύρο: 5) οι δοκιμαστές αξιολόγησαν ότι το χρώμα των Fengchisan και Μαύρη 2 ήταν σχεδόν μαύρο, ενώ της Άσπρη 1 ότι ήταν άσπρο-κίτρινο. Τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής δοκιμής χαρακτηριστικών παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

**Πίνακας 6: Πίνακας μέσων όρων αξιολόγησης των χαρακτηριστικών των γενοτύπων Fengchisan, Μαύρη 2 και Άσπρη 1 κατά την οργανοληπτική δοκιμή χαρακτηριστικών.**

	Γενότυποι		
	Fengchisan*	Μαύρη 2*	Άσπρη 1*
<b>Μέγεθος</b>	2,1 (Τ.Σ.: 0.20)	2,3 (Τ.Σ.: 0.15)	2,0 (Τ.Σ.: 0.19)
<b>Χρώμα</b>	4,4 (Τ.Σ.: 0.18)	4,6 (Τ.Σ.: 0.16)	1,7 (Τ.Σ.: 0.16)
<b>Συνεκτικότητα</b>	2,0 (Τ.Σ.: 0.24)	2,1 (Τ.Σ.: 0.10)	1,6 (Τ.Σ.: 0.18)
<b>Γλυκύτητα</b>	2,5 (Τ.Σ.: 0.18)	3,1 (Τ.Σ.: 0.18)	3,3 (Τ.Σ.: 0.37)
<b>Οξύτητα</b>	1,7(Τ.Σ.: 0.32)	1,5 (Τ.Σ.: 0.17)	1,0 (Τ.Σ.: 0)

\*Ο αριθμός των δοκιμαστών κατά την οργανοληπτική δοκιμή για κάθε γενότυπο ήταν Fengchisan: 9, Μαύρη 2: 10 και Άσπρη 1: 8

\*\*Οι αριθμοί είναι οι μέσοι όροι.

### **3.16.2. Οργανοληπτική δοκιμή αρεσκείας**

Ταυτόχρονα με την οργανοληπτική δοκιμή χαρακτηριστικών έλαβε χώρα και οργανοληπτική δοκιμή αρεσκείας, με τους ίδιους δοκιμαστές και καρπούς μούρων. Σκοπός της δοκιμής αυτής είναι η εκτίμηση της προτίμηση και/ ή της αποδοχή του προϊόντος.

Όπως φαίνεται και στα Σχήματα 34 - 37 κατά την αξιολόγηση του μεγέθους των μούρων ο γενότυπος Μαύρη 2 συγκέντρωσε την υψηλότερη βαθμολογία (4,1), ενώ η Fengchisan τη μικρότερη (3,6). Ίδια περίπου διαβάθμιση παρατηρήθηκε και για την συνεκτικότητα των καρπών. Επεξηγηματικά, κατά την εκτίμηση των δοκιμαστών το μέγεθος και η συνεκτικότητα των καρπών ήταν «καλό» στην περίπτωση της Μαύρη 2, ενώ ήταν «μέτριο προς καλό» για τις Άσπρη 1 και Fengchisan.

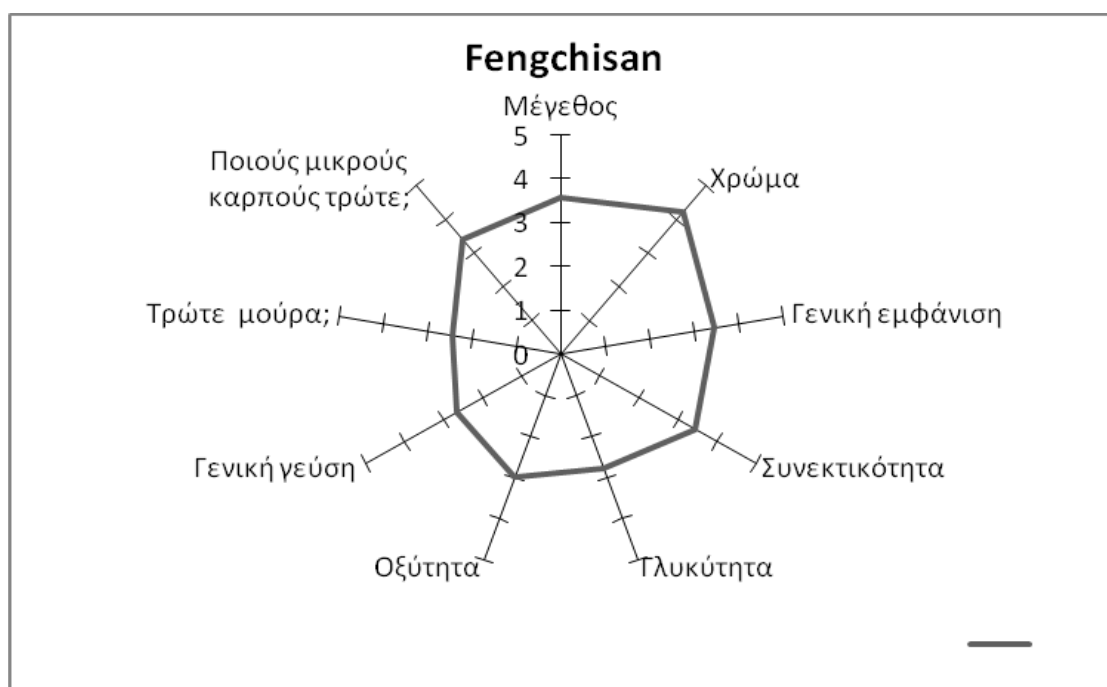
Σε ότι αφορά τη γλυκύτητα, την οξύτητα και τη γενική γεύση η κατά φθίνουσα κατάταξη των γενοτύπων ήταν η ακόλουθη: Άσπρη 1 > Μαύρη 2 > Fengchisan. Οι δοκιμαστές βαθμολόγησαν τα παραπάνω χαρακτηριστικά των Άσπρη 1 και Μαύρη 2, με τιμές κοντά στο 4 (καλό) και αντίστοιχα για τη Fengchisan με τιμές μικρότερες, αλλά κοντά στο 3 (μέτριο).

Κατά την εκτίμηση του χρώματος αν και φάνηκε να είναι αρεστό περισσότερο το χρώμα των μαύρων μούρων (Μαύρη 2, Fengchisan) συγκριτικά με των άσπρων (Άσπρη 1), ως προς τη γενική τους εμφάνιση τα τελευταία προτιμήθηκαν. Τόσο η Μαύρη 2, όσο και η Fengchisan αξιολογήθηκαν ως καλού χρώματος (τιμές 4-4,2), με τη Μαύρη 2 να υπερέχει, ενώ η Άσπρη 1 ως μετρίου (3,1). Σε ότι αφορά τη γενική εμφάνιση των καρπών όλοι οι γενότυποι χαρακτηρίστηκαν ως μέτριας προς καλής εμφάνισης, με την Άσπρη 1 να συλλέγει την καλύτερη βαθμολογία.

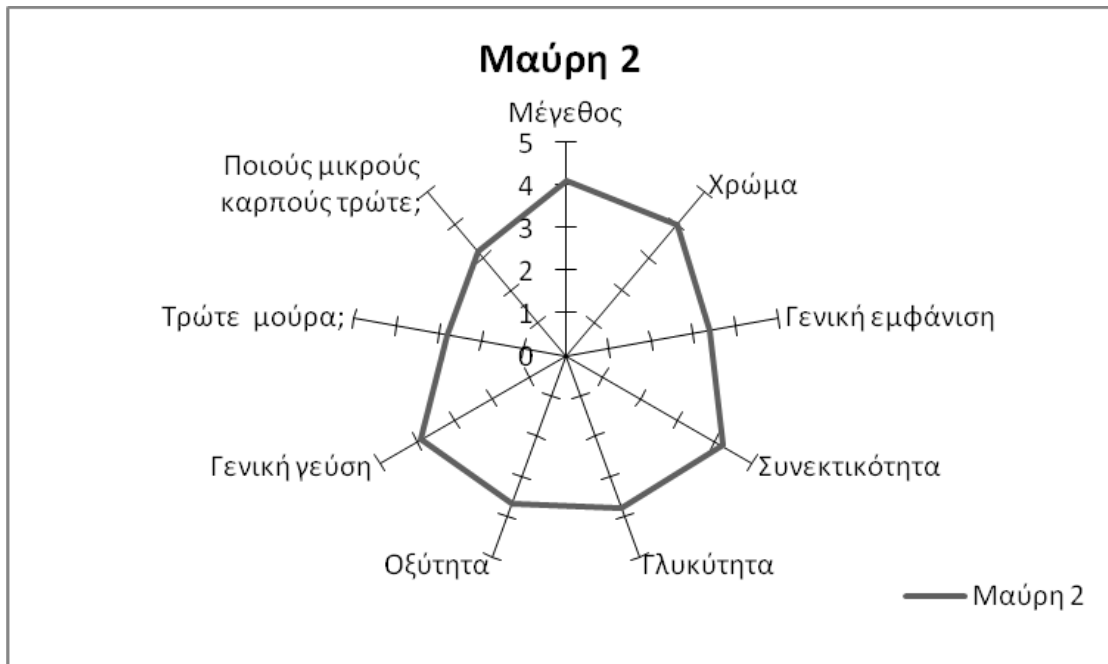


Σχετικά με την ερώτηση «Τρώτε μούρα;» οι δοκιμαστές στο σύνολο τους απάντησαν ότι τρώνε λίγο έως μέτρια τους καρπούς αυτούς. Ενώ στη ερώτηση «Ποιούς μικρούς καρπούς τρώτε (Σμέουρα ή Μύρτιλα ή Βατόμουρα ή Μούρα);» παρατηρήθηκε μια γενική προτίμηση στην κατανάλωση των βατόμουρων και μούρων, με μεγαλύτερη έμφαση στα βατόμουρα.

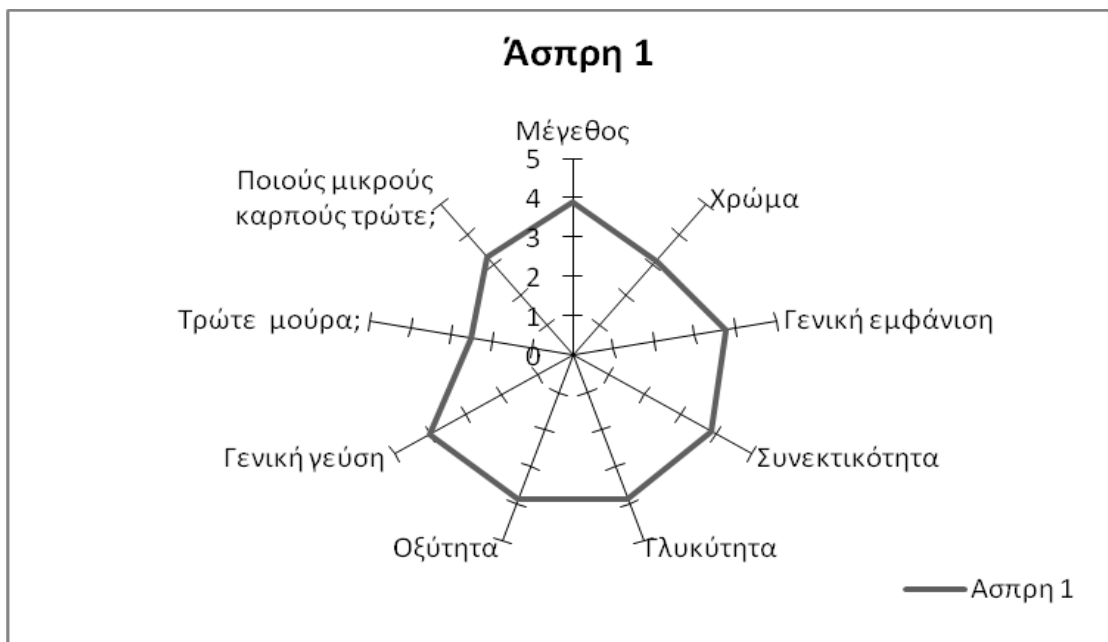
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής δοκιμής χαρακτηριστικών με αυτά της οργανοληπτικής δοκιμής αρεσκείας είναι φανερό ότι υπάρχει η τάση οι δοκιμαστές να προτιμούν μούρα μεγαλύτερου μεγέθους, υψηλότερης γλυκύτητας και χαμηλότερης οξύτητας. Αν και οι δοκιμαστές φάνηκαν να προτιμούν τους ανοιχτόχρωμους από τους σκουρόχρωμους καρπούς, όταν κλήθηκαν να αξιολογήσουν το χρώμα των μούρων έδωσαν υψηλότερη βαθμολογία στους καρπούς των μαύρων γενοτύπων. Επίσης, τη πρώτη θέση στις προτιμήσεις των δοκιμαστών κατέχουν οι μέτριας συνεκτικότητας καρποί της Μαύρη 2, τη δεύτερη οι μαλακοί καρποί της Άσπρης 1 και ακολουθούν οι καρποί της Fengchisan.



**Σχήμα 34: Ποσοτική Περιγραφική Ανάλυση (QDA) του γενότυπου Fengchisan (n=9, Τ.Σ.μέγεθος= 0,24, Τ.Σ.συνεκτικότητα = 0,38, Τ.Σ.γεύση = 0,29, Τ.Σ. χρώμα= 0,28, Τ.Σ. γλυκύτητα= 0,22, Τ.Σ.εμφάνιση = 0,29, Τ.Σ. οξύτητα= 0,29, Τ.Σ. τρώτε μούρα= 0,49, Τ.Σ. τρώτε μ.καρπούς= 0,18).**



**Σχήμα 35:** Ποσοτική Περιγραφική Ανάλυση (QDA) του γενότυπου Μαύρη 2 (n=10, Τ.Σ.μέγεθος= 0,23, Τ.Σ.συνεκτικότητα = 0,25, Τ.Σ. γεύση = 0,18, Τ.Σ. χρώμα= 0,30, Τ.Σ. γλυκύτητα= 0,13, Τ.Σ. εμφάνιση = 0,40, Τ.Σ. οξύτητα=0,21, Τ.Σ. τρώτε μούρα= 0,49, Τ.Σ. τρώτε μ.καρπούς= 0,13).



**Σχήμα 36:** Ποσοτική Περιγραφική Ανάλυση (QDA) του γενότυπου Άσπρη 1 (n=8, Τ.Σ.μέγεθος= 0,23, Τ.Σ.συνεκτικότητα = 0,23, Τ.Σ. γεύση = 0,27, Τ.Σ. χρώμα= 0,23, Τ.Σ. γλυκύτητα= 0,40, Τ.Σ. εμφάνιση = 0,25, Τ.Σ. οξύτητα= 0,40, Τ.Σ. τρώτε μούρα= 0,53, Τ.Σ. τρώτε μ.καρπούς= 0,16).



**Σχήμα 37:** Ποσοτική Περιγραφική Ανάλυση (QDA) όλων των εξεταζόμενων γενοτύπων.

#### 4. ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αρκετές έρευνες που αφορούν μικρούς καρπούς και μεταξύ αυτών και καρπούς μούρων, έχουν παρατηρηθεί διαφορές ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους και ειδικότερα ως προς τα ολικά φαινολικά, ολικά φλαβονοειδή, ολικές ανθοκυάνινες και την ολική αντιοξειδωτική τους ικανότητα. Οι διαφορές φαίνεται ότι εξαρτώνται κυρίως από τους διαφορετικούς γενότυπους ή ποικιλίες, το διαφορετικό στάδιο ωριμότητας των καρπών κατά τη συγκομιδή και τις διαφορετικές εδαφοκλιματικές και καλλιεργητικές συνθήκες. Ειδικά στην περίπτωση των φρέσκων μούρων, αν και έχουν μελετηθεί τα ποιοτικά χαρακτηριστικά κάποιων ποικιλιών και γενοτύπων δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα για μετασυσπληκτική συμπεριφορά τους. Με γνώμονα την ελάχιστη ερευνητική δραστηριότητα ως προς το προαναφερόμενο αντικείμενο, θεωρήθηκε σκόπιμη η μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών φρέσκων μούρων τεσσάρων γενοτύπων (Fengchisan, Μαύρη 2, Άσπρη 1, Άσπρη 2) *Morus alba L.*, καθώς των μεταβολών τους κατά συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C.

Κατά την ημέρα της συγκομιδής το βάρος ανά καρπό μούρου κυμάνθηκε από 3,07 γρ. έως 4,02 γρ., το  $L^*$  από 61,57-17,09, το  $h^\circ$  από 99,24° έως 74,83°, το  $C^*$  από 16,5 έως 0,87, η συνεκτικότητα από 1,12 N έως 1,29 N, τα Σ.Δ.Σ. 10,8 °Brix έως 14,5 °Brix, το pH του χυμού των καρπών 4,41 έως 6, και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα από 0,37 έως 0,82 γρ. κιτρικού οξέος/100 ml. Από την στατιστική επεξεργασία προέκυψε ότι ήταν σημαντική η επίδραση του παράγοντα γενότυπου στις τιμές των προαναφερόμενων παραμέτρων. Συγκεκριμένα, οι εξεταζόμενοι γενότυποι διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ως προς το βάρος των καρπών και τα Σ.Δ.Σ., με τη Μαύρη 2

να έχει μεγαλύτερους και πιο γλυκούς καρπούς. Ως προς το χρώμα, τη συνεκτικότητα, το pH και την οξύτητα οι γενότυποι μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες. Στην μία κατηγορία περιλαμβάνονται οι Fengchisan και Μαύρη 2, ενώ στην άλλη οι Άσπρη 1 και Άσπρη 2. Οι καρποί της πρώτης κατηγορίας παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερη οξύτητα και σημαντικά χαμηλότερες τιμές  $L^*$ ,  $h^o$ ,  $C^*$ , pH και συνεκτικότητας συγκριτικά με την άλλη κατηγορία.

Κατά τη μελέτη των υπόλοιπων ποιοτικών χαρακτηριστικών παρατηρήθηκε ότι κατά το στάδιο συγκομιδής, στους φρέσκους καρπούς τα ολικά φαινολικά κυμάνθηκαν από 0,56 έως 5,23 mg GAE/g v.β., τα ολικά φλαβονοειδή από 0,792 έως 1,81 mg ισοδύναμων κατεχίνης/g v.β. και η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα από 2,29 έως 72,16  $\mu\text{mol trolox/g v.β.}$  με τη μέθοδο FRAP και από 1,22 έως 30,90  $\mu\text{mol trolox/g v.β.}$  με τη μέθοδο DPPH. Όσον αφορά τις ολικές ανθοκυανίνες, κατά την ημέρα της συγκομιδής ήταν 3472,62  $\mu\text{g Cvd-3-glu/g v.β.}$  για τη Fengchisan και 3306,42  $\mu\text{g Cvd-3-glu/g v.β.}$  για την Μαύρη 2, ενώ δεν ήταν εφικτή η μέτρηση τους στην περίπτωση των Άσπρη 1 και Άσπρη 2. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων υπέδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενοτύπων, από τους οποίους προέκυψαν ευδιάκριτα δύο ομάδες. Στην πρώτη ομάδα, με υψηλές τιμές των προαναφερόμενων παραμέτρων, ανήκουν οι γενότυποι με σκουρόχρωμους καρπούς (Fengchisan και Μαύρη 2), ενώ στη δεύτερη ομάδα, με σημαντικά χαμηλότερες τιμές αυτών, ανήκουν οι γενότυποι με ανοιχτόχρωμους καρπούς (Άσπρη 1 και Άσπρη 2).

Κατά τη συντήρηση έως τις 10 ημέρες παρατηρήθηκε πτώση των τιμών συνεκτικότητας και οξύτητας στους καρπούς όλων των γενοτύπων και αύξηση των τιμών Σ.Δ.Σ., pH και απώλειας βάρους αντίστοιχα. Η φωτεινότητα μειώθηκε κατά τη συντήρηση των καρπών των Άσπρη 1 και Άσπρη 2, ενώ παρέμεινε σχεδόν σταθερή στην περίπτωση των καρπών των Fengchisan και Μαύρη 2. Ως προς τις υπόλοιπες παραμέτρους, κατά τη συντήρηση των καρπών όλων των γενοτύπων το  $h^o$ ,  $C^*$ , τα ολικά φαινολικά, τα ολικά φλαβονοειδή, οι ολικές ανθοκυανίνες και η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα παρουσίασαν μικρές αυξομειώσεις.

Κατά τη συντήρηση η παρατηρούμενη απώλεια βάρους, η συνεκτικότητα, τα Σ.Δ.Σ., το pH και η οξύτητα διέφεραν σημαντικά τόσο μεταξύ διαφορετικών γενοτύπων, όσο και μεταξύ των διαφορετικών ημερών συντήρησης. Παρόμοιες μεταβολές αναφέρουν και άλλοι ερευνητές κατά τη συντήρηση σμέουρων (Haffner et al., 2002) και άλλων μικρών καρπών. Όσον αφορά τις υπόλοιπες παραμέτρους, οι γενότυποι με σκουρόχρωμους καρπούς (Fengchisan και Μαύρη 2) παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερες τιμές ολικών φαινολικών, ολικών φλαβονοειδών, ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας και ολικών ανθοκυανίνων, όπως ήταν αναμενόμενο λόγω των υψηλότερων αρχικών τιμών τους, τις οποίες διατήρησαν μέχρι το τέλος της συντήρησης και σημαντικά χαμηλότερες τιμές  $L^*$ ,  $h^o$  και  $C^*$  σε σχέση με τους γενοτύπους με ανοιχτόχρωμους καρπούς (Άσπρη 1 και Άσπρη 2).

Είναι φανερό από τα παραπάνω ότι οι σκουρόχρωμοι καρποί είναι και υψηλής αντιοξειδωτικής ικανότητας. Η αντιοξειδωτική ικανότητα των μούρων οφείλεται στις φαινολικές ενώσεις και ειδικότερα τα φλαβονοειδή, από τα οποία οι ανθοκυανίνες παίζουν ιδιαίτερο ρόλο. Η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα που μετρήθηκε με τη μέθοδο DPPH, αν και παρουσίασε τις ίδιες μεταβολές με την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα που μετρήθηκε με τη μέθοδο FRAP, υπολειπόταν σε σχέση με την τελευταία. Παρόμοιες μεταβολές με αυτές των γενοτύπων με σκουρόχρωμους καρπούς διαπίστωσαν και οι Piljac-Zegarac and Samec (2010) κατά τη μελέτη της μετασυλλεκτικής συμπεριφορά σμέουρων *Rubus idaeus*.

Συνοψίζοντας στην παρούσα εργασία, μελετήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά φρέσκων μούρων και η μεταβολές αυτών κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 1°C. Από τα αποτελέσματα επιβεβαιώθηκε η άποψη ανάλογων ερευνών σε μικρούς καρπούς, ότι τα μούρα έχουν μεγάλη διατηρητική αξία, η οποία όχι απλά διατηρείται, αλλά μπορεί να αυξηθεί κατά τη συντήρηση, αλλά και ότι οι εκτιμήσεις αυτές εξαρτώνται άμεσα από το γενότυπο. Από τους τέσσερις γενοτύπους που εξετάστηκαν, οι καρποί των Άσπρη 1 και Άσπρη 2 ήταν πιο ευαίσθητοι στη συντήρηση συγκριτικά με τις Fengchisan και Μαύρη 2. Επιπλέον, οι γενοτύποι με σκουρόχρωμους καρπούς παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερες τιμές ολικών φαινολικών, ολικών φλαβονοειδών, ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας και ολικών ανθοκυανινών συγκριτικά με τους γενοτύπους με ανοιχτόχρωμους καρπούς τόσο κατά τη συγκομιδή και όσο κατά τη συντήρηση.

Οι διαφορές μεταξύ των γενοτύπων που παρατηρήθηκαν στη παρούσα εργασία μπορούν να συντελέσουν στην προώθηση συγκεκριμένων γενοτύπων στη συστηματική καλλιέργεια και για συγκεκριμένη χρήση, εφόσον βέβαια αυτές πληρούν και άλλες κατάλληλες και επιθυμητές προδιαγραφές. Από τους τέσσερις γενοτύπους που μελετήθηκαν οι καρποί των Fengchisan και Μαύρη 2 παρέμειναν εμπορεύσιμοι κατά τη συντήρηση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα συγκριτικά με τους καρπούς των Άσπρη 1 και Άσπρη 2. Συγκεκριμένα, ο μέγιστος χρόνος αποθήκευσης κατά τον οποίο οι καρποί των Άσπρη 1 και Άσπρη 2 παραμένουν ελκυστικοί για τον καταναλωτή είναι 2 ημέρες από την συγκομιδή τους, ενώ στην περίπτωση των Fengchisan και Μαύρη 2 είναι διπλάσιος έως τριπλάσιος.

Όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που γίνονται αντιληπτά από τον καταναλωτή, αν και οι καρποί όλων των γενοτύπων ήταν χαμηλής συνεκτικότητας και οξύτητας, εντούτοις τα μούρα των Άσπρη 1 και Άσπρη 2 ήταν υψηλότερης περιεκτικότητας σε Σ.Δ.Σ. και χαμηλότερης οξύτητας, ενώ ακολουθούσαν τα μούρα της Μαύρη 2 και της Fengchisan. Φαίνεται ότι οι καρποί της Fengchisan, θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν καλύτερα για την παρασκευή χυμών σε συνδυασμό με άλλους καρπούς, ενώ τα μούρα των υπόλοιπων γενοτύπων τόσο για την προαναφερούμενη χρήση, όσο και για επιτραπέζια κατανάλωση.

Συμπερασματικά, η υψηλή διαιτική αξία των μούρων, σε συνδιασμό με την μεγάλη προσαρμοστικότητα του δέντρου στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας μας, υποδεικνύουν ότι προκειται μια καλλιέργεια με προοπτικές, της οποίας οι καρποί θα μπορούσαν επάξια να αντικαταστήσουν άλλους μικρούς καρπούς στη καθημερινή διατροφή του ανθρώπου. Παρόλ' αυτά οι παρατηρούμενες διαφορές μεταξύ των γενοτύπων ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους και οι μεταβολές αυτών κατά τη μετέπειτα συντήρηση των καρπών, δίνουν το κίνητρο για λεπτομερέστερη προσέγγιση και ανάλυση τους με στόχο την αναζήτηση των αιτιών που προκάλεσαν αυτές τις μεταβολές.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Akbulut, M. and Musazcan, M., 2009. Comparison of mineral contents of mulberry (*Morus* spp.) fruits and their pekmez (boiled mulberry juice) samples. *Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60, 231-239.

Apak, R., Guclu, K., Demirata, B., Özyurek, M., Çelik, S.E., Bektasoglu, B., Berker, K.I., Özyurt, D., 2007. Review: Comparative Evaluation of Various Total Antioxidant Capacity Assays Applied to Phenolic Compounds with the CUPRAC Assay. *Molecules*, 12, 1496-1547

Arabshahi-Delouee, S. and Urooj, A., 2007. Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L.) leaves. *Food Chemistry*, 102, 1233-1240.

Aramwit, P., Bang, N., Srichana, T., 2010. The properties and stability of anthocyanins in mulberry fruits. *Food Research International*, 43, 1093-1097.

Ayala-Zavala, J. F., Wang, S.Y., Wang, C.Y., González-Aguilar, G. A., 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 37, 7, 687-695.

Ayaz, F. A., Hayirlioglu-Ayaz, S., Gruz, J., Novak, O., Strnad, M., 2005. Separation, characterization, and quantitation of phenolic acids in a little-known blueberry (*Vaccinium arctostaphylos* L.) fruit by HPLC-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 8116–8122.

Bae, S.H., Suh, H.J., 2007. Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. *LWT - Food Science and Technology*, 40, 6, 955-962.

Barbour, J. R., Read, R. A., Barnes, R. L., 2008. *Moraceae—Mulberry family Morus* L. Mulberry. *USDA Woody Plant Seed Manual*, 732.

Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M., Bertelli, D., 2004. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of *Rubus*, *Ribes*, and *Aronia*. *Journal of Food Science*, 69, 164–169.

Benzie, I.F.F., 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.

Boudet, A.M., 2007. Evolution and current status of research in phenolics compounds. *Phytochemistry*, 68, 2722-2735.

Brand-Williams, W., Culevier, M.E., Berset, C., 1995. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie*, 28, 25-30.

Bravo, L., 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56, 317-333.

Butt, M.S., Nazirb, A., Sultana, M.T., Schroenb, K., 2008. *Morus alba* L. nature's functional tonic. *Trends in Food Science and Technology*, 19, 505-512.

Cao, G., Russel, R.M., Lischiner, N., Prior, R. L., 1998. Serum antioxidant capacity is increased by consumption of strawberries, spinach, red wine or vitamin C in elderly women. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 128, 1787-1796.

Chen, J.H., Ho, C.T., 1997. Antioxidant activity of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 2374-2378.

Connor, A. M., Luby, J. J., Hancock, J. F., Berkheimer, S., Hanson, E. J., 2002. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 893–898.

Cordenunsi, B. R., Genovese, M. I., Nascimento, J.R.O, Hassimotto, N.M.A, Santos, R.J., Lajolo, F.R., 2005. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry*, 91, 1, 113-121.

Crozier, A., Jaganath, I.B., Clifford, M.N., 2009. Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. *Natural Product Reports*, 26, 1001-1043.

Cuvelier, M.E., Richard, H., Berset, C., 1992. Comparison of the antioxidative activity of some acid phenols: structure- activity relationship. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 56, 324-325.

Deighton, N., Brennan, R., Finn, C., Davies, H. V., 2000. Antioxidant properties of domesticated and wild *Rubus* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1307–1313.

Deng, Y., Wu, Y., Li, Y., 2005. Changes in firmness, cell wall composition and cell wall hydrolases of grapes stored in high oxygen atmospheres. *Food Research International*, 38, 769–776.

Desikan, R., Hancock, J., Neill, S., 2005. Reactive oxygen species as signaling molecules. In: *Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants*. Ed. Smirnov, N., Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, p.169-196.



Dragović-Uzelac, V., Levaj, B., Bursać, D., Pedisić, S., Radojčić, I., Bisko, A., 2007. Total phenolics and antioxidant capacity assays of selected fruits. *ACS-Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72, 4, 279–284.

Du, Q., Zheng J., Xu, Y., 2008. Composition of anthocyanins in mulberry and their antioxidant activity *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 390– 395.

Ercisli, S., 2004. A short review of the fruit germplasm resources of Turkey. *Genetic Resources and Crop Evaluation*, 51, 419-435.

Ercisli, S., 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., Orhan, E., 2008. Some physico-chemical characteristics of black mulberry (*Morus nigra* L.) genotypes from Northeast Anatolia region of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 116, 41–46.

Ercisli, S., Tosun, M., Duralija, B., Sandra, V. Memnune, S., Metin, T., 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., Turan, M., Tosun, M., Sengul, M., Duralija, B., Voca, S., 2010. Phytochemical Content of Some Black (*Morus nigra* L.) and Purple (*Morus rubra* L.) Mulberry. *Food Technology & Biotechnology*, 48, 1, 102-106.

Fernandez-Panchon, M. S., Villano, D., Troncoso, A. M., 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

Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L. G., Scheffer, J.J.C., 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 23, 4, 213–226.

Flora Of Usa And Canada, 2010. <http://irapl.altervista.org/schedenam/fnam2.php?taxon=Morus+alba+L.+var.+multicaulis+%28Perr.%29+Loudon>

Foyer, C.H., Noctor, G., 2005. Redox Homeostasis and Antioxidant Signaling: A Metabolic Interface between Stress Perception and Physiological Responses. *The Plant Cell*, 17, 1866-1875.

Francisco, M.L.D.L., Resurrecion, A.V.A., 2008. Functional Components in Peanuts. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 715-746.

Frankel, E.N., 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., Fang J., Zheng, D., Lu, X., Rao, R., Hodgkin, T., Zhang, Z., 1999. The utilization of germplasm conserved in Chinese national genebanks. *Plant Genetic Resources Conservation and Use in China, Proceedings of national workshop on conservations and utilization of plant genetic resources Beijing, China*, 40-52 pp.

Gerasopoulos, D., 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, 2, 261-264.

Gershenzon, J. 1984. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and

nutrient stress. In B.N. Timmermann, C. Steelink, and F.A. Loewus (Eds.), *Phytochemical adaptatons to stress*, Plenum, New York, 273-320 pp.

Gil, M.I., Holcroft, D.M., Kader, A.A., 1997. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. . *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 1662–1667.

Giusti, M.M., Wrolstad, R. E., 2001.Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, UNIT F1.2, F1.2.1-F1.2.13

Gol, N. B., Ramana Rao, T. V., Patel, P. R., 2009. Certain biochemical changes associated with the growth and ripening of mulberry (*Morus alba* l.) fruit. *PRAJÑA -Journal of Pure and Applied Sciences*, 17, 058-064.

Goncalves, B., Landbo, A. K., Knudsen, D., Silva, A. P., 2004. Effect of ripeness and postharvest storage on the phenolic profiles of cherries (*Prunus avium* L.), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 523–530.

Goodwin, T.W., Mercer, E.I., 1983. *Plant Biochemistry*. Second Edition. Pergamon Press, pp. 677.

Grace, S.C., 2005. Phenolics as antioxidants. In: *Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants*. Ed. Smirnoff, N., Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, 141-168.

Gunes, G., Liu, R.H., 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.

Haffner, K., Rosenfeld, H. J., Skrede, G., Wang, L., 2002. Quality of red raspberry *Rubus idaeus* L. cultivars after storage in controlled and normal atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 24, 279–289.

Häkkinen, S. H., Törrönen, A. R., 2000. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: Influence of cultivar, cultivation site and technique. *Food Research International*, 33, 517–52

Halvorsen, B.L., Holte, K., Myhrstad, M.C.W, Barikmo, I., Hvattum, E., Remberg, S.F., Wold, A.B., Haffner K., Baugerod H., Andersen L.F., Jacobs D.R., Blomhoff R., 2002. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *Journal of Nutrition*, 132, 461–471.

Han, X., Shen, T., Lou, H. (2007). Dietary Polyphenols and Their Biological Significance. *International Journal of Molecular Sciences*, 8, 950-988.

Harborne, J.B., 1998. *Phytochemical Methods. A guide to modern techniques of plant analysis*. Third edition, Chapman and Hall, London, UK, p.302.

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, p. 53-76.

Huang, D., Ou, B., 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.

Jackson, E.D., Sanford, K.A., Lawrence, R.A., McRae, K.B., Stark, R., 1999. Lowbush blueberry quality changes in response to prepacking delays and holding temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 117–126.

Jiao, H., Wang, S.Y., 2000. Correlation of antioxidant capacities to oxygen radical scavenging enzyme activities in blackberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5672–5676.

Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Heinonen, M., 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 8, 4076–4082.

Kalt, W., Forney, C.F., Martin, A., Prior, R.L., 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 4638–4644.

Kalt, W., Prage, R. K., Lidster, P. D., 1993. Postharvest color development of strawberries: Influence of maturity, temperature and light. *Canadian Journal of Plant Science*, 73, 541–548.

Kanner, J., Frankel, E., Granit, R., German, B., Kinsella J.E., 1994. Natural antioxidants in grapes and wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 64–69.

Katsumata, 1972. Mulberry species in West Java and their peculiarities. *Journal of Sericulture Science*, 42, 213-223.

Kevers, C., Falkowski, M., Tabart, J., Defraigne, J. O., Dommès, J., Pincemail, J., 2007. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55, 8596–8603.

Kim, J-D, Liu, L., Guo, W., 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.

Konczak-Islam, I., Okunu, S., Yoshimoto, M., Yamakawa, O., 2003. Composition of phenolics and anthocyanins in a sweet potato cell suspension culture. *Biochemical Engineering Journal*, 14, 55 – 161.

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, 284-291.

Lin, J.Y., Tang, C.Y., 2007. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chemistry*, 101, 140–147.

Liu, X., Xiao, G., Chen, W., Xu, Y., Wu, J., 2004. Quantification and purification of mulberry anthocyanins with macroporous resins. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* 5, 326–331.

Lule, S. U., Xia, W., 2005. Food Phenolics, Pros and Cons: A Review. *Food Reviews International*, 21, 4, 367-388.

Machii, H., Koyama, A., Yamanouchi, H., 2000. FAO Electronic Conference: Mulberry for animal production. Available from <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/mulberry>.

Mazza, G., Miniati, E., 1993. Anthocyanins in Fruits Vegetables and Grains. Boca Raton, Fl: CRC Press, pp. 105.

McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27, 1254-1255.

Mori, K., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., Hashizume, K., 2007. Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature. *Journal of Experimental Botany*, 58, 8, 1935–1945.

Mourtzinou, I., Makris, D. P., Yannakopoulou, K., Kalogeropoulos, N., Michali, I., Karathanos, V. T., 2008. Thermal stability of anthocyanin extract of *Hibiscus sabdariffa* L. in the presence of beta-cyclodextrin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 21, 10303–10310.

Moyer, R.A., Hummer, K.E., Finn, C.E., Frei, B., 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., Stewart, A. J., Lean, M. E. J., Gardner, P., 2002. Effect of freezing and storage on the phenolics, ellagitannins, flavonoids, and antioxidant capacity of red raspberries, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5197–5201.

Noctor, G., Foyer, G.H., 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49, 249-279

Nunes, M. C. N., Brecht, J. K., Morais, A. M. M. B., Sargent, S. A., 2006. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared to those that occur in harvested fruit during storage, *Journal of the Science and Food Agriculture*, 86, 180 –190.

Ottman, Y., 1987. Rediscovering the realm of fruiting mulberry varieties. *Fruit Varieties Journal*, 41, 1, 4–7.

Ozgen, M., Serc, S., Kaya, C., 2009. Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich *Morus nigra* and *Morus rubra* fruits. *Scientia Horticulturae*, 119, 275–279.

Pantelidis, G. E., Vasilakakis, M., Manganaris, G. A., Diamantidis, G., 2007. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry*, 102, 777–783.

Piljac-Zegarac, J., Samec, D., 2010. Antioxidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperatures. *Food Research International* (article in press)

Pokorny, J., Schmidt, S., 2001. Natural antioxidant functionality during food processing. *Antioxidants in food. Practical applications*, Eds. Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M. Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington, Cambridge, England, 331-354.

Prior, R.L., Cao, G., 1999. In vivo total antioxidant capacity: Comparison of different analytical methods. *Free Radical Biology and Medicine*, 27, 11-12, 1173-1181.

Prior, R.L., Cao, G., Martin, A., Sofic, E., McEwan, J., O'Brien, C., 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 2686–2693.

Proteggente, A.R., Pannala, A.S., Paganga, G., Van Buren, L., Wagner, E., Wiseman, S., Van De Put, F., Dacombe, C., 2002. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radic Res* 36:217–233.

Read, R.A., Barnes, R.L., 1974. *Morus L., mulberry*. Schopmeyer CS, tech. coord. *Seeds of woody plants in the United States. Agriculture. Handbook 450*. Washington, DC: USDA Forest Service, 544–547.

Reddy, A. R., Chaitanya, K.V., Jutur, P.P., Sumithra, K., 2004. Differential antioxidative responses to water stress among five mulberry (*Morus alba* L.) cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 52, 33–42.

Reich, L., 1992. Native American fruits. *Organic gardening* 39, 2, 52, 54–57.

Rice-Evans, C. A., 2001. Flavonoid antioxidants. *Current Medical Chemistry*, 8, 797-807.

Rivero, R. M., Ruiz, J. M., Garcia, P. Lefebre, L. R., Sanchez, E., Romero, L., 2001. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Science*, 160, 315–321.

Robards, K., Prenzler, P.D., Tucker, G., Swatsitang, P., Glover, W., 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*, 66, 401-436.

Ryan, D., Robards, K., Lavee, S., 1999. Changes in phenolic content of olive during maturation. *International Journal of Food Science & Technology*, 34, 3, 265–274.

Sadilova, E., Carle, R., Stintzing, F. C., 2007. Thermal degradation of anthocyanins and its impact on color and in vitro antioxidant capacity. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51, 12, 1461–1471.

Salah, N., Mille, N. J., Paganga, G., Tijburg, L., Bolwell, G. P., 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.

Sanchez, M.D., 2002. World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. FAO Animal production and health paper. FAO corporate document repository, Rome, Italy, 345.

Shin, Y., Liu, R.H., Nock, J.F., Holliday, D., 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.

Shin, Y., Ryu, J.A., Liu, R.H., Nock, J.F., Watkins, C.B., 2008. Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 49, 201–209.

Singhal, B.K., Khan, M.A., Dhar, A., Bindroo, B.B. 2009. New vistas for industrial exploitation of mulberry fruits in horticulture industry. *International Conference on Horticulture (ICH-2009)*, Bangalore, India, 249.

Singhal, B.K., Khan, M.A., Dhar, A., Baqua, F.M., Bindroo, B.B., 2010. Approaches to industrial exploitation of mulberry (mulberry sp.) fruits. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 18, 1, 83-99

Solangaarachchi, S. M., Gould, S. K., 2001. Anthocyanin pigmentation in the adventitious roots of *Metrosideros excelsa* (Myrtaceae). *New Zealand Journal of Botany*, 39, 61-166.

Solecka, D., 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., Nagy, G., 2007. Antioxidant measurements. *Physiological Measurement*, 28, R41-R55.

Soobrattee, M.A., Neergheen, V.S., Luximon- Ramma, A., Aruoma, O.I., Bahorum, T., 2005. Phenolics s potential antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. *Mutation Research*, 579, 200-213.

Srivastava, S., Kapoor, R., Thathola, A., Srivastava, R. P., 2003. Mulberry (*Morus alba*) leaves as human food: a new dimension of sericulture. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 54, 411 - 416.

Stapanian, M.A., 1982. A model for fruiting display: seed dispersal by birds for mulberry trees. *Ecology*, 63, 5, 1432–1443.

Strack, D., 1997. Phenolic metabolism. P. M. Dey, & J. B. Harborne (Eds.), *Plant biochemistry*. London, U.K: Academic Press.

Suhl, H. J., Noh, D. O., Kang, C. S., Kim, J. M., Lee, S. W., 2003. Thermal kinetics of color degradation of mulberry fruit extract. *Food/Nahrung*, 47, 2 , 132–135.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Byrne, D.H., 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 669-675.

Tsantili, E., Shin, Y., Nock, J. F., Watkins, C. B., 2010. Antioxidant concentrations during chilling injury development in peaches. *Postharvest Biology and Technology*, 57, 2010, 27–34

Tsuda, T., Horio, F., Aoki, K., 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.

Tsuda, T., Horio, F., Kitoh, J., Osawa, T., 1999. Protective effects of dietary cyaniding 3-O-b-D-glucoside on liver ischemia-reperfusion injury in rats. *Archieves of Biochemistry and Biophysics*, 368, 361–366.

Van Acker, S. A. B. E., Van den Berg, D. J., Tromp, M. N. J. L., Griffioen, D. H., Van Bennekom, W. P., Van der Vijgh, W. J. F., Bas, A., 1996. Structural aspects of antioxidant activity of flavonoids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20, 331–342.

Vermerris, W., Nicholson, R., 2008. *Phenolic compound biochemistry*. Springer Science and Bussiness USA

Ververidis, F., Trantas, E., Douglas, C., Vollmer, G., Kretschmar, G., Panopoulos, N., 2007. *Biotechnology of flavonoids and other phenylpropanoid-*



derived natural products. Part 1: Chemical diversity, impacts on plant biology and human health. *Biotechnology Journal*, 2, 1214-1234.

Vita, J.A., 2005. Polyphenols and cardiovascular disease: effects on endothelial and platelet function. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81, 292S-297S.

Wang, C.Y., 2003. Maintaining postharvest quality of raspberries with natural volatile compounds. *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 869–875.

Wang, H., Cao, G., Prior, R. L., 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 304–309.

Wang, H., Cao, G., Prior, R.L., 1996. Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 701–705.

Wang, S.Y., Stretch, A.W., 2001. Antioxidant capacity in cranberry is influenced by cultivar and storage temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 969–974.

Wills, R.B.H., Lim, J.S.K., Greenfield, H., 1987. Composition of Australian foods. 40. Temperate fruits. *Food Technology in Australia*, 39, 520-521, 530.

Wink, M., 2003. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, 64, 3-19.

World Agroforestry Centre, 2010.  
[http://www.worldagroforestry.org/treedb2/AFTPDFS/Morus\\_alba.pdf](http://www.worldagroforestry.org/treedb2/AFTPDFS/Morus_alba.pdf)

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, 22-70.

Yongkang, H. 2000. Mulberry cultivation and utilization in China. *Electronic conference on mulberry for Animal Production (Morus 1-L)*, Rome, Italy, 11-43.

Zadernowski, R., Naczek, M., Nesterowicz, J., 2005. Phenolic acid profiles in some small berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2118–2124.

Zheng, W, Wang, S.Y., 2003. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries and lingonberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 502–509.

Zheng, Y., Wang, C. Y., Wang, S. Y., Zheing, W., 2003. Effect of high-oxygen atmospheres on blueberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity. . *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 7162–7169.

Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W., 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects in superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64, 555–559.

Βασιλακάκης, Μ.Δ., 2006. Μετασυλλεκτική φυσιολογία- Μεταχείριση οπωροκηπευτικών και Τεχνολογία. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, Ελλάς. Ε.Ε., 586 pp.

Διαμαντίδης, Γ.Χ., 2007. Εισαγωγή στη Βιοχημεία. University Studio Press, Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών, Τρίτη Έκδοση, Θεσσαλονίκη, 416 pp.

Δούλιας Κ., 1995. Σηροτροφία Εκτροφή Μεταξοσκωλήκων Καλλιέργεια Μουριάς, Εκδόσεις: Γαρταγανης Διονυσιος, 140-166 pp.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

### Ερωτηματολόγιο για την οργανοληπτική δοκιμή χαρακτηριστικών

Όνομα:

Ημερομηνία:

Επώνυμο:

Ηλικία:

Μέγεθος	
Μικρό	<input type="checkbox"/>
Μέτριο	<input type="checkbox"/>
Μεγάλο	<input type="checkbox"/>

Χρώμα εξωτερικό	
Λευκό	<input type="checkbox"/>
Λευκό-κίτρινο	<input type="checkbox"/>
Κόκκινο	<input type="checkbox"/>
Μαύρο-κυανωδες	<input type="checkbox"/>
Μαύρο	<input type="checkbox"/>

Συνεκτικότητα	
Μαλακά	<input type="checkbox"/>
Μέτρια	<input type="checkbox"/>
Σκληρά	<input type="checkbox"/>

Γλυκύτητα	
Καθόλου	<input type="checkbox"/>
Μικρή	<input type="checkbox"/>
Μεσαία	<input type="checkbox"/>
Μεγάλη	<input type="checkbox"/>
Πολύ μεγάλη	<input type="checkbox"/>

Οξύτητα	
Μικρή	<input type="checkbox"/>
Μεσαία	<input type="checkbox"/>
Μεγάλη	<input type="checkbox"/>

## Ερωτηματολόγιο για την οργανοληπτική δοκιμή αρεσκειάς

Όνομα:

Ημερομηνία:

Επώνυμο:

Ηλικία:

Μέγεθος		Χρώμα		Γενική εμφάνιση	
Απαράδεκτο	<input type="checkbox"/>	Απαράδεκτο	<input type="checkbox"/>	Απαράδεκτο	<input type="checkbox"/>
Σχεδόν κακό	<input type="checkbox"/>	Σχεδόν κακό	<input type="checkbox"/>	Σχεδόν κακό	<input type="checkbox"/>
Μέτριο	<input type="checkbox"/>	Μέτριο	<input type="checkbox"/>	Μέτριο	<input type="checkbox"/>
Καλό	<input type="checkbox"/>	Καλό	<input type="checkbox"/>	Καλό	<input type="checkbox"/>
Πολύ καλό	<input type="checkbox"/>	Πολύ καλό	<input type="checkbox"/>	Πολύ καλό	<input type="checkbox"/>

Συνεκτικότητα		Γλυκύτητα		Οξύτητα	
Απαράδεκτο	<input type="checkbox"/>	Απαράδεκτο	<input type="checkbox"/>	Απαράδεκτο	<input type="checkbox"/>
Σχεδόν κακό	<input type="checkbox"/>	Σχεδόν κακό	<input type="checkbox"/>	Σχεδόν κακό	<input type="checkbox"/>
Μέτριο	<input type="checkbox"/>	Μέτριο	<input type="checkbox"/>	Μέτριο	<input type="checkbox"/>
Καλό	<input type="checkbox"/>	Καλό	<input type="checkbox"/>	Καλό	<input type="checkbox"/>
Πολύ καλό	<input type="checkbox"/>	Πολύ καλό	<input type="checkbox"/>	Πολύ καλό	<input type="checkbox"/>

Γενική γεύση		Τρώτε μούρα;		Ποιούς μικρούς καρπούς τρώτε:	
Απαράδεκτο	<input type="checkbox"/>	Καθόλου	<input type="checkbox"/>	Σμέουρα	<input type="checkbox"/>
Σχεδόν κακό	<input type="checkbox"/>	Λίγο	<input type="checkbox"/>	Μύρτιλα	<input type="checkbox"/>
Μέτριο	<input type="checkbox"/>	Μέτρια	<input type="checkbox"/>	Βατόμουρα	<input type="checkbox"/>
Καλό	<input type="checkbox"/>	Πολύ	<input type="checkbox"/>	Μούρα	<input type="checkbox"/>
Πολύ καλό	<input type="checkbox"/>	Πάρα πολύ	<input type="checkbox"/>		