

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ

ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Εργαστήριο Δενδροκομίας

**Εφαρμογή αμπισιλικού οξέος και ζημιά από χαμηλές
θερμοκρασίες (chilling injury) στον καρπό
εσπεριδοειδών**



Άγγελος Ι. Δελτσίδης

Βόλος 2008

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Αριθμ. Πρωτοκ. 969
Ημερομηνία 1-7-09



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 7450/1
Ημερ. Εισ.: 21-08-2009
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ
2008
ΔΕΛ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ

ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Εργαστήριο Δενδροκομίας

Πτυχιακή εργασία

Άγγελος Ι. Δελτσίδης, ΑΕΜ 912

**Εφαρμογή αμπισσικού οξέος και ζημιά από χαμηλές
θερμοκρασίες (chilling injury) στον καρπό εσπεριδοειδών**

Επιβλέπων καθηγητής: Γεώργιος Δ. Νάνος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Μέλη τριμελούς επιτροπής : Πέτρος Χ. Λόλας, Καθηγητής

Αβραάμ Ι. Χα, Αναπληρωτής Καθηγητής

Στην οικογένειά μου

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο Δενδροκομίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με επιβλέποντα τον καθηγητή Γεώργιο Δ. Νάνο. Για τη διεκπεραίωσή της, εκτός από την προσωπική προσπάθεια, αποφασιστική και ουσιαστική ήταν και η συμβολή αρκετών ανθρώπων τους οποίους και θα ήθελα να ευχαριστήσω ξεχωριστά.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου εργασίας Γεώργιο Δ. Νάνο, ο οποίος μου προσέφερε την ευκαιρία να εργαστώ στο εργαστήριό του καθώς και τα απαραίτητα μέσα για να φέρω σε πέρας την εργασία μου. Σημαντική υπήρξε η καθοδήγησή του και η συμβολή του στη συγκρότηση της ερευνητικής μου προσπάθειας. Επιπρόσθετα, αισθάνομαι την ανάγκη να τον ευχαριστήσω για την ευκαιρία που μου έδωσε να συμμετάσχω στο πρόγραμμα ανταλλαγής φοιτητών International Curriculum on Postharvest Technology of Horticultural Crops (ICPT), μεταξύ της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού, είχα τη δυνατότητα να εργαστώ στο εργαστήριο Μετασυλλεκτικής του Πανεπιστημίου της Φλόριντα των ΗΠΑ, όπου και εκπόνησα μέρος του πειραματικού αυτής της εργασίας. Επιπλέον, οφείλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον καθηγητή Jeffrey K. Brecht, ο οποίος ήταν ο επιβλέπων του πειραματικού μέρους που πραγματοποίησα στις ΗΠΑ. Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές Πέτρο Λόλα και Αβραάμ Χα, για τη συμβολή τους στην περάτωση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Ξεχωριστά θα ήθελα να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτορα Ελένη Πλιακώνη για την πολύ σημαντική βοήθεια που μου προσέφερε καθώς και για την επιστημονική και ηθική συμπαράστασή της. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Dr Παύλο Τσουβαλτζή, για τις πολύτιμες επιστημονικές του συμβουλές και για κάθε βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της γνωριμίας μας.

Τέλος, θέλω να εκφράσω τη βαθιά ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια, τους φίλους μου καθώς και τους κοντινούς μου ανθρώπους, για την κατανόηση, την υπομονή και τη στήριξη που μου έδωσαν σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειας αυτής.

Άγγελος Ι. Δελτσίδης
Ιούλιος 2008

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη της συντηρησιμότητας και ευαισθησίας στις χαμηλές θερμοκρασίες βοτρυόκαρπων ποικιλίας Rio Red και Star Ruby. Ωριμοί καρποί Rio Red συλλέχθηκαν την Άνοιξη 2006 στη Φλόριντα των ΗΠΑ, εμβαπτίστηκαν ή όχι σε 100, 200 και 300 $\mu\text{L/L}$ αμψισικού οξέος και συντηρήθηκαν στους 5 και 15°C για 3 μήνες. Από μακροσκοπικές παρατηρήσεις, οι καρποί δεν παρουσίασαν βλάβη από χαμηλές θερμοκρασίες και δεν έγιναν περαιτέρω αναλύσεις. Επομένως δεν ήταν δυνατό να βρεθεί κάποια σχέση της εφαρμογής αμψισικού οξέος με τη βλάβη από χαμηλές θερμοκρασίες. Επίσης καρποί Star Ruby συλλέχθηκαν στα τέλη Νοεμβρίου 2007 από εμπορικό οπωρώνα στην Άρτα και συντηρήθηκαν σε εμπορικές εγκαταστάσεις συντήρησης στους 2 και 6°C, καθώς και σε μία αποθήκη με θερμοκρασία περίπου 16°C για 48 και 87 ημέρες. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών μετρήθηκαν αρχικά, αμέσως μετά την κάθε έξοδο και μετά από 5 ημέρες διατήρησης σε συνθήκες δωματίου (shelf life). Οι μετρήσεις περιλάμβαναν το πάχος και ποσοστό νερού του περικαρπίου, το ποσοστό χυμού, τα διαλυτά στερεά συστατικά ($\Delta\Sigma$), την οξύτητα και τα ολικά αντιοξειδωτικά του εδάδιμου μέρους. Στους 2°C, τα $\Delta\Sigma$, η οξύτητα και το ποσοστό νερού του περικαρπίου παρέμειναν σταθερά, τα ολικά αντιοξειδωτικά αυξήθηκαν ελαφρά, και το ποσοστό του χυμού μειώθηκε τόσο μετά τη συντήρηση όσο και μετά το shelf life. Στους 16°C, τα $\Delta\Sigma$ και η οξύτητα αυξήθηκαν, το ποσοστό του χυμού δεν μεταβλήθηκε, ενώ το ποσοστό νερού του περικαρπίου μειώθηκε όπως και τα ολικά αντιοξειδωτικά μετά τη συντήρηση και μετά από διατήρηση σε συνθήκες shelf life. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών που είχαν συντηρηθεί στους 6°C, είχαν τιμές συνήθως ενδιάμεσες αυτών που βρέθηκαν στις δύο παραπάνω θερμοκρασίες. Βρέθηκαν ακόμα ελάχιστα συμπτώματα βλάβης από χαμηλές θερμοκρασίες, όπως κηλίδωση του περικαρπίου σε πολύ μικρό αριθμό καρπών μετά από 3 μήνες συντήρησης σε όλες τις θερμοκρασίες που μελετήθηκαν. Αυτή η ανθεκτικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα του εύκρατου κλίματος στο οποίο καλλιεργούνται τα δέντρα από τα οποία πάρθηκαν οι καρποί (Άρτα) ή οι χαμηλές θερμοκρασίες που είχαν δεχθεί οι καρποί πριν τη συγκομιδή (Άρτα, Φλόριντα).

Abstract

This work was an attempt to collect information on storage ability and chilling sensitivity of 'Rio Red' and 'Star Ruby' grapefruit. Ripe 'Rio Red' fruit were harvested in spring 2006 from South Florida, were dipped or not into 100, 200 and 300 $\mu\text{L/L}$ of abscisic acid (ABA) and were stored at 2 and 15°C for 3 months. From macroscopic observations, fruit did not show significant chilling injury symptoms and no further analyses were performed. Therefore, it couldn't be determined whether there was a relationship between ABA application and chilling injury occurrence. Ripe 'Star Ruby' fruit were harvested in late November 2007 and stored at commercial storage facilities at 2°C or 6°C and at a warehouse at around 16°C for 48 and 87 days. Fruit quality was evaluated initially, at each exit and after 5 days shelf life and included peel thickness and water content, percent juice, soluble solids content (SSC), acidity and total antioxidant content. At 2°C, SSC, acidity and pericarp water content remained unchanged, total antioxidant capacity slightly increased, and juice content decreased with storage time and after shelf life. At 16°C, SSC and acidity increased, juice content did not change, while peel water content decreased together with total antioxidant capacity with storage time and shelf life. Quality characteristics of fruit stored at 6°C had values mostly between the results presented for the two temperature regimes above. Minor subjective chilling injury symptoms as pitting were observed in very few fruit during 3 months storage at any temperature tested. This chilling resistance could be the result of the temperate climate at which the fruit were grown.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	6
1. Εισαγωγή	9
2. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας	10
2.1 Τα εσπεριδοειδή	10
2.1.1 Φυσιολογία, Μορφολογία, Εξάπλωση	10
2.1.2 Οικολογικά χαρακτηριστικά	15
2.1.3 Ασθένειες εσπεριδοειδών	16
2.1.4 Παγκόσμια παραγωγή εσπεριδοειδών	18
2.2 Βοτρυόκαρπος (Γκρέιφρουτ)	21
2.2.1 Περιγραφή	21
2.2.2 Καταγωγή και Εξάπλωση	22
2.2.3 Ποικιλίες	24
2.2.4 Κλίμα	28
2.2.5 Έδαφος	28
2.2.6 Πολλαπλασιασμός	28
2.2.7 Καλλιέργεια	29
2.2.8 Συγκομιδή και Μεταχείριση	29
2.2.9 Διατήρηση ποιότητας	31
2.2.10 Εχθροί και Ασθένειες	33
2.2.11 Χρήσεις του βοτρυόκαρπου	33
2.2.12 Άλλες Χρήσεις	36
2.3 Βλάβες λόγω χαμηλών θερμοκρασιών (Chilling injury)	36
2.4 Αντιοξειδωτικά	38
2.5 Φαινολικά	38
2.6 Φυτοορμόνες	40
2.7 Αμπισισικό οξύ (ABA)	40
2.8 Σκοπός	42
3. Υλικά και Μέθοδοι	43

3.1	Πρώτο πείραμα	43
3.2	Δεύτερο Πείραμα	45
3.3	Στατιστική Ανάλυση	47
4.	Αποτελέσματα	48
4.1	Πρώτο Πείραμα	48
4.2	Δεύτερο Πείραμα	48
5.	Συζήτηση	55
	Βιβλιογραφία.....	58

1. Εισαγωγή

Η σημασία των εσπεριδοειδών στη γεωργία και στην παγκόσμια οικονομία συνάγεται από την ευρεία εξάπλωση και τη μεγάλη παραγωγή. Οι κυρίως καλλιεργούμενες εκτάσεις βρίσκονται σε υποτροπικές περιοχές με γεωγραφικό πλάτος μεγαλύτερο των 20° Βόρεια ή Νότια του Ισημερινού. Η καλλιεργούμενη έκταση σε παγκόσμια κλίμακα υπολογίζεται σε 2,4 εκατομμύρια εκτάρια, της οποίας το 80% ανήκει στις παραμεσόγειες χώρες και στη Βόρεια και Κεντρική Αμερική.

Ο βοτρυόκαρπος (γκρέιπφρουτ) ανήκει στην οικογένεια των εσπεριδοειδών και η καλλιέργεια και η συντήρηση του έχουν σημαντική οικονομικά σημασία για τη χώρα μας. Οι ποικιλίες ‘Rio Red’ και ‘Star Ruby’ είναι δύο από τις πιο γνωστές ποικιλίες ερυθρόσαρκων βοτρυόκαρπων.

Η διατήρηση της ποιότητας των καρπών είναι ίσως το κύριο μέλημα των παραγωγών αλλά και των καταναλωτών. Κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασίες 0 έως 12°C, συχνά παρατηρούνται ζημιές από χαμηλές θερμοκρασίες (Chilling injury) τόσο στο περικάρπιο (φλοιό) των καρπών όσο και στη σάρκα. Οι βλάβες αυτές συνήθως επηρεάζουν και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών.

Έχει βρεθεί ότι η χρήση ουσιών όπως το αμπισικό οξύ (ABA), ίσως επηρεάζει την εμφάνιση ή όχι των συμπτωμάτων της βλάβης λόγω χαμηλών θερμοκρασιών. Επίσης διαφορετικές χαμηλές θερμοκρασίες έχουν βρεθεί να έχουν διαφορετικού βαθμού επίδραση στους καρπούς των εσπεριδοειδών.

Επίσης κατά τη διατήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες επέρχονται φυσιολογικές αλλαγές στη σύσταση των καρπών λόγω γήρανσης, αναπνοής και γενικά όλων των διεργασιών του καρπού.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της εφαρμογής αμπισικού οξέος (ABA) στη συντηρησιμότητα βοτρυόκαρπων της ποικιλίας ‘Rio Red’ σε χαμηλές θερμοκρασίες καθώς και η μελέτη της ευαισθησίας καρπών της ποικιλίας ‘Star Ruby’ στις χαμηλές θερμοκρασίες.

2. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

2.1 Τα εσπεριδοειδή

2.1.1 Φυσιολογία, Μορφολογία, Εξάπλωση

Τα εσπεριδοειδή είναι αειθαλή δέντρα, που κατατάσσονται βοτανικά στην κλάση των Dicotyledonae, στην τάξη των Geraniales και στην οικογένεια Rutaceae. Τα καλλιεργούμενα εσπεριδοειδή ανήκουν κυρίως στα γένη *Poncirus*, *Fortunella* και *Citrus*, τα οποία έχουν στενή μεταξύ τους συγγένεια. Από αυτά το γένος *Citrus* είναι το επικρατέστερο κι αυτό που έχει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Σε αυτό ανήκουν τα είδη πορτοκαλιά, λεμονιά, μανταρινιά, βοτρυόκαρπος και άλλα.

Οι οφθαλμοί των εσπεριδοειδών είναι σχεδόν γυμνοί καθώς δεν έχουν το ιδιαίτερο προστατευτικό κάλυμμα που συναντούμε στα φυτά της εύκρατης ζώνης. Τα είδη οφθαλμών που συναντώνται είναι ανθοφόροι και βλαστοφόροι, ακραίοι και πλάγιοι οφθαλμοί. Οι τελευταίοι βγαίνουν στις μασχάλες των φύλλων και μπορούν να εξελιχθούν σε ένα ή περισσότερους βλαστούς, σε άνθος ή ταξιανθία με βλαστό ή χωρίς αυτόν ή μπορεί να μην εκπτυχθούν (λανθάνοντες). Τα εσπεριδοειδή χαρακτηρίζονται από διαδοχικές περιόδους βλάστησης και πλήρους στασιμότητας. Ο αριθμός των περιόδων βλάστησης εξαρτάται από τις κλιματικές και καλλιεργητικές συνθήκες, το μέγεθος της παραγωγής και την ηλικία του δέντρου. Όλες οι εμπορικές ποικιλίες έχουν τουλάχιστον δύο κύκλους βλάστησης, ένα την άνοιξη και ένα το καλοκαίρι. Την άνοιξη παράγονται βλαστοί, φύλλα, οφθαλμοί και άνθη, ενώ το καλοκαίρι κυρίως βλαστοί, φύλλα και οφθαλμοί.

Έχουν μία καταβολή αγκαθίου στα γόνατα του βλαστού, η οποία σε άλλα είδη αναπτύσσεται κανονικά και σε άλλα μόνο σε ζωηρούς και γρήγορα αναπτυσσόμενους βλαστούς. Τα αγκάθια ποικίλουν σε αριθμό, μέγεθος, οξύτητα και στερεότητα και είναι δυνατόν να αναπτυχθούν δίπλα σε βλαστούς, ταξιανθίες (ομάδες ανθέων) ή σε ένα οφθαλμό που βρίσκεται σε λήθαργο. Η ανάπτυξη των πλάγιων οφθαλμών παρεμποδίζεται από τους ακραίους, οι οποίοι εκπτύσσονται πρώτοι (κυριαρχία της κορυφής). Αν αφαιρεθεί ο ακραίος οφθαλμός (κορυφολόγημα), τότε παύει η παρεμπόδιση και περισσότεροι πλάγιοι οφθαλμοί αναπτύσσονται σε βλαστούς.

Τα φύλλα των εσπεριδοειδών είναι πλατιά, τραχιά, δερματώδη, βαθυπράσινα και γυαλιστερά στην πάνω επιφάνεια, ανοιχτοπράσινα στην κάτω. Η ζωηρότητα του

χρώματος επηρεάζεται σημαντικά από το έδαφος στο οποίο είναι φυτεμένα τα δέντρα. Η νέα βλάστηση έχει ανοιχτό πράσινο χρώμα, που γίνεται βαθυπράσινο και παραμένει τέτοιο μέχρι τη φυλλόπτωση, εφόσον είναι υγιή τα φύλλα. Σε μερικά είδη εσπεριδοειδών, κυρίως σε οξύχυμες λεμονιές και κιτριές, τόσο η νέα βλάστηση, όσο και οι ανθοφόροι οφθαλμοί είναι πορφυροί-χαλκόχρωμοι. Το μέγεθος των φύλλων διαφέρει και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Τα νεότερα δέντρα έχουν πιο μεγάλα φύλλα από τα ηλικιωμένα. Ακόμα, διαφέρουν ως προς το σχήμα και το μέγεθος, ανάλογα και με το σχήμα του καρπού. Συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερος είναι ο καρπός, τόσο μεγαλύτερα είναι τα φύλλα. Έτσι τα φύλλα της λιμετίας είναι μικρά και ωοειδή, της λεμονιάς μεγαλύτερα, της πορτοκαλιάς έχουν μέσο μέγεθος, είναι πλατιά και περισσότερο επιμήκη και του γκρέιπφρουτ είναι μεγάλα, πλατιά και μακριά.

Τα εσπεριδοειδή είναι αειθαλή, ανανεώνουν όμως τα φύλλα τους διαδοχικά (Εικ. 1). Ένα φύλλο μπορεί να παραμείνει στο δέντρο από 15 μήνες έως και περισσότερο από τρία χρόνια. Η μεγαλύτερη φυλλόπτωση συμβαίνει την άνοιξη. Οι μίσχοι των φύλλων μπορεί να έχουν μεγάλα πτερύγια (νεραντζιά, βοτρυόκαρπος), μικρά (πορτοκαλιά) ή και καθόλου (λεμονιά).



Εικόνα 1: Τυπικό δέντρο βοτρυόκαρπου που καλλιεργείται εμπορικά

Στο παρέγχυμα των φύλλων υπάρχουν οι ελαιοφόροι αδένες, που δίνουν στο φύλλο μια εμφάνιση διάστικτη. Τα στομάτια, από τα οποία γίνεται η εξάτμιση του νερού (διαπνοή) βρίσκονται στη κάτω επιφάνεια και στους νέους βλαστούς. Μπορεί να υπάρχουν στομάτια και στην πάνω επιφάνεια, αλλά μόνο κατά μήκος του κύριου νεύρου. Αλλά και το μέγεθος και σχήμα των στοματίων διαφέρουν χαρακτηριστικά στα είδη των εσπεριδοειδών. Το μέγεθος τους διαφέρει, ανάλογα με την ηλικία τους, τα ηλικιωμένα στομάτια είναι και τα μεγαλύτερα. Η πυκνότητα των στοματίων στα φύλλα της πορτοκαλιάς και της λεμονιάς είναι μέγιστη στο μέσο του ελάσματος και ελάχιστη στη βάση του. Τα ακραία φύλλα έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα στοματίων, ενώ τα φύλλα της βάσης μικρότερη. Το άνοιγμα των στοματίων εξαρτάται από το ηλιακό φως, παραμένουν ανοιχτά όταν αυτό είναι αρκετό (παρουσία ικανής διαθέσιμης ποσότητας νερού) και αρχίζουν να κλείνουν όταν έχει συννεφιά ή το απόγευμα και παραμένουν κλειστά όλη τη νύχτα.

Η διαφοροποίηση των οφθαλμών σε ανθοφόρους γίνεται από το Δεκέμβριο μέχρι τον Ιανουάριο, πριν από την έναρξη της βλάστησης, λόγω της καταπόνησης από τις χαμηλές χειμωνιάτικες θερμοκρασίες. Ορισμένοι παράγοντες μπορούν να επιδράσουν στη διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών, όπως μια πλούσια καρποφορία που παραμένει πάνω στο δέντρο μέχρι την εποχή που αυτό σχηματίζει άνθη, τείνει να μειώσει τον αριθμό των ανθέων που θα παραχθούν. Αν όμως η συγκομιδή γίνει μήνες πριν τη νέα βλάστηση, είναι δυνατό να αυξηθεί πολύ ο αριθμός των ανθέων, το ποσοστό των τέλειων ανθέων και το δέσιμο των καρπών.

Τα άνθη (Εικ. 2) είναι άφθονα, ερμαφρόδιτα, αρωματικά, έχουν γύρη και νέκταρ. Φέρονται ομαδικά σε ταξιανθίες, στις μασχάλες των φύλλων, σε βλάστηση της προηγούμενης χρονιάς ή μεμονωμένα στις μασχάλες των φύλλων της τρέχουσας βλάστησης. Το μέγεθος των ανθέων ποικίλλει ανάλογα με το είδος, είναι μεγάλο στους βοτρυόκαρπους, μέσο στην πορτοκαλιά και μικρό στη μανταρινιά. Ο κάλυκας είναι μικρός, κιτρινωπός ή πρασινωπός, με τα σέπαλα. ενωμένα συνήθως σε ένα Η στεφάνη είναι μεγάλη εντυπωσιακή και συνήθως έχει 5 πέταλα. Οι στήμονες είναι πολυάριθμοι (20-40), έχουν λευκό νήμα και κίτρινο ανθήρα. Τα νήματα ενώνονται στη βάση σε ομάδες των 2-3, έτσι ώστε να σχηματίζουν δακτύλιο, που περιβάλλει τον ύπερο. Οι ανθήρες συνήθως έχουν τέσσερις λοβούς.



Εικόνα 2: Άνθη βοτρυόκαρπου

Η ωοθήκη είναι στρογγυλή και πρασινωπή, έχει επτά χώρους, βρίσκεται στη βάση του άνθους και περιβάλλεται από το δακτύλιο που σχηματίζουν τα νημάτια των στημόνων. Θα εξελιχθεί σε καρπό και τα ωάρια που περιέχει, αφού γονιμοποιηθούν, θα εξελιχθούν σε σπέρματα. Η ωοθήκη λεπτύνεται στο πάνω μέρος της και σχηματίζει το στύλο, που καταλήγει στο στίγμα, που βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο ή λίγο πιο πάνω από τους ανθήρες. Είναι γόνιμο και ώριμο όταν καλύπτεται από κολλώδες υγρό. Στο στίγμα κολλούν οι γυρεόκοκκοι, ενώ πολύ λίγοι από αυτούς βλαστάνουν προς τα κάτω και γονιμοποιούν τα ωάρια. Το στίγμα του άνθους της πορτοκαλιάς είναι γόνιμο και έτοιμο για γονιμοποίηση τις 6-8 μέρες μετά το άνοιγμα των πετάλων.

Τα άνθη των εσπεριδοειδών έχουν εύοσμο νέκταρ και αυτό τα καθιστά χρήσιμα ως καλλωπιστικά, αλλά και ως πολύτιμα μελιτοπαραγωγικά φυτά. Η εποχή άνθησης είναι οι αρχές της άνοιξης, συνήθως Μάρτιος ή Απρίλιος, ανάλογα με το κλίμα, και διαρκεί περί τις 6 εβδομάδες. Μπορεί όμως, επηρεαζόμενη από καιρικές συνθήκες, να συμβεί πολύ νωρίς (Ιανουάριος-Φεβρουάριος) ή πολύ αργά (Μάιος). Ακόμη, άνθηση μπορούν να προκαλέσουν και άλλοι παράγοντες, όπως ο εξαναγκασμός σε ανθοφορία με ποτίσματα και λίπανση μετά από περίοδο ξηρασίας.

Αυτή η παραγωγή έχει κατώτερη ποιότητα, αλλά έχει εμπορική αξία, ως καρποφορία εκτός εποχής, για παράδειγμα τα θερινά λεμόνια.

Γενικά, δεν υπάρχει ανάγκη σταυρεπικονίασης για την αύξηση της παραγωγής, εκτός από την Κλημεντίνη, που χρειάζεται δέντρα μανταρινιάς που να ανθίζουν την ίδια εποχή. Η επικονίαση στα εσπεριδοειδή βοηθείται ελάχιστα από τον άνεμο και πάρα πολύ από τα έντομα. Άλλωστε και η μορφή των ανθέων είναι τέτοια, που προσελκύει τα έντομα (εντυπωσιακά πέταλα, έντονο άρωμα, άφθονο νέκταρ). Πολλές ποικιλίες εσπεριδοειδών έχουν τη δυνατότητα να καρποφορούν παρθενοκαρπικά (χωρίς να είναι απαραίτητη η γονιμοποίηση), όπως τα Ουάσιγκτον Νέιβελ και οι βοτρυόκαρποι Marsh Seedless, που δίνουν άσπερμους καρπούς. Η ασπερμία μπορεί να οφείλεται σε αρρενοστεριότητα (η γύρη δεν είναι ζωτική) ή σε ύπαρξη λίγων ωαρίων που είναι ικανά να γονιμοποιηθούν ή και στις δύο περιπτώσεις, όπως στις ομφαλοφόρες ποικιλίες.

Παρά την άφθονη ανθοφορία των εσπεριδοειδών και παρόλο που η επικονίαση δεν είναι απαραίτητη στις πιο πολλές περιπτώσεις, μεγάλο ποσοστό ανθέων δεν εξελίσσεται σε καρπούς. Επιπλέον, παρατηρείται μεγάλη πτώση ανθοφόρων οφθαλμών, ανθέων και μικρών καρπών. Σε γενικές γραμμές, ένα ποσοστό καρπόδεσης περί το 20% των ανθέων είναι αρκετό για μια αξιόλογη παραγωγή.

Οι καρποί των εσπεριδοειδών έχουν ποικιλία σχημάτων: ωοειδές, στρογγυλό, ελλειπτικό επίμηκες, με λαιμό ή χωρίς, ατρακτοειδές, με αφαλό ή χωρίς αυτόν. Διαφέρουν επίσης ως προς το μέγεθος, τη διάμετρο και το μήκος. Η επιφάνεια τους μπορεί να είναι λεία, στιλπνή, τραχιά, αυλακωμένη, με ράχη και το χρώμα να κυμαίνεται από το ανοιχτό κίτρινο μέχρι το πορτοκαλί και το κόκκινο.

Ο καρπός αποτελείται από το περικάρπιο (το φλοιό) και το ενδοκάρπιο (τη σάρκα). Η φλούδα περιέχει πολλά χρωματοφόρα κύτταρα και ελαιοφόρους αδένες. Η σάρκα αποτελείται από τα καρπόφυλλα (φέτες), που περιέχουν πολλά χυμοκύτταρα. Στις ομφαλοφόρες ποικιλίες σχηματίζεται και δεύτερη σειρά καρπόφυλλων, πάνω από την πρώτη σειρά, πάντοτε μέσα στην ωοθήκη. Με την αύξηση του καρπού κατά μέγεθος, αυξάνεται και αυτή η σειρά καρπόφυλλων και σχηματίζει τον αφαλό. Ο αφαλός μπορεί να είναι καλά ανεπτυγμένος και να προεξέχει από τον κυρίως καρπό ή ατελώς αναπτυγμένος και να καλύπτεται από αυτόν. Σε μερικές ποικιλίες είναι δυνατόν να υπάρχει και δεύτερος αφαλός μέσα στον πρώτο. Οι καρποί των εσπεριδοειδών περιέχουν νερό σε αναλογία 77-90%. Σε περιπτώσεις ξηρασίας, είναι

δυνατό τα φύλλα να αντλήσουν νερό από τους καρπούς, με αποτέλεσμα να μειωθεί η εμπορική τους αξία.

Σε όλα τα μέρη του άνθους, εκτός από τους στήμονες, υπάρχουν ελαιοφόροι αδένες. Με την ωρίμανση των καρπών, οι ελαιοφόροι αδένες γεμίζουν με αιθέριο έλαιο, που είναι χαρακτηριστικό του κάθε είδους. Τα αιθέρια έλαια που παράγονται από λεμόνια και πορτοκάλια έχουν μεγάλη εμπορική αξία. Το κύριο οξύ που περιέχεται στους καρπούς είναι το κιτρικό. Η περιεκτικότητά του καρπού σε κιτρικό οξύ επηρεάζεται από το γένος, το είδος, την ποικιλία, το υποκείμενο, το έδαφος, το κλίμα και τις καλλιεργητικές φροντίδες. Οι νεαροί καρποί περιέχουν άμυλο, που αρχίζει να μειώνεται μέχρι την πλήρη ωρίμανση, οπότε συναντούμε μόνο ίχνη του. Επίσης, υπάρχουν κρύσταλλοι οξαλικού ασβεστίου σε πολλά κύτταρα του άνθους, των ώριμων καρπών, των φύλλων και του πράσινου περικαρπίου, όπως και κρύσταλλοι ναριγκίνης στους βοτρυόκαρπους και εσπεριδίνης στις ποικιλίες των άλλων εσπεριδοειδών. Μετά από περίοδο χαμηλών θερμοκρασιών (παγετών), εμφανίζονται στους καρπούς πολλοί τέτοιοι κρύσταλλοι σε όλους τους ιστούς, κυρίως όμως στις μεμβράνες των καρπόφυλλων.

Οι νεαροί καρποί είναι πράσινοι, λόγω της περιεχόμενης χλωροφύλλης. Καθώς ωριμάζουν, ελαττώνεται η χλωροφύλλη και επικρατούν η καροτίνη και οι ξανθοφύλλες, που δίνουν το χαρακτηριστικό χρώμα των ιστών και του χυμού. Στα σαγκουίνια και στους αιματόσαρκους βοτρυόκαρπους η κόκκινη ή ρόδινη χρωστική (ανθοκυάνες) βρίσκεται διαλυμένη στον κυτταρικό χυμό. Ο επαναπρασινισμός της Βαλέντσια και άλλων εσπεριδοειδών οφείλεται στην επανεμφάνιση της χλωροφύλλης στο φλοιό των καρπών. (Vecchi, 1995)

2.1.2 Οικολογικά χαρακτηριστικά

Τα εσπεριδοειδή καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο, στο βόρειο και στο νότιο ημισφαίριο, μέχρι 40° βορείου και νοτίου γεωγραφικού πλάτους. Είναι ευαίσθητα σε θερμοκρασίες κάτω από τους 0°C, για μεγάλο χρονικό διάστημα, ενώ ανέχονται χαμηλές θερμοκρασίες για μικρές περιόδους. Φυσικά, η αντοχή τους εξαρτάται από το είδος, την ποικιλία, την κατάσταση βλάστησης του δέντρου, τη χρονική διάρκεια του ψύχους και το έδαφος. Περισσότερο ευαίσθητα είναι τα άνθη, οι νεοσχηματισμένοι και οι ώριμοι καρποί και λιγότερο οι πράσινοι καρποί και η βλάστηση. Από τα είδη, περισσότερο ευαίσθητη είναι η κιτριά, λιμετία, λεμονιά και ο βοτρυόκαρπος και λιγότερο η πορτοκαλιά, μανταρινιά, κουμ-κουάτ και τρίφυλλη. Το

κρύο του φθινοπώρου και χειμώνα ευνοεί το χρωματισμό των πορτοκαλιών, ιδίως των σαγκουινιών, τα οποία σε ήπια κλίματα δεν παίρνουν έντονο χρώμα. Οι υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από 45°C) προκαλούν ζημιές καθώς θερμοκρασία 37°C τον Ιούνιο μπορεί να προκαλέσει σημαντική καρπόπτωση, ενώ σε πάνω από 38°C αναστέλλεται η βλάστηση. Οι θερμοκρασίες Φεβρουαρίου και Μαρτίου ελέγχουν την άνθηση και έτσι επηρεάζουν το χρόνο ωρίμανσης των καρπών.

Η ιδανική σχετική υγρασία για τα εσπεριδοειδή είναι 60-65%. Υψηλότερη υγρασία ευνοεί την εξάπλωση ασθενειών και παρασίτων. Οι ισχυροί άνεμοι προκαλούν ζημιές, ιδίως στην κιτριά μπορούν να προκαλέσουν αφυδάτωση, φυλλόπτωση, ανθόρροια, καρπόπτωση, μηχανικές ζημιές. Στις παραθαλάσσιες περιοχές, που οι άνεμοι μεταφέρουν αλάτι, προκαλούνται νεκρώσεις στα φύλλα. Για τους ανωτέρω λόγους τα εσπεριδοειδή απαιτούν ανεμοφράκτες σε ανεμόπληκτες περιοχές.

Τα εσπεριδοειδή είναι καλλιέργειες απαιτητικές ως προς το έδαφος. Ευδοκιμούν σε ασβεστώδη εδάφη, ποτέ σε όξινα. Δε θα πρέπει να επιχειρείται καλλιέργειά τους σε αμμώδη, φτωχά ή βαριά αργιλώδη, γιατί στην πρώτη περίπτωση θα αναπτυχθούν τροφοπενίες, ενώ στη δεύτερη θα υποφέρουν από υπερβολική υγρασία και κακό αερισμό των ριζών και επομένως εδαφογενείς ασθένειες. Τα ελαφρά εδάφη εξασφαλίζουν πρωιμότητα και ανώτερη ποιότητα καρπών (λεπτόφλουδοι, με περισσότερο χυμό και σάκχαρα) σε αντίθεση με τα βαριά εδάφη. Η οξύτητα του εδάφους (pH) θα πρέπει να είναι μεταξύ 5 και 7,5, με άριστη στο 6-6,5. Καλό έδαφος για τα εσπεριδοειδή θεωρείται ένα έδαφος μέσης σύστασης, αμμοαργιλώδες, περατό, καλά αποστραγγιζόμενο, βαθύ, όχι αλατούχο, με περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο το πολύ 15% και που δεν έχει καλλιεργηθεί την τελευταία δεκαετία με εσπεριδοειδή (Βασιλακάκης και Θεριός, 1996, Ποντίκης, 1993, Πρωτοπαπαδάκης, 1992, Vecchi, 1995).

2.1.3 Ασθένειες εσπεριδοειδών

Μυκητολογικές ασθένειες

- Κορυφοξήρα (*Phoma tracheiphila*)
- Ανθράκνωση (*Colletotrichum gloeosporioides*)
- Κομμίωση του λαιμού (*Phytophthora*)

- Σηψιρριζίες (*Clitocybe tabescens*, *Phytophthora megasperma*, *P. palmivora*, και *P. parasitica* κ.α.)
- Τήξεις σπορίων και φυταρίων (Μύκητες του γένους *Pythium* και ο μύκητας *Rhizoctonia solani*, είδη του γένους *Phytophthora* και *Fusarium*, *Sclerotinia sclerotium*, *Chalara elegans*, *Sclerotium rolfsii*, *Macrophomina phaseolina*)
- Σεπτορίωση (Είδη του γένους *Septoria*)
- Σήψεις καρπών:
- Καστανή σήψη ή Σήψεις από Φυτόφθορα (*Phytophthora*)
- Σήψεις από Πενικίλλια
- Νέκρωση βραχιόνων (*Eutypa lata*)

Προκαρυωτικές ασθένειες

- Προσβολή κλάδων και κηλίδωση καρπών (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*)
- Μεταδοτική μικροφυλλία ή Στάμπορν (Stubborn) (*Spiroplasma citri*)
- Πρασίνισμα των εσπεριδοειδών (Citrus greening) (μεταδίδεται με έντομα της οικογένειας *Psyllidae*, οι αφρικανικές φυλές μεταδίδονται με το *Trioza erytrae* και οι ασιατικές με το *Diaphorina citri*)

Ιολογικές ασθένειες

- Πέτρωμα ή Λιθίαση ή Σκλήρυνση των καρπών (*Citrus impietratura*)
- Ομάδα των ψώρωσεων
 1. Ψώρωση Α των εσπεριδοειδών
 2. Κοίλη ψώρωση των εσπεριδοειδών
 3. Θυλακοειδής ψώρωση
 4. Κατσάρωμα των φύλλων
 5. Μολυσματική ποικιλόχρωση
- Εξώκορτη
- Ξυλοπόρωση ή καχεξία
- Κριστάκορτη
- Κομμίωση του περικαρπίου της πορτοκαλιάς
- Τριστέτσα (μύκητες του γένους *Phytophthora*)

Μη μεταδοτικές ασθένειες

- Τροφοπενίες

1. Τροφοπενία σιδήρου
 2. Τροφοπενία ψευδαργύρου
 3. Τροφοπενία μαγνησίου
 4. Τροφοπενία μαγγανίου
 5. Τροφοπενία βορίου
- Κηλίδα ύδατος
 - Χαλάρωση και καθίζηση του περικαρπίου
 - Ελαιοκυττάρωση
 - Τοξικότητα χλωριούχων
 - Κηλίδες κόμμεος
 - Καρπόπτωση προ της συγκομιδής
 - Ζημιές από χαμηλές θερμοκρασίες
 - Λοιπές μεταδοτικές ασθένειες
1. Ζημιά από υπερβολική εδαφική υγρασία
 2. Ζημιά από χαλαζόπτωση
 3. Ζημιά από άνεμο
 4. Σχάση καρπών
 5. Κηλιδώσεις καρπών από χαμηλές θερμοκρασίες στα ψυγεία (Chilling injury)
 6. Ζημιές από λιπάσματα, φυτοφάρμακα, ζιζανιοκτόνα
- (Παναγόπουλος, 1993)

2.1.4 Παγκόσμια παραγωγή εσπεριδοειδών

Η παγκόσμια παραγωγή εσπεριδοειδών, η οποία μέχρι πρόσφατα παρουσίαζε ανοδική τάση, ξεπερνάει ήδη τα 80 εκατομμύρια τόνους το χρόνο. Από αυτούς τα 20 εκατομμύρια τόνοι το χρόνο παράγονται στη Βραζιλία και τα 16,5 εκατομμύρια τόνοι στη λεκάνη της Μεσογείου. Σημαντικοί παραγωγοί εσπεριδοειδών είναι επίσης οι ΗΠΑ, η Ν. Αφρική, η Αργεντινή και η Κίνα.

Η παραγωγή εσπεριδοειδών στη λεκάνη της Μεσογείου κατανέμεται στις εξής χώρες με τα αντίστοιχα ποσοστά: Ισπανία 33%, Ιταλία 20%, Αίγυπτος 17%, Τουρκία 15%, Μαρόκο 7,5% και Ελλάδα 7,5%. Η παραγωγή των χωρών της Μεσογείου αντιπροσωπεύει κατά είδος στα πορτοκάλια το 56%, στα μανταρίνια το 26%, στα

λεμόνια το 4,5% και στους βοτρυόκαρπους το 3% της αντίστοιχης παγκόσμιας παραγωγής.

Η ετήσια παραγωγή βοτρυόκαρπων πλησιάζει τα 5 εκατομμύρια τόνους παγκοσμίως, με τα μισά περίπου να παράγονται στην Κίνα. Μεγάλη παραγωγή βοτρυόκαρπων έχουν επίσης οι ΗΠΑ, ενώ μικρότερες ποσότητες παράγουν το Μεξικό, η Ν. Αφρική, το Ισραήλ, η Αργεντινή και η Τουρκία. (Γεωργία Κτηνοτροφία, Τεύχος 10, 2008)

Στον πίνακα 1 φαίνεται η αναμενόμενη παραγωγή εσπεριδοειδών ανά είδος σε χιλιάδες τόνους στην Ευρωπαϊκή Ένωση (των 27 κρατών μελών) καθώς και οι κυριότερες χώρες παραγωγής.

Πίνακας 1. Αναμενόμενη παραγωγή εσπεριδοειδών ανά χώρα στην ΕΕ-27 κατά το 2008-09 (σε χιλιάδες τόνους)

Χώρα μέλος	Πορτοκάλια	Λεμόνια	Μανταρίνια	Βοτρυόκαρποι	Σύνολο
Ισπανία	3.370	669	2.196	50	6.285
Ιταλία	1.700	500	680	-	2.880
Ελλάδα	802	30	58	7	897
Κύπρος	-	-	-	23	23
Σύνολο	5.872	1.199	2.934	80	10.085

Πηγή: USDA Foreign Agriculture Service, GAIN Report NO. E48134/1.12.2008

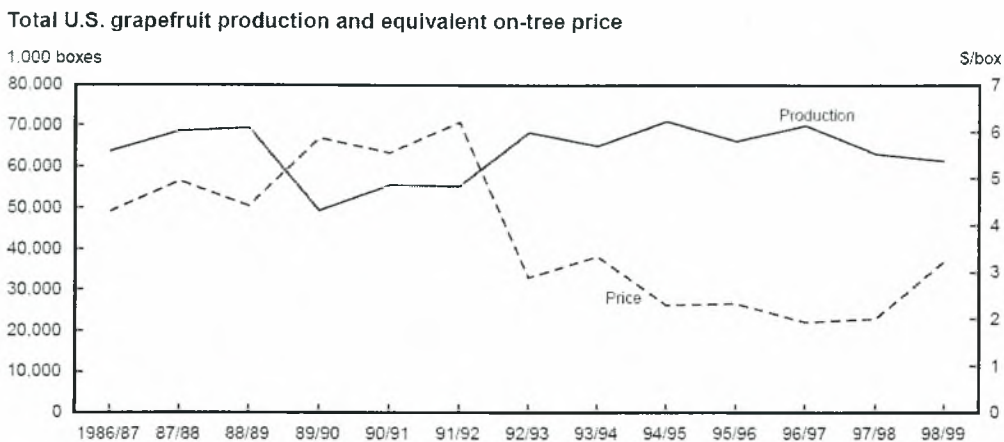
Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται η πρόσφατη παγκόσμια παραγωγή (σε χιλιάδες τόνους) και καλλιεργούμενη έκταση (σε χιλιάδες εκτάρια) βοτρυόκαρπου.

Πίνακας 2. Παγκόσμια παραγωγή βοτρυόκαρπου και καλλιεργούμενες εκτάσεις ανά καλλιεργητική περίοδο

Καλλιεργητική περίοδος	Ετήσια Παραγωγή (χιλιάδες τόνοι)	Καλλιεργούμενες Εκτάσεις (σε χιλιάδες εκτάρια)
1999/2000	2.486	61,4
2000/2001	2.215	58,1
2001/2002	2.181	54,5
2002/2003	1.856	51,4
2003/2004	1.946	45,9

Πηγή: USDA Foreign Agricultural Service, GAIN Report Number: E48048, 28/4/2008

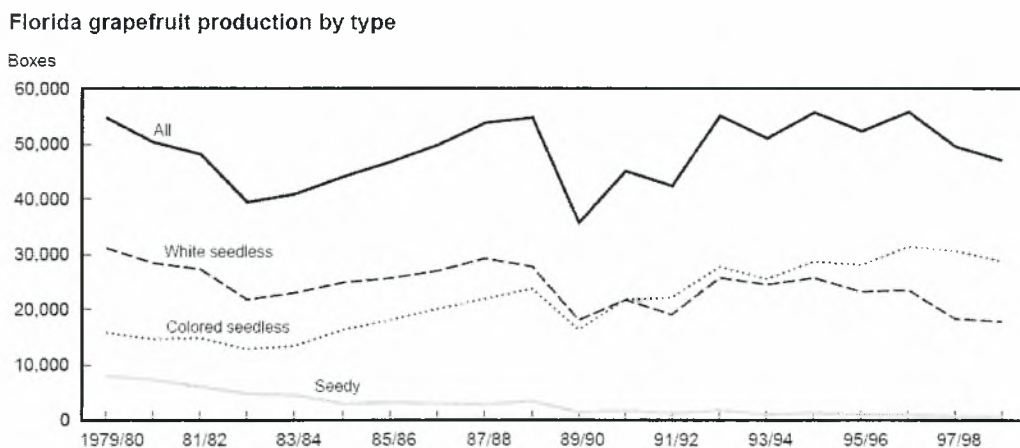
Στο σχήμα 1 φαίνεται η διακύμανση της συνολικής παραγωγής βοτρυόκαρπου σε κούτες στις ΗΠΑ καθώς και η διακύμανση της τιμής της κούτας σε δολάρια Αμερικής.



Σχήμα 1. Συνολική παραγωγή βοτρυόκαρπου σε κούτες στις ΗΠΑ κατά τα έτη 1986-1999 και τιμή σε δολάρια ΗΠΑ ανά κούτα (σημ.: 1 κούτα = 38 kg)

Πηγή: *Fruit and Tree Nuts Situation and Outlook Yearbook/FTS-2005/October 2005*, Economic Research Service, USDA

Στο σχήμα 2 εμφανίζεται η διακύμανση της ετήσιας παραγωγής βοτρυόκαρπου (σε κούτες) στην πολιτεία της Φλόριντα των ΗΠΑ τόσο συνολικά όσο και ανάλογα με το χρώμα σάρκας και την ύπαρξη ή μη σπερμάτων στον καρπό.



Σχήμα 2. Παραγωγή βοτρυόκαρπων (σε κούτες) στην Πολιτεία της Φλόριντα κατά τα έτη 1979-1998 και ποσότητα από το κάθε είδος βοτρυόκαρπου που παρήχθη. (1 κούτα = 38 kg). Σημείωση: Όπου All: Συνολική παραγωγή βοτρυόκαρπων, White seedless: Παραγωγή λευκόσαρκων άσπερμων βοτρυόκαρπων, Colored seedless: Παραγωγή έγχρωμων άσπερμων βοτρυόκαρπων, Seedy: Παραγωγή ένσπερμων βοτρυόκαρπων

Πηγή: *Fruit and Tree Nuts Situation and Outlook Yearbook/FTS-2005/October 2005*, Economic Research Service, USDA

2.2 Βοτρυόκαρπος (Γκρέιπφρουτ)

Citrus paradisi

Είναι σχετικά καινούριο είδος στην οικογένεια των εσπεριδοειδών, καθώς αρχικά θεωρούνταν μία μετάλλαξη του rummel. Ο Τζέιμς Μακ Φάιντεν, στο *Flora of Jamaica* το 1837, διαχώρισε το βοτρυόκαρπο από το πουμέλο, δίνοντας του το βοτανικό όνομα *Citrus paradise* Macf. Γύρω στο 1948, οι ειδικοί των εσπεριδοειδών, άρχισαν να προτείνουν ότι ο βοτρυόκαρπος δεν ήταν μία μετάλλαξη του πουμέλο αλλά ένα τυχαίο υβρίδιο μεταξύ του πουμέλο και του πορτοκαλιού. Το βοτανικό του όνομα αλλάχθηκε για να αντικατοπτρίζει αυτήν την άποψη, και τώρα είναι γενικά αποδεκτό ως *Citrus * paradisi*.

Όταν το νέο φρούτο άρχισε να καλλιεργείται και το όνομα βοτρυόκαρπος έγινε γνωστό, οι Αμερικανοί γεωπόνοι θεώρησαν τον τίτλο αυτό ως αδόκιμο και προσπάθησαν να τον αλλάξουν σε «Πομέλο». Παρόλα αυτά, ήταν δύσκολο να αποφευχθεί η σύγχυση με το πουμέλο και το όνομα γκρέιπφρουτ (βοτρυόκαρπος) επικράτησε, και χρησιμοποιείται διεθνώς εκτός από τις ισπανόφωνες περιοχές όπου καλείται «*toronja*». Στα ελληνικά η επίσημη ονομασία του είναι βοτρυόκαρπος αλλά στην καθομιλουμένη έχει επικρατήσει επίσης η ονομασία «γκρέιπφρουτ».

2.2.1 Περιγραφή

Το δέντρο του βοτρυόκαρπου φτάνει τα 4,5 έως 6 μέτρα ή ακόμα και τα 14 μέτρα σε ύψος μετά από πολλά χρόνια, έχει στρογγυλή κόμη και ο κορμός μπορεί να ξεπερνά τα 15 εκατοστά σε διάμετρο. Οι κλάδοι του συνήθως φέρουν κοντά, εύκαμπτα αγκάθια. Τα φύλλα του είναι αιθαλή και ελλειψοειδή σε σχήμα, 7,5-15 εκατοστά μακριά και 4,5-7,5 εκατοστά πλατιά, με χρώμα σκούρο πράσινο στην πάνω πλευρά και πιο ανοιχτό στην κάτω, φέρουν μικρού μεγέθους στρογγυλεμένη οδόντωση στις άκρες η οποία είναι στικτή με πολύ μικρούς ελαιώδεις αδένες. Ο μίσχος φέρει παράφυλλα. Τα άνθη είναι λευκού χρώματος, με 4 πέταλα και μεγέθους 4,5-5 εκ. σε μήκος είτε μόνα τους είτε σε βότρες και φύονται στις μασχάλες των φύλλων. Ο καρπός είναι σχεδόν στρογγυλός ή ελλειψοειδής έως ελάχιστα αχλαδόσχημος, με 10-15 εκ. διάμετρο με λείο, καλοσχηματισμένο και πορώδη φλοιό πάχους έως 1 εκ., ανοιχτού κίτρινου χρώματος πολλές φορές με ροζ επίχρισμα εξωτερικά και σπογγώδης και πικρός εσωτερικά. Η ανοιχτού κίτρινου, σχεδόν

λευκού, ή ροζ, ή ακόμα και βαθύ κόκκινου χρώματος σάρκα χωρίζεται σε 11 -15 καρπόφυλλα, με λεπτά, μεμβρανώδη, κάπως πικρά τοιχώματα, πολύ χυμώδη, ξινά έως γλυκόξινα στη γεύση όταν ωριμάσουν πλήρως. Ενώ μερικοί καρποί είναι τελείως ή σχεδόν άσπερμοι, είναι πιθανόν να υπάρχουν μέχρι και 90 λευκοί, ελλειψοειδείς σπόροι μήκους 1,25 εκ. περίπου. Διαφέρουν από αυτούς του πουμέλο γιατί είναι συνήθως πολυεμβρυονικοί.

2.2.2 Καταγωγή και Εξάπλωση

Ο βοτρυόκαρπος περιγράφηκε το 1750 από τον Griggith Hughes, ο οποίος τον ονόμασε «απαγορευμένο καρπό» των Μπαρμπέντος. Το 1789, ο Patrick Browne περιέγραψε ότι καλλιεργούνταν στα περισσότερα μέρη της Τζαμάικα και το ανέφερε ως «απαγορευμένο καρπό» ή «μικρή φράπα». Το 1814, ο John Lunan, στο *Hortus Jamaicanensis*, αναφέρει τον βοτρυόκαρπο ως ποικιλία της μικρής φράπας, και, ξανά, σαν «απαγορευμένο καρπό», «μια ποικιλία της φράπας, αλλά ο καρπός είναι αρκετά μικρότερος και έχει μία λεπτή, σκληρή και ανοιχτοκίτρινη φλούδα». Το 1824, ο DeTussac αναφέρει τον «απαγορευμένο καρπό ή μικρότερη φράπα» της Τζαμάικα σαν μια ποικιλία της φράπας στο μέγεθος του πορτοκαλιού που φέρεται σε βότρες. Ο William C. Cooper, ειδικός στα εσπεριδοειδή, ταξίδεψε παρατηρώντας όλα τα είδη και στο βιβλίο του, *In search of the Golden Apple*, αναφέρει για το γλυκό πορτοκάλι και τον βοτρυόκαρπο που φύτευαν άγρια σε πολλά από τα νησιά των Δυτικών Ινδιών. Παραθέτει συγκεκριμένα έναν καρπό παρόμοιο με το βοτρυόκαρπο το οποίο ονομαζόταν *chadique* και φυόταν άγριο στα βουνά της Αϊτής και πουλιόταν στο Πορτ-ο-Πρινς. Τα φύλλα του είναι παρόμοια με του βοτρυόκαρπου. Αναφέρει ότι από τα κοντινά νησιά Μπαχάμες το 1823, ο κόμης Odette Phillipe πήγε σπόρους βοτρυόκαρπου στο Safety Harbor κοντά στην Tampra της Φλόριντα. Όταν τα φυτάρια κάρπισαν, οι σπόροι τους μοιράστηκαν στη γειτονιά.

Αρχικά, το δέντρο του βοτρυόκαρπου καλλιεργούνταν μόνο ως σύμβολο νεωτερισμού στη Φλόριντα και οι καρποί του χρησιμοποιούνταν λίγο. Ακόμα και στη Τζαμάικα, τα δέντρα συχνά κόβονταν. Η Mary McDonald Carter από το Eustis της Φλόριντα, αναφέρει στο *Farm and Livestock Record* το 1953, τον πατέρα της, John A. McDonald, ο οποίος το 1870, εντυπωσιάστηκε από ένα δέντρο βοτρυόκαρπου με καρπούς χρώματος λεμονιού στο Blackwater. Αγόρασε ολόκληρη την παραγωγή των καρπών, έσπειρε τους σπόρους και ίδρυσε το πρώτο φυτώριο δενδρυλλίων βοτρυόκαρπου. Ο πρώτος οπωρώνας με βοτρυόκαρπους, φυτεύτηκε από κάποιον

ονομαζόμενο Hill και πουλήθηκε το 1875 στον George W. Bowen, ο οποίος τον ανέπτυξε εμπορικά. Το 1881, ο McDonald έσπειρε ξανά σπόρους και μεγάλωσε δενδρύλλια στο Eustis. Οι πρώτοι άποικοι άρχισαν να φυτεύουν το δέντρο και απέκτησαν μία γεύση για τον καρπό. Υπήρχε ήδη μια μικρή ζήτηση στο βορρά. Η Νέα Υόρκη εισήγαγε 78.000 καρπούς από τις Δυτικές Ινδίες το 1874. Η Φλόριντα άρχισε να στέλνει μικρές ποσότητες φορτίων στη Νέα Υόρκη και τη Φιλαδέλφεια μεταξύ του 1880 και του 1885.

Το 1898, ο Dr. David Fairchild έμαθε για έναν οπωρώνα 2.000 δέντρων βοτρυόκαρπου στην περιοχή του Kendall νότια του Μαϊάμι, ιδιοκτησία της Εταιρείας Σιδηροδρόμων της Δυτικής Φλόριντα. Το 1904, έκπληκτος είδε ένα δέντρο στο Νότιο Τέξας όπου νόμιζε ότι το κλίμα ήταν πολύ ψυχρό για το είδος. Του είπαν ότι το δέντρο είχε παγώσει μέχρι το έδαφος αλλά επανήλθε. Προέβλεψε ότι καλλιέργεια εσπεριδοειδών δεν θα ευδοκιμούσε στην περιοχή. Το 1928 φωτογράφησε το ίδιο δέντρο, το οποίο είχε νεκρωθεί αρκετές φορές στο εν τω μεταξύ, αλλά καρποφορούσε και πάλι. Από το 1910, ο βοτρυόκαρπος έγινε ένα σημαντικό εμπορικά αγροτικό προϊόν στην κοιλάδα του Rio Grande και, σε μικρότερο βαθμό στην Αριζόνα και στις ερημικές πεδιάδες της Καλιφόρνια. Μέχρι το 1940, οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής εξήγαγαν περίπου 11.000.000 κιβώτια χυμού βοτρυόκαρπου και σχεδόν μισό εκατομμύριο κιβώτια χυμού σε κονσέρβα. Η εμπορική καλλιέργεια είχε φτάσει στις περιοχές της Τζαμάικα και του Τρινιδάδ και επεκτεινόταν στη Βραζιλία, τη Νότια Αμερική και το Ισραήλ. Το 1945/46, οι Ηνωμένες Πολιτείες (κυρίως η Φλόριντα) παρήγαγαν πάνω από 2 εκατομμύρια τόνους, ποσότητα ρεκόρ. Το 1967/68 η παραγωγή αυτής της χώρας αποτελούσε το 70% της παγκόσμιας παραγωγής παρά τη μεγάλη πτώση στην παραγωγή του Τέξας λόγω κακών καιρικών συνθηκών. Το Ισραήλ το 1967, τροφοδοτούσε το 11% της παγκόσμιας παραγωγής, αλλά μέχρι το 1970 η παραγωγή είχε αυξηθεί κατά 300%. Το 1980, η Φλόριντα εξήγαγε περίπου 10 εκατομμύρια κούτες, κάνοντας το βοτρυόκαρπο το πολυτιμότερο εξαγωγίμο προϊόν της πολιτείας. Η Ιαπωνία είναι ο κυριότερος εισαγωγέας. Άλλες χώρες που μπήκαν στην καλλιέργεια του βοτρυόκαρπου είναι το Μεξικό, η Αργεντινή, η Κύπρος, το Μαρόκο και μερικές περιοχές της νότιας Αμερικής που παράγουν όμως μόνο για τοπική κατανάλωση(<http://www.hort.purdue.edu/>).

2.2.3 Ποικιλίες

Οι πιο σημαντικές από τις παλιές και τις νεότερες ποικιλίες είναι:

“Duncan” - τα αρχικά δέντρα ήταν πανομοιότυπα σπορόφυτα που αναπτύχθηκαν σε ένα οπωρώνα στη Φλόριντα. Η αναπαραγωγή ξεκίνησε το 1892 από τον A. L. Duncan. Ο καρπός είναι σφαιρικός ή ελάχιστα ελλειψοειδής, μεγάλου μεγέθους, με 9 - 12,5 εκ. πλάτος. Το περικάρπιο είναι πολύ ανοιχτού κίτρινου χρώματος, με μεγάλους ελαιοφόρους αδένες, μετρίου πάχους και πολύ αρωματικός. Η σάρκα είναι χωρισμένη σε 12-14 καρπόφυλλα με μεσαίας σκληρότητας μεμβρανώδη τοιχώματα, πολύ χυμώδης, με ωραίο άρωμα και σπόρους μεσαίου ως μεγάλου μεγέθους 30-50 στον αριθμό. Είναι πρώιμη έως μεσοπρώιμη ποικιλία, πολύ ανθεκτική στους παγετούς.

“Foster” (Foster Pink Flesh) - ανακαλύφθηκε το 1906 από τον M. B. Foster στη Φλόριντα. Ο καρπός είναι ελλειψοειδής έως σφαιρικός, μεσαίου έως μεγάλου μεγέθους, με μέσο όρο 9,5 εκ. πλάτος. Το περικάρπιο είναι κίτρινου χρώματος με ροζ επίχρισμα, λείο αλλά με μεγάλους, εμφανείς ελαιοφόρους αδένες. Έχει ροζ χρώματος μεσοκάρπιο, σάρκα χρώματος ροζ στο κέντρο, χωρισμένη σε 13 ή 14 καρπόφυλλα με ροζ χρώματος τοιχώματα. Έχει μαλακή υφή, είναι χυμώδης και καλής ποιότητας, όμως έχει μεγάλο αριθμό σπόρων, έως 50 ή και περισσότερους, μεσαίου μεγέθους. Θεωρείται μεσοπρώιμη έως πρώιμη ποικιλία. Δεν είναι πολύ διαδεδομένη.

“Rio Red” - είναι μία σχετικά νέα ποικιλία που ανακαλύφθηκε το 1976 στο Τέξας και άρχισε να καλλιεργείται το 1984. Έχει μεγάλα αρωματικά άνθη και γλυκούς καρπούς (Εικ. 3). Οι καρποί της έχουν ελάχιστα ή καθόλου σπέρματα, είναι πιο εύγευστοι από αυτούς της Ruby Red. Το χρώμα των καρπών είναι ιδιαίτερα κόκκινο εσωτερικά και διατηρείται καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Επίσης εξωτερικά ο καρπός έχει ελαφρύ κόκκινο επίχρισμα. Το δέντρο είναι πολύ ζωντανό, ανθεκτικότερο της ποικιλίας Star Ruby και εμφανίζει μεγάλη αντοχή στο ψύχος.



Εικόνα 3: Δέντρο βοτρυόκαρπου ποικιλίας Rio Red με άνθη, νεοσχηματισμένους και ώριμους καρπούς.

“Marsh” (“Marsh Seedless”) - αναπαράχθηκε στη Φλόριντα από τον C. M. Marsh το 1862 λόγω της ασηπείας των καρπών της. Ο καρπός της ελλειψοειδής έως σφαιρικός, μεσαίου μεγέθους, με πλάτος 9-12 εκ. Το περικάρπιο είναι ανοιχτού κίτρινου χρώματος, πολύ λείο, με μεσαίου μεγέθους ελαιοφόρους αδένες, ελαφρά αρωματισμένο. Η σάρκα είναι χωρισμένη σε 12-14 καρπόφυλλα, με λεπτές μεμβράνες, πολύ μαλακής υφής, εξαιρετικά χυμώδης και γευστική. Οι σπόροι απουσιάζουν ή είναι 3-8 στον αριθμό, μεσαίου μεγέθους. Είναι μεσαίας πρωιμότητας έως όψιμη ποικιλία και οι καρποί διατηρούνται καλά πάνω στο δέντρο καθώς και μετά τη συγκομιδή. Είναι η κυριότερη καλλιεργούμενη ποικιλία σε πολλές περιοχές του κόσμου.

“Red blush” (περιλαμβάνει τις “Ruby”, “Ruby Red”, “Shary Red”, “Curry Red”, “Fawcett Red”, “Red Radiance”, και “Webb”) - με καταγωγή το Τέξας όπου ήταν τυχαία μετάλλαξη από δέντρα ποικιλίας “Thomson”. Είναι άσπερμη παρόμοια με την ποικιλία “Thomson” αλλά οι καρποί έχουν πιο κόκκινο χρώμα. Οι βοτρυόκαρποι ποικιλίας “Red blush” φυτεύτηκαν εκτεταμένα στη Φλόριντα τις περασμένες δεκαετίες, όμως ο χυμός τους δεν είναι κατάλληλος για κονσερβοποίηση καθώς μαυρίζει με το πέρασμα του χρόνου. Στην ίδια κατηγορία πιθανώς ανήκει και η “Burgundy”. Το περικάρπιο της δεν έχει επίχρισμα αλλά η σάρκα έχει βαθύ κόκκινο χρώμα καθ’ όλη τη διάρκεια του χρόνου. Η “Ray Ruby” και η παρόμοιά της, αν όχι πανομοιότυπη “Henderson”, είναι τυχαίες μεταλλάξεις από το Τέξας που

εισήχθησαν στη Φλόριντα τη δεκαετία του '70. Το περικάρπιο τους είναι πιο κόκκινου χρώματος από της “Ruby Red” και η σάρκα τους είναι κόκκινη, όχι όμως τόσο έντονα όσο στη “Star Ruby”, καθ’ όλη τη διάρκεια του έτους.

“**Star Ruby**” - μία μετάλλαξη η οποία φέρει καρπούς με κόκκινο επίχρισμα, η οποία παρατηρήθηκε στο Τέξας τη δεκαετία του '30. Αναπαράχθηκε από τον C. E. Hudson σαν “Hudson Red”, αλλά λόγω του μεγάλου αριθμού σπόρων (40-60) δεν υιοθετήθηκε η εμπορική της καλλιέργεια. Οι σπόροι της ακτινοβολήθηκαν στο Texas A&M Citrus Center το 1959. Τα σπορόφυτα ενός από αυτούς τους ακτινοβολημένους σπόρους ονομάστηκαν “Star Ruby” και εισήχθησαν στην παραγωγή το 1971 από τον Richard Hensz στο Πανεπιστήμιο Texas A&M. Πολλές χιλιάδες δέντρα φυτεύτηκαν στο Τέξας. Το λιγότερο 65.000 εμβολιασμένα δένδρα εισήχθησαν στη Φλόριντα το 1971 λόγω εμπορικού ενδιαφέροντος, χωρίς τις απαραίτητες διαβεβαιώσεις και άδειες. Μετά από έρευνα στο Τέξας, ανακαλύφθηκε η ευαισθησία τους στη



Εικόνα 4: Ώριμος βοτρυόκαρπος ποικιλίας Star Ruby στο δέντρο.

Phytophthora που προκαλεί σηψιρριζίες και άλλες ασθένειες. Η Πολιτεία της Φλόριντα, διέταξε την καταστροφή όλων των παράνομα εισαχθέντων δενδρυλλίων. Περίπου 25.000 καταστράφηκαν οικειοθελώς από τους ιδιοκτήτες και λόγω δικαστικών διαμαχών, τα δέντρα μπήκαν σε καραντίνα. Στη συνέχεια εντοπίστηκε ο ιός της δακτυλιωτής κηλίδωσης σε ένα από τα εισαγόμενα δέντρα, το οποίο είχε χρησιμοποιηθεί για παραγωγή εμβολίων. Όλα τα προσβεβλημένα δέντρα στο φυτώριο καταστράφηκαν. Το 1977, περίπου 200.000 εμβόλια της ποικιλίας “Star Ruby”, τα οποία ήταν

πιστοποιημένα και απαλλαγμένα από ασθένειες, δόθηκαν στους παραγωγούς. Τους δόθηκε η οδηγία να γίνονται λελογισμένες φυτεύσεις μέχρι να γίνουν γνωστές οι ιδιότητες καρποφορίας της ποικιλίας. Το δέντρο, τείνει να γίνεται πιο χλωρωτικό από το “Ruby Red” όταν καίγεται από τον ήλιο και δεν αντέχει την ξηρασία ή μεγάλες δόσεις φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων, ενώ είναι επίσης ευαίσθητο στις ακραίες καιρικές συνθήκες.

Η ποικιλία “Star Ruby” έχει κίτρινου χρώματος φλοιό, με χαρακτηριστικό ερυθρό επίχρισμα και έντονα κόκκινη σάρκα και χυμό(Εικ. 4). Είναι τρεις φορές πιο

έντονα χρωματισμένο από το “Ruby Red”. Αν και το χρώμα μειώνεται με την ωριμότητα, παραμένει καθ’ όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο χυμός είναι πιο πηχτός από αυτόν της “Ruby Red” και έχει περισσότερη ζάχαρη και περισσότερα οξέα. Επίσης δεν υπάρχουν συνήθως σπόροι ή αυτοί είναι κάτω από εννιά. Το χρώμα επηρεάζεται λίγο από τη θέρμανση κατά την παστερίωση αλλά είναι αρκετό ώστε το προϊόν να αναμιχθεί με λευκούς ή ροζ χυμούς βοτρυόκαρπων ώστε να έχει μία καλή όψη για τον καταναλωτή.

“**Thomson**” (**Pink Marsh**) - παρήχθη στη Φλόριντα, από ένα κλαδί ενός δέντρου ποικιλίας “Marsh” το οποίο έβγαζε άσπερμους, ροζ χρώματος καρπούς. Οι καρποί της είναι ελλειψοειδείς έως σφαιρικοί, μετρίου μεγέθους, πλάτους 7 - 9,5 εκ. Το περικάρπιο είναι ανοιχτού κίτρινου χρώματος, λείο, με μικρούς, δυσδιάκριτους ελαιοφόρους αδένες, ανεπαίσθητα αρωματικούς. Η σάρκα είναι ανοιχτόχρωμη, με ροζ περιοχές κοντά στο κέντρο και 12-14 καρπόφυλλα με άχρωμο χυμό και λίγους σπόρους, συνήθως 3 έως 5. Το χρώμα της σάρκας είναι πιο έντονο τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο ενώ μέχρι τον Απρίλιο έχει εξασθενήσει (<http://www.hort.purdue.edu/>).



Εικόνα 5: Κοκκινόσαρκοι βοτρυόκαρποι

2.2.4 Κλίμα

Ο βοτρυόκαρπος αναπτύσσεται καλά σε ζεστά υποτροπικά κλίματα. Οι θερμοκρασιακές διαφορές των εποχών επηρεάζουν τη διάρκεια από την άνθηση έως την ωρίμανση των καρπών. Η υγρασία επιδρά στη λεπτότητα του περικαρπίου, καθώς σε ξηρά κλίματα είναι πιο χοντρή και άγριας υφής και το ποσοστό χυμού είναι μικρότερο. Οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα επίσης έχουν ως αποτέλεσμα πιο χοντρό περικάρπιο την επόμενη χρονιά, αλλά επιδρούν και στο σχήμα των καρπών. Η ιδανική βροχόπτωση είναι 90-110 εκατοστά το χρόνο, κατά το δυνατόν ομαλά κατανεμημένη.

2.2.5 Έδαφος

Ο βοτρυόκαρπος καλλιεργείται σε ένα εύρος εδαφών, από ελαφρά όξινα αμμώδη εδάφη στη Φλόριντα μέχρι αλκαλικά εδάφη στην Καλιφόρνια, την Αριζόνα και το Τέξας. Στο Σουρινάμ καλλιεργείται σε πηλώδη εδάφη. Η επιτυχημένη ωστόσο καλλιέργεια του βοτρυόκαρπου εξαρτάται κυρίως από την επιλογή των υποκειμένων που είναι καλύτερα προσαρμοσμένα σε κάθε τύπο εδάφους. Η αλατότητα του εδάφους και του νερού άρδευσης εμποδίζουν την πρόσληψη νερού από το ριζικό σύστημα και μειώνουν την παραγωγή, όπως και σε όλα τα εσπεριδοειδή.

2.2.6 Πολλαπλασιασμός

Κατά τα πρώτα χρόνια τη καλλιέργειας του βοτρυόκαρπου, τα κυρίως χρησιμοποιούμενα υποκείμενα ήταν η νεραντζιά και η άγρια λεμονιά. Το 1946, το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ, μαζί με κάποια ιδρύματα, έκανε πειράματα για τη μελέτη διαφόρων υποκειμένων για το βοτρυόκαρπο. Από τα 13 υποκείμενα που χρησιμοποιήθηκαν, τα Citrange Swingle, citrumelo, Morton και Troyer είχαν την καλύτερη παραγωγή από άποψη μεγέθους καρπού. Η άγρια λεμονιά και η τρίφυλλη πορτοκαλιά Cristian παρουσίασαν μειωμένη οξύτητα. Το Swingle χρησιμοποιήθηκε εκτενώς μετά το 1974, λόγω της ανθεκτικότητας του στο *exocortis xyloporosis* και στην τριστέτσα, καθώς και στους νηματώδεις του λαιμού των εσπεριδοειδών. Επίσης εμφάνισε χαμηλή προσρόφηση αλάτων και ικανότητα για μεγάλες παραγωγές. Σήμερα είναι το τρίτο σε χρήση μετά το citrange Troyer και τη νεραντζιά.



Εικόνα 6: Δενδρύλλιο βοτρυόκαρπου ποικιλίας Star Ruby

2.2.7 Καλλιέργεια

Γενικά, η καλλιέργεια του βοτρυόκαρπου είναι παρόμοια με της πορτοκαλιάς, εκτός του ότι χρειάζεται μεγαλύτερο χώρο για να αναπτυχθεί.

Πειράματα σχετικά με τη θρέψη έχουν δείξει ότι μεγάλες ποσότητες αζώτου έχουν ως αποτέλεσμα παραμορφωμένους καρπούς, τραχεία υφή και λιγότερο χυμό. Η έλλειψη ορισμένων στοιχείων πολλές φορές εκλαμβάνεται λανθασμένα ως ασθένεια. Το εξάνθημα είναι μία περίπτωση λόγω έλλειψης σιδήρου και κηλίδες στα φύλλα προέρχονται από την έλλειψη ψευδαργύρου.

2.2.8 Συγκομιδή και Μεταχείριση

Οι βοτρυόκαρποι παλαιότερα συλλέγονταν με σκαρφάωμα στα δέντρα ή με τη χρήση ειδικών γάντζων συλλογής. Σήμερα, οι καρποί στα χαμηλά κλαδιά συλλέγονται με το χέρι από το έδαφος, ενώ οι υπόλοιποι που βρίσκονται ψηλότερα συλλέγονται από εργάτες με σκάλες, οι οποίοι κόβουν τους καρπούς με μίσχους όπως

πρέπει (Εικ. 7). Η Καλιφόρνια άρχισε να προωθεί ένα είδος τροποποιημένου δονητή βραχιόνων ελιάς για τη συλλογή, το 1972. Οι μηχανές δουλεύουν ανά δύο και συλλέγουν από τις δύο πλευρές του κάθε δέντρου (Εικ. 8). Τα δέντρα πρέπει να κλαδεύονται για να απομακρύνονται τα νεκρά κλαδιά και να είναι εμφανείς οι βραχίονες. Τα κατώτερα κλαδιά πρέπει να αφαιρούνται, ώστε να υπάρχει μια απόσταση 75 εκ. από το έδαφος για το μηχάνημα συλλογής. Η μηχανική συλλογή προκαλεί επιδερμικές βλάβες στους καρπούς. Μία ομάδα τριών εργατών με μηχανές μπορεί να συλλέξει 3400-4300 kg την ώρα σε σύγκριση με τα περίπου 1000 kg ανά ώρα για τρεις εργάτες με τα χέρια. Οι βλαστοί απομακρύνονται από τους καρπούς πριν τη συσκευασία για την αποφυγή τραυματισμών.



Εικόνα 7: Συλλογή βοτρυόκαρπων με το χέρι

Οι καρποί μπορούν να συλλεχθούν μέχρι και τα τέλη Μαΐου όταν αρχίζουν να πέφτουν και οι σπόροι βλαστάνουν μέσα στο φρούτο. Η μόνη αρνητική επίδραση της όψιμης συλλογής είναι η μείωση στην παραγωγή της επόμενης χρονιάς. Έχει βρεθεί ότι τυχαία συλλογή από διάφορα σημεία του δέντρου εξουδετερώνει αυτήν την αρνητική συνέπεια. Η πτώση των καρπών μπορεί να καθυστερήσει με ψεκασμό ενός συνδυασμού γιβερελλικού οξέος και 2,4-D. Καθένα από τα παραπάνω είτε και τα δύο μαζί μειώνουν τη βλαστικότητα των σπόρων. Η βλάστηση μπορεί να αποφευχθεί μέχρι και για 11 εβδομάδες με αποθήκευση στους 10°C.

Μετά την ωρίμανση, οι καρποί μπορούν να «αποθηκευτούν» στο δέντρο, αυξάνοντας έτσι σε μέγεθος και επιμηκύνοντας την περίοδο εμπορευσιμότητάς τους.

Νωρίς κατά την καλλιεργητική περίοδο, όταν οι καρποί είναι ώριμοι αλλά όχι τελείως χρωματισμένοι, συχνά, αποπρασινίζονται με τη χρήση αέριου αιθυλενίου. Ο βοτρυόκαρπος, είναι γνωστός για τη διατηρησιμότητά του, και με τις σύγχρονες πρακτικές χρήσης μυκητοκτόνων σε ήδη συλλεγμένους καρπούς έχουν μειωθεί κατά πολύ οι απώλειες. Το ποσοστό απωλειών σε αποθήκες της Νέας Υόρκης το 1983 ήταν 1,4% (κυρίως λόγω μυκήτων), ενώ το 1960 υπολογίζονται σε 13% (<http://www.hort.purdue.edu/>).



Εικόνα 8: Μηχανική συλλογή βοτρυόκαρπων στη Φλόριντα

2.2.9 Διατήρηση ποιότητας

Ο βοτρυόκαρπος συντηρείται καλά στους 18°C ή και υψηλότερα και για δύο έως τρεις εβδομάδες στο συρτάρι των φρούτων στα οικιακά ψυγεία. Το πρώτο δείγμα υποβάθμισης της ποιότητας είναι η αφυδάτωση και η κατάρρευση του μίσχου. Για να επιβραδυνθεί η απώλεια νερού, οι καρποί πλένονται και κερώνονται όσο πιο γρήγορα γίνεται μετά τη συγκομιδή και στην συνέχεια τοποθετούνται σε κούτες και στέλνονται στην κατανάλωση (Εικ. 9) είτε αποθηκεύονται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Κατά τη διατήρηση για μεγάλο χρονικό διάστημα, οι βοτρυόκαρποι είναι ευπαθείς στις βλάβες λόγω χαμηλών θερμοκρασιών (Chilling injury - CI), σε θερμοκρασίες κάτω των 10°C. Οι βλάβες αυτές εκφράζονται εξωτερικά στο περικάρπιο των καρπών με τη μορφή βαθουλωμένων κηλίδων. Το ποσοστό της βλάβης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες και έχει βρεθεί ότι οι καρποί από το εξωτερικό του δέντρου είναι πιο ευπαθείς απ' αυτούς που προστατεύονταν από το φύλλωμα. Καλύτερη διατήρηση επιτυγχάνεται με τη χρήση προσυλλεκτικών

ορμονών αύξησης που μειώνουν την ευπάθεια, καθώς επίσης και με υγρασία σε ποσοστό 100% κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Εγκλιματισμός στους 16°C για 7 μέρες πριν την αποθήκευση στον 1°C, μειώνει τις βλάβες. Η σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας κατά τον εγκλιματισμό είναι επίσης ευνοϊκή, καθώς και το κλείσιμο των καρπών σε σακούλες πολυαιθυλενίου πριν την ψύξη. Στο Ισραήλ, έχει βρεθεί ότι το κέρωμα με ένα μίγμα που περιέχει μυκητοκτόνο και η διατήρηση των συσκευασμένων καρπών για έξι μέρες στους 17°C, παρέχουν καλή προστασία από τις βλάβες λόγω χαμηλών θερμοκρασιών και τη σήψη κατά την αποθήκευση.



Εικόνα 9: Βοτρυόκαρποι σε συσκευασία προς πώληση στην Πολιτεία της Φλόριντα.

2.2.10 Εχθροί και Ασθένειες

Ο βοτρυόκαρπος προσβάλλεται από παρόμοιους εχθρούς με αυτούς της πορτοκαλιάς, συμπεριλαμβανομένων της μύγας της Μεσογείου και της Καραϊβικής. Η απαγόρευση του υποκαπνισμού με διβρομίδιο το αιθυλενίου (ethylene dibromide) έκανε τη χρήση χαμηλών θερμοκρασιών την εναλλακτική λύση για την απεντόμωση των φορτίων. Η μεταχείριση με χαμηλές θερμοκρασίες κοστίζει πέντε φορές περισσότερο από τον υποκαπνισμό με διβρομίδιο το αιθυλενίου. Το μεθυλικό βρομίδιο (methyl bromide) προτείνεται σαν υποκαπνιστικό αλλά η διαθεσιμότητά του στο μέλλον είναι μάλλον απίθανη.

Επιπρόσθετα της μεταχείρισης με χαμηλές θερμοκρασίες, η ακτινοβόληση μελετάται ως μέθοδος απολύμανσης. Παρόλα αυτά δεν έχει δοθεί ακόμα άδεια για χρήση στα εσπεριδοειδή. Έκθεση πρώιμων καρπών σε 60 και 90 Krd (kilorad - μονάδα απορροφηθείσας ακτινοβολίας) προκαλεί εγκαύματα και κατάρρευση του περικαρπίου μετά από 28 ημέρες αποθήκευσης, και στιγμάτωση κυρίως στους μεσοπρώιμους και όψιμους καρπούς. Ελάχιστη βλάβη παρατηρείται μετά από έκθεση στα 7,5, 15 και 30 Krd (<http://www.hort.purdue.edu/>).

2.2.11 Χρήσεις του βοτρυόκαρπου

Σαν σχετικά νέο είδος τροφής, ο βοτρυόκαρπος έκανε τα τελευταία χρόνια μεγάλες προόδους. Τη δεκαετία του 1970, η κατανάλωση του βοτρυόκαρπου, αυξήθηκε για μία περίοδο λόγω της πολυδιαφημισμένης «δίαιτας του γκρέιπφρουτ», σύμφωνα με την οποία δυνατόν να χάσει κάποιος 4,5 kg σε 10 ημέρες και το αδυνάτισμα συνεχιζόταν σταδιακά.

Ο βοτρυόκαρπος είναι καρπός που καταναλώνεται κυρίως για πρωινό. Καρποί που έχουν διατηρηθεί σε χαμηλή θερμοκρασία, κομμένοι στη μέση, τρώγονται με κουτάλι. Πολλές φορές για γλύκανση χρησιμοποιείται ζάχαρη ή λίγο μέλι. Σαν ορεκτικό πριν το γεύμα, κομμάτια σάρκας του βοτρυόκαρπου μπορούν, αφού γλυκανθούν τεχνητά, να ψηθούν ελαφρά και να σερβιριστούν ζεστά. Ολόκληρα καρπόφυλλα χρησιμοποιούνται σε φρουτοσαλάτες, τάρτες και άλλα γλυκά. Επίσης κονσερβοποιούνται και μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή μαρμελάδας ή ζελέ.

Το περικόρπιο του βοτρυόκαρπου χρησιμοποιείται για την παρασκευή γλυκών του κουταλιού και είναι μία σημαντική πηγή πηκτίνης για την διατήρηση άλλων φρούτων. Το έλαιο που περιέχεται στο περικόρπιο, εξάγεται με πίεση και απόσταξη και χρησιμοποιείται στη βιομηχανία αναψυκτικών ως άρωμα. Το κύριο συστατικό του εξωτερικού περικόρπιου είναι η νουκατόνη. Εκχύλισμα νουκατόνης, προστιθέμενο σε χυμό βοτρυόκαρπου σε σκόνη, βελτιώνει τη γεύση του χυμού που παράγεται μετά την αραιώση με νερό. Η ναρινγκίνη που εξάγεται από το μεσοκόρπιο (albedo), χρησιμοποιείται σαν πικραντικό σε αναψυκτικά τύπου «τόνικ», στη μαύρη σοκολάτα, στα παγωτά και τις γρανίτες. Μετατρέπεται χημικά σε γλυκαντικό το οποίο είναι 1500 φορές πιο γλυκό από τη ζάχαρη. Μετά την εξαγωγή της ναρινγκίνης, το μεσοκόρπιο μπορεί να επανεπεξεργαστεί για την εξαγωγή πηκτίνης.

Το έλαιο που εξάγεται από τους σπόρους του βοτρυόκαρπου είναι σκουρόχρωμο και υπερβολικά πικρό αλλά, λευκαίνεται και ραφινάρεται, παίρνοντας είναι ανοιχτοκίτρινο χρώμα, απαλό, με παρόμοια γεύση με αυτή του ελαιόλαδου και με παρόμοιες χρήσεις. Λόγω του γεγονότος ότι περιέχει κύρια ακόρεστα λιπαρά, η παραγωγή του έχει αυξηθεί πάρα πολύ από το 1960.

Η διατροφική αξία του βοτρυόκαρπου σύμφωνα με αναλύσεις που έγιναν σε διάφορες χώρες του κόσμου φαίνεται στον Πίνακα 3 (<http://www.hort.purdue.edu/>).

Πίνακας 3. Διατροφική αξία ανά 100g σάρκας, χυμού και περικάρπιου βοτρυόκαρπου

Διατροφική αξία ανά 100g *	Σάρκα (νωπή)	Χυμός (νωπός)	Περίκαρπιο (σε ζάχαρη) **
Θερμίδες	34,4-46,4	37-42	316
Υγρασία	87,5-91,3g	89,2-90,4g	17,4g
Πρωτεΐνη	0,5-1g	0,4-0,5g	0,4g
Λίπος	0,06-0,2g	0,1g	0,3g
Υδρογονάνθρακες	8,07-11,5g	8,8-10,2g	80,6g
Ίνες	0,14-0,77g	Ίχνη	2,3g
Τέφρα	0,29-0,52g	0,2-0,3g	1,3g
Ασβέστιο	9,2-32,0mg	9,0mg	
Σίδηρος	0,24-0,70mg	0,2mg	
Κάλιο	135mg	162mg	
Βιταμίνη Α			
• (Λευκός βοτρυόκαρπος)	10 I.U.	10 I.U.	
• (Κόκκινος/Ροζ βοτρυόκαρπος)	440 I.U.	440 I.U.	
Θειαμίνη	0,04-0,057mg	0,04mg	
Ριβοφλαβίνη	0,01-0,02mg	0,02mg	
Νιασίνη	0,157-0,29mg	0,2mg	
Ασκορβικό Οξύ	36-49,8mg	36-40mg	
Τρυπτοφάνη	2mg		
Μεθειονίνη	0-1mg		
Λυσίνη	12-14mg		

* Σύμφωνα με αναλύσεις που έγιναν στην Καλιφόρνια, το Τέξας, τη Φλόριντα, την Κούβα και την Κεντρική Αμερική. ** Έλαιο από το περικάρπιο: 90% λιμονίνη.

2.2.12 Άλλες Χρήσεις

Απόβλητα εργοστασίων: Τα απόβλητα από τις μονάδες συλλογής και συσκευασίας βοτρυόκαρπων μετατρέπονται σε μελάσα για ζωοτροφή.

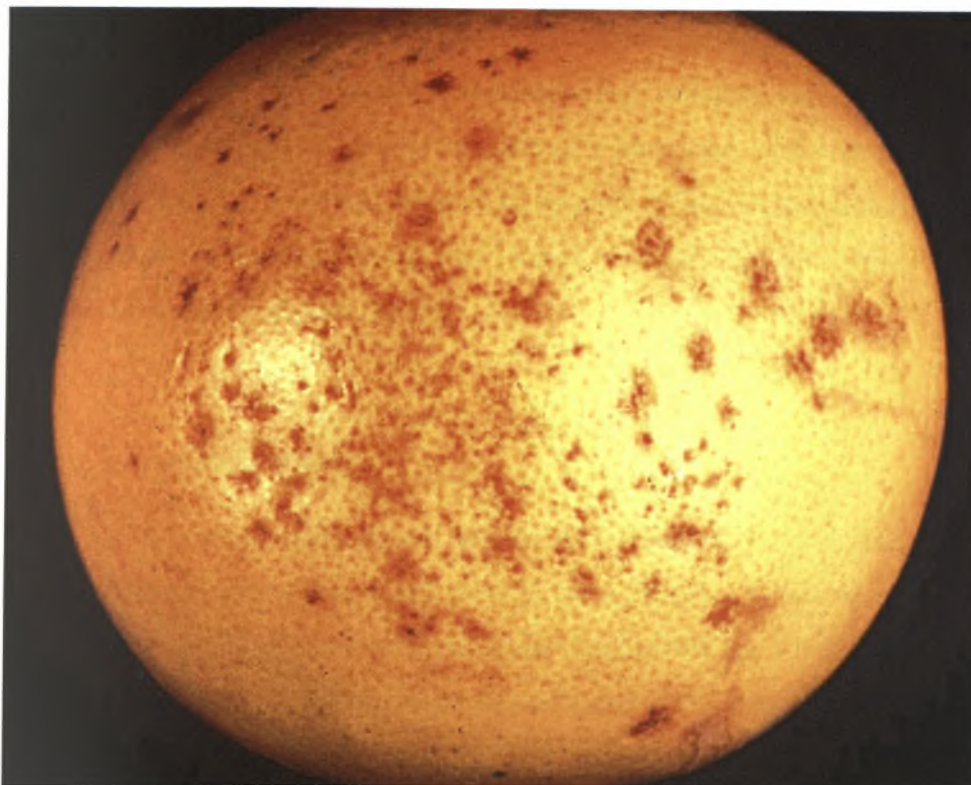
Τσόφλι σπόρων: Μετά την εξαγωγή του ελαίου, τα τσόφλια των σπόρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για βελτίωση εδαφών, ή σε συνδυασμό με αποξηραμένο πολτό βοτρυόκαρπου σαν ζωοτροφή. Πρέπει να προηγηθεί μία αφαίρεση της τοξικότητας πριν τη χορήγηση σαν ζωοτροφή σε χοιρινά ή πουλερικά.

Φαρμακευτικές χρήσεις: Ένα αιθέριο έλαιο που παρασκευάζεται από τα άνθη χορηγείται για την καταπολέμηση της αϋπνίας, καθώς και σαν τονωτικό για το στομάχι και την καρδιά. Ο πολτός θεωρείται ότι δρα ευεργετικά στη θεραπεία ουρολογικών προβλημάτων. Το έλαιο που εξάγεται από τα φύλλα έχει δείξει αντιβιοτική δράση (<http://www.hort.purdue.edu>).

2.3 Βλάβες λόγω χαμηλών θερμοκρασιών (Chilling injury)

Οι βλάβες λόγω χαμηλών θερμοκρασιών είναι κυρίως διαταραχές που συμβαίνουν σε καρπούς τροπικής ή υποτροπικής προέλευσης, παρόλο που ορισμένες φυσιολογικές διαταραχές εμφανίζονται και σε καρπούς που παράγονται σε εύκρατα κλίματα μόνο όταν αποθηκεύονται σε χαμηλές θερμοκρασίες για μακρό χρονικό διάστημα. Οι βλάβες λόγω χαμηλών θερμοκρασιών δεν είναι το ίδιο με το freezing injury, το οποίο είναι αποτέλεσμα της ζημιάς που προέρχεται από τους παγοκρυστάλλους που σχηματίζονται στους ιστούς όταν οι καρποί αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες κάτω από τη σημείο πήξης τους. Η ελάχιστη ασφαλής θερμοκρασία για τους ευαίσθητους στις χαμηλές θερμοκρασίες καρπούς είναι πάντα πάνω από το σημείο πήξης τους. Η κρίσιμη θερμοκρασία για την αποφυγή βλαβών λόγω χαμηλών θερμοκρασιών εξαρτάται από το προϊόν, γενικά όμως συμβαίνει όταν τα γεωργικά προϊόντα αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 10°-13°C. Συνεπώς, προϊόντα τα οποία είναι ευπαθή στο chilling injury συχνά έχουν μικρή διάρκεια ζωής καθώς δεν μπορούν να αποθηκευτούν σε χαμηλές θερμοκρασίες ώστε να καθυστερήσει η φυσιολογική τους υποβάθμιση και η ανάπτυξη των παθογόνων ή για απεντόμωση. Οι βλάβες λόγω χαμηλών θερμοκρασιών μπορεί να συμβούν στον αγρό, κατά τη μεταφορά ή τη διανομή, κατά την πώληση ή και στα οικιακά ψυγεία. Τα

αποτελέσματα μικρών περιόδων χαμηλών θερμοκρασιών μπορεί να δρουν σωρευτικά σε μερικά προϊόντα.



Εικόνα 10: Τυπικές βλάβες στο περικάρπιο βοτρυόκαρπου λόγω χαμηλών θερμοκρασιών (Chilling injury)

Η κύρια αιτία των βλαβών λόγω χαμηλών θερμοκρασιών πιστεύεται ότι είναι οι βλάβες στις μεμβράνες των κυττάρων του φυτού. Οι βλάβες στις μεμβράνες προκαλούν μία σειρά δευτερογενών αντιδράσεων, οι οποίες μπορεί να είναι η παραγωγή αιθυλενίου, η συγκέντρωση τοξικών ενώσεων όπως η αιθανόλη και η ακεταλδεΰδη καθώς και αλλαγή στην κυτταρική δομή. Καθώς η δομή των φυτών διαφέρει τόσο στην ευπάθεια στις βλάβες όσο και στη δυνατότητα να επιδιορθώνονται αυτές οι μεμβράνες, τα συμπτώματα διαφέρουν πολύ μεταξύ των καρπών. Το chilling injury είναι πρόβλημα που προκαλείται ως συνιστώσα του χρόνου και της θερμοκρασίας. Αν το προϊόν αποθηκευτεί κάτω από την κρίσιμη θερμοκρασία για μικρές περιόδους, το φυτό μπορεί να επιδιορθώσει τη βλάβη. Αν η έκθεση είναι μεγαλύτερης διάρκειας, τότε συμβαίνουν μη αναστρέψιμες βλάβες και σαν αποτέλεσμα έχουν εμφανή πολλές φορές αποτελέσματα (Εικ. 10). Η βλάβη συμβαίνει ταχύτερα ή είναι πιο σοβαρή, όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία κάτω από το όριο ευπάθειας του κάθε είδους. Η επισήμανση και η διάγνωση είναι αρκετές

φορές δύσκολη, καθώς τα προϊόντα μπορεί να φαίνονται υγιή όταν απομακρύνονται από τη χαμηλή θερμοκρασία, αλλά τα συμπτώματα είναι πιθανόν να φανούν όταν τα προϊόντα τοποθετούνται σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Τα συμπτώματα τα οποία εμφανίζονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες μπορεί να εμφανιστούν σχεδόν κατευθείαν ή μπορεί να χρειαστούν κάποιες μέρες για να αναπτυχθούν. Επίσης, τα συμπτώματα ίσως δεν είναι εμφανή εξωτερικά. Τέλος, οι κλιματικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου επηρεάζουν την ευαισθησία των προϊόντων στο chilling injury (Kader, 2002)

2.4 Αντιοξειδωτικά

Τα εσπεριδοειδή, έχουν υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα, με ευεργετικά αποτελέσματα στην υγεία. Είναι γνωστό ότι η βιταμίνη C και τα καροτενοειδή είναι άφθονα σε πολλά εσπεριδοειδή και δρουν ευεργετικά για τον ανθρώπινο οργανισμό. Τα τελευταία χρόνια, περισσότερη έμφαση έχει δοθεί στα φαινολικά συστατικά και πολλοί επιστήμονες έχουν τονίσει την πιθανό ρόλο τους στην αντιοξειδωτική ικανότητα των εσπεριδοειδών. Τα διατροφικά φαινολικά συστατικά των εσπεριδοειδών περιλαμβάνουν τα φλαβονοειδή και τα φαινολικά οξέα (Xu et al., 2001).

Σύμφωνα με επιδημιολογικές αποδείξεις από έρευνες των Ames et al (1993), η κατανάλωση φρούτων και λαχανικών είχε θετική συσχέτιση με την υγεία. Επιπρόσθετα της πασίγνωστης βιταμίνης C, η βιταμίνη E, τα καροτενοειδή και άλλα μικροσυστατικά συμβάλλουν στην αντιοξειδωτική ικανότητα των φρούτων και των λαχανικών. Τα εκχυλίσματα φαινολών από τα φυτικά μέρη έχουν αντιοξειδωτική δράση και πολλοί επιστήμονες έχουν παρουσιάσει τη σχέση δομής-αντιοξειδωτικής δράσης μεταξύ πολλών από αυτές (Arena et al., 2001).

2.5 Φαινολικά

Τα φαινολικά είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα στο φυτικό βασίλειο. Οι φυτικοί ιστοί μπορεί να περιέχουν μέχρι και μερικά γραμμάρια ανά κιλό. Κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ότι περιέχουν υδροξυλιωμένους αρωματικούς δακτυλίους προσκολλημένους σε μία αρωματική υδρογονομάδα. Εξωτερικοί παράγοντες όπως

μικροβιακές μολύνσεις και καταπόνηση προκαλούν τη σύνθεσή τους. Τα φαινολικά συστατικά δεν έχουν άμεση σχέση με τις κύριες μεταβολικές λειτουργίες των φυτών. Ο ρόλος αυτών των δευτερογενών μεταβλητών είναι η προστασία από εισβολείς και παθογόνα, καθώς και η παροχή αναπαραγωγικού πλεονεκτήματος με προσέλκυση επικονιαστών. Επίσης πιθανόν να προσδίδουν πλεονεκτήματα σε σχέση με τους φυσικούς εχθρούς ως δηλητήρια (Xu et al., 2008).

Οι φαινολικές ενώσεις των εσπεριδοειδών είναι δευτερογενή μεταβολικά προϊόντα που θεωρείται ότι παράγονται σαν αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων του φυτού με το περιβάλλον. Τα φαινολικά προέρχονται από τη φαινυλαλανίνη και απορροφούν φως στα υπεριώδη μήκη. Τα φαινολικά που απαντώνται στα εσπεριδοειδή, περιλαμβάνουν τα φλαβονοειδή, τις ανθοκυανίνες, τις κουμαρίνες και άλλα (Arena et al., 2001).

Τα φλαβονοειδή είναι πιθανό να δρουν ως ενεργοποιητές και ως φυτοαλεξίνες, καθώς δημιουργούνται σαν προστατευτικοί μηχανισμοί στα φυτά μετά από έκθεση σε μικροοργανισμούς. Οι κουμαρίνες δρουν ως φυτοαλεξίνες και έχει αναφερθεί ότι παράγονται σαν αντίδραση στις επιθέσεις παθογόνων στα εσπεριδοειδή. Επίσης, σύμφωνα με έρευνες, πολλά είδη των *Citrus* μπορεί να περιέχουν μία ή περισσότερες ενώσεις στο εσωτερικό του περικαρπίου που βοηθούν στην ανθεκτικότητα των καρπών στα έντομα. Για παράδειγμα η μύγα της Μεσογείου δεν επιβιώνει στα λεμόνια.

Τα φαινολικά ακόμα φαίνεται να έχουν επιθυμητές φαρμακευτικές ιδιότητες. Μερικά έχουν βρεθεί να μειώνουν καρκινικούς όγκους και να επιδεικνύουν αντιικές και αντιμικροβιακές δράσεις.

Πρόσφατα στοιχεία δείχνουν ότι τα φαινολικά ίσως παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση του μεταβολισμού του φυτού. Για παράδειγμα, τα φλαβονοειδή έχουν αποδειχθεί ότι είναι φυσικά παραγόμενοι μεταφορείς αυξίνης. Οι φλαβόνες των εσπεριδοειδών επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα των καρπών και του χυμού, μεταβάλλοντας τη θολότητα του χυμού, όπως η εσπεριδίνη στα λεμόνια και τα πορτοκάλια και στην πικράδα, όπως η ναρινγκίνη στα πουμέλος και στους βοτρυόκαρπους.

Εν κατακλείδι, τα φαινολικά των φυτών παίζουν σημαντικό ρόλο στην υγεία τόσο των φυτών όσο και των ζώων. Παρόλο που πρέπει να γίνει ακόμα βασική έρευνα, είναι πιθανόν ότι πολλές από αυτές τις ουσίες, είτε απομονωμένες είτε σε

συνδυασμό με άλλες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για γεωπονικούς και φαρμακευτικούς σκοπούς (<http://www.ars.usda.gov/>).

2.6 Φυτοορμόνες

Οι φυτοορμόνες είναι ρυθμιστές που παράγονται από τα φυτά οι οποίες σε μικρές συγκεντρώσεις ρυθμίζουν τις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών. Σχηματίζονται σε διάφορους ιστούς ή κύτταρα των φυτών και όχι σε ειδικούς ιστούς (αδένες) όπως συμβαίνει με τις ζωικές ορμόνες. Έχουν περισσότερες της μίας φυσιολογικές δράσεις. Μεταφέρονται και εκδηλώνουν τη δράση τους, τις περισσότερες φορές σε σημείο διαφορετικό από εκείνο της σύνθεσης τους, αλλά είναι δυνατό να δράσουν και στον ιστό που συντίθενται.

Οι φυτοορμόνες διαφέρουν από τις θρεπτικές ουσίες (λίπη, υδατάνθρακες, λευκώματα), καθώς οι τελευταίες υπάρχουν στο φυτό σε πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις και χρησιμοποιούνται για τη δομή του σώματος του φυτού ή για την παραγωγή ενέργειας απαραίτητης για τις φυσιολογικές λειτουργίες. Διαφέρουν ακόμα και από τις βιταμίνες που επίσης βρίσκονται σε μικρές ποσότητες στον οργανισμό των φυτών. Οι βιταμίνες δρουν κυρίως ως συνένζυμα σε διάφορες αντιδράσεις του μεταβολισμού, π.χ. η θειαμίνη είναι σύνδρομος ουσία των απαραίτητων ενζύμων για το μεταβολισμό των ριζών.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι φυτοορμόνες συχνότατα μεταφέρονται και εκδηλώνουν τη δράση τους σε άλλα σημεία του φυτού. Η ιδιότητα τους αυτή αποτελεί ένα παράδειγμα της αλληλεξάρτησης και του συντονισμού που υπάρχει μεταξύ των διάφορων τμημάτων του φυτού (Βογιατζής και Κουκουρικού-Πετρίδου, 2003).

2.7 Αμπισικό οξύ (ABA)

Ανακαλύφθηκε μετά από μελέτες για τα αίτια του ληθάργου των οφθαλμών σε φυλλοβόλα φυτά και της πτώσης των φύλλων. Το 1968, ο Addicott, ονόμασε τις ουσίες που προκαλούσαν την αναστολή της αύξησης, αμπισικό ή αποσκισικό οξύ ή ABA συντομογραφικά (Καράταγλης, 1994).

Το ABA είναι πολύ διαδεδομένο στο φυτικό βασίλειο. Σε μικρά ποσά προκαλεί αποκοπή φύλλων και καρπών, προκαλεί λήθαργο στους οφθαλμούς (ακόμα

και στους κορυφαίους οφθαλμούς), επιμηκύνει το χρόνο ληθάργου στους οφθαλμούς των κονδύλων της πατάτας, αναστέλλει τη βλάστηση των σπερμάτων και τέλος φαίνεται ότι παίζει κάποιο ρόλο στην ανθοφορία. Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι οι αυξίνες, οι γιββερελίνες και οι κυτοκινίνες προκαλούν αύξηση των φυτών, ενώ το ABA επιβράδυνση.

- **Χημική Δομή του ABA**

Το μόριο του αμπσιδικού οξέος είναι τερπενικής προέλευσης και αποτελείται από 15 άτομα άνθρακα, εκ των οποίων το ένα είναι ασύμμετρο. Το ασύμμετρο άτομο και συνεπώς οπτικό κέντρο, φέρει την υδροξυλική ομάδα και την πλευρική αλυσίδα.

Εξαιτίας της ασυμμετρίας παρατηρείται οπτική ισομέρεια με αποτέλεσμα να έχουμε το δεξιόστροφο (+) ABA και το αριστερόστροφο (-) ABA, μορφές που θεωρούνται εξίσου δραστικές. Η βιολογικά ενεργή μορφή του (+) ABA, έχει την cis-διαμόρφωση, ενώ η trans είναι ουσιαστικά λιγότερο ενεργή. Η φυσική μορφή του ABA είναι η βιολογικά ενεργή μορφή του (+) ABA, ενώ τα συνθετικά παρασκευάσματα είναι μίγμα ίσως ποσοτήτων (+) και (-) μορφών.

- **Βιοσύνθεση του ABA**

Στα φυτά σύμφωνα με τις νεότερες απόψεις των ερευνητών η βιοσύνθεση του ABA πραγματοποιείται κατά τους εξής βασικούς τρόπους: α) από το μεβαλονικό οξύ και β) από τη διάσπαση των καροτενοειδών.

- **Φυσιολογική δράση του ABA**

Το ABA ως ορμόνη προκαλεί πολυάριθμες φυσιολογικές μεταβολές, που έχουν αντίκτυπο στην αύξηση των φυτών. Μερικές από αυτές είναι:

A) Αποκοπή των φύλλων

B) Λήθαργος σπερμάτων και οφθαλμών

Γ) Κλείσιμο στομάτων στα φύλλα

Δ) Υδατική πρόσληψη

E) Επίδραση στην ενζυμική δραστηριότητα και σύνθεση

(Καράταγλης, 1994)

2.8 Σκοπός

1^ο Πείραμα

Σκοπός του πειράματος ήταν η μελέτη της εφαρμογής αμπισιικού οξέος (ABA) στη συντηρησιμότητα βοτρυόκαρπων της ερυθρόσαρκης ποικιλίας ‘Rio Red’ σε χαμηλές θερμοκρασίες, όταν αυτοί συγκομίσθηκαν νωρίς την Άνοιξη σε υποτροπική περιοχή της Φλόριντα των ΗΠΑ.

2^ο Πείραμα

Σκοπός του πειράματος ήταν η μελέτη της ευαισθησίας καρπών της ερυθρόσαρκης ποικιλίας ‘Star Ruby’ στις χαμηλές θερμοκρασίες, όταν αυτοί είχαν αναπτυχθεί σε εύκρατο περιβάλλον (πιο δροσερό από όπου συνήθως καλλιεργούνται οι βοτρυόκαρποι, Άρτα), δηλ. έχουν δεχθεί χαμηλές θερμοκρασίες στο χωράφι πριν τη συγκομιδή τους.

3. Υλικά και Μέθοδοι

3.1 Πρώτο πείραμα

Επίδραση των χαμηλών θερμοκρασιών και της συγκέντρωσης του αμπισικού οξέος σε διάφορες ποιοτικές παραμέτρους στο βοτρυόκαρπο.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στα εργαστήρια του Πανεπιστημίου της Φλόριντα, στο Γκέινσβιλ (Gainesville) υπό την επίβλεψη του καθηγητή Jeffrey K. Brecht. Στις 13/4/2006, παρελήφθησαν βοτρυόκαρποι ποικιλίας Rio Red από ερευνητικό σταθμό στο νότιο μέρος της Πολιτείας της Φλόριντα (ζεστή υποτροπική υγρή περιοχή). Μεταφέρθηκαν την ίδια μέρα της συγκομιδής στο εργαστήριο του πανεπιστημίου στο Γκέινσβιλ. Στις 14/4/2006 ξεκίνησε το πείραμα. Έγινε μία δεύτερη διαλογή των χτυπημένων και υπερβολικά μικρών σε μέγεθος καρπών, οι οποίοι δεν ήταν εμπορικοί και το δείγμα μας ήταν δυνατό να παρουσιάζει



Εικόνα 12: Βοτρυόκαρποι μετά το πλύσιμο

απαράδεκτη παραλλακτικότητα. Στη συνέχεια, όλοι οι καρποί πλύθηκαν με νερό βρύσης και ήπιο απορρυπαντικό εμπορίου και στεγνώθηκαν με τη χρήση ανεμιστήρων (Εικόνα 12).

Οι μεταχειρίσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πείραμα αυτό ήταν πέντε, με 60 καρπούς βοτρυόκαρπου ανά μεταχείριση:

Εξωτερικός μάρτυρας: καρποί που δεν εμβαπτίστηκαν σε ABA και διατηρήθηκαν σε ασφαλείς άριστες θερμοκρασίες συντήρησης, 15°C, για το είδος.

Εσωτερικός μάρτυρας: καρποί που δεν εμβαπτίστηκαν σε ABA και διατηρήθηκαν σε χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης, 5°C, για το είδος

Εμβάπτιση ABA 100 μL/L: καρποί που εμβαπτίστηκαν σε 100 μL/L ABA και διατηρήθηκαν σε χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης, 5°C, για το είδος

Εμβάπτιση ABA 200 μL/L: καρποί που εμβαπτίστηκαν σε 200 μL/L ABA και διατηρήθηκαν σε χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης, 5°C, για το είδος

Εμβάπτιση ABA 300 $\mu\text{L/L}$: καρποί που εμβάπτιστηκαν σε 300 $\mu\text{L/L}$ ABA και διατηρήθηκαν σε χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης, 5°C, για το είδος

Παρασκευάστηκε μητρικό διάλυμα ABA συγκέντρωσης 300 $\mu\text{L/L}$ και στη συνέχεια από αυτό με αραιώση παρασκευάστηκαν και οι άλλες δυο συγκεντρώσεις 200 και 100 $\mu\text{L/L}$. Το διάλυμα εμβάπτισης είχε κάθε φορά τελικό όγκο 1000 mL, η εμβάπτιση γινόταν σε κάθε καρπό ξεχωριστά και διαρκούσε περίπου 3-4 δευτερόλεπτα τη φορά. Αμέσως μετά την εμβάπτιση, κάθε καρπός τοποθετούνταν σε πλαστικό δίσκο (Εικ. 13), χωρητικότητας 24 καρπών, ο οποίος τοποθετούνταν αμέσως στο ψυγείο με θερμοκρασία συντήρησης 5°C (Εικ. 14). Αφού τοποθετήθηκαν ετικέτες σε κάθε δίσκο, μετά την πάροδο τριών ωρών και αφού οι καρποί είχαν στεγνώσει, οι δίσκοι σκεπάστηκαν με ειδικό πλαστικό κάλυμμα, για να αποφευχθεί η υψηλή διαπνοή των καρπών, κάτι το οποίο επιταχύνεται από την κυκλοφορία του αέρα που παρατηρείται στα ψυγεία. Οι καρποί έμειναν αποθηκευμένοι στα ψυγεία σε ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας για 3 μήνες.

Κάθε εβδομάδα πραγματοποιούνταν οπτικός έλεγχος των καρπών για τυχόν παρατήρηση κάποιας μεταβολής στην εμφάνιση του περικαρπίου.



Εικόνα 13: Βοτρυόκαρποι τοποθετημένοι σε δίσκο έτοιμοι για τοποθέτηση στο ψυγείο



Εικόνα 14: Βοτρυόκαρποι τοποθετημένοι σε δίσκους στο ψυγείο.

3.2 Δεύτερο Πείραμα

Ώριμοι βοτρυόκαρποι ποικιλίας Star Ruby (*Citrus paradisi* Macf.) συλλέχθηκαν από έναν εμπορικά καλλιεργούμενο αγρό, στον οποίον ακολουθούνταν οι ορθές καλλιεργητικές πρακτικές. Η περιοχή στην οποία βρισκόταν ο αγρός ήταν στο νομό Άρτας, στην Ήπειρο, Δυτική Ελλάδα, μια εύκρατη περιοχή χωρίς συχνούς παγετούς το Χειμώνα και με αρκετή βροχόπτωση ετησίως (περίπου 1000 mm κύρια το Φθινόπωρο και Χειμώνα). Η συλλογή των καρπών έγινε με το χέρι, στα τέλη Νοεμβρίου 2007. Μία μέρα μετά τη συλλογή, οι καρποί πέρασαν από διαδικασία διαλογής στο εργαστήριο Δενδροκομίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, πλύθηκαν με ήπιο απορρυπαντικό και στεγνώθηκαν. Κάθε μεταχείριση αποτελούνταν από 20 καρπούς.

Οι μεταχειρίσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πείραμα αυτό ήταν οι ακόλουθες:

Μάρτυρας: καρποί που μελετήθηκαν τη στιγμή έναρξης του πειράματος (χρονική στιγμή μηδέν)

48 ημέρες συντήρησης: καρποί που διατηρήθηκαν σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες για 48 μέρες. Οι συνθήκες διατήρησης ήταν οι ακόλουθες: 2°C και 90-95% σχετική υγρασία, 6°C και 85-90% σχετική υγρασία, καθώς και σε μία αποθήκη στους 16°C και 40-45% σχετική υγρασία

48 ημέρες συντήρησης και 5 μέρες σε θερμοκρασία δωματίου: καρποί που μετά τη διατήρησή τους στις παραπάνω θερμοκρασίες παρέμειναν και 5 μέρες σε θερμοκρασία δωματίου (22°C και 40-50% σχετική υγρασία)

87 ημέρες συντήρησης: καρποί που διατηρήθηκαν στις τρεις διαφορετικές συνθήκες που αναφέρθηκαν ανωτέρω για 87 μέρες.

87 ημέρες συντήρησης και 5 μέρες σε θερμοκρασία δωματίου: καρποί που μετά τη διατήρησή τους στις παραπάνω θερμοκρασίες παρέμειναν και 5 μέρες σε θερμοκρασία δωματίου (22°C και 40-50% σχετική υγρασία)

Οι παράμετροι ποιότητας που εξετάστηκαν ήταν οι εξής:

1. Ποσοστό ξηρού βάρους περικαρπίου
2. Πάχος περικαρπίου
3. Περιεκτικότητα σε χυμό
4. Διαλυτά στερεά συστατικά (ΔΣΣ)
5. Οξύτητα

6. pH

7. Ολικά αντιοξειδωτικά

8. Ολικά φαινολικά

Αρχικά, κάθε καρπός ζυγίστηκε. Το περικάρπιο όλων των καρπών αφαιρέθηκε και μετρήθηκε το πάχος του με παχύμετρο σε τουλάχιστον 5 σημεία ανά καρπό. Επίσης, το περικάρπιο τους ζυγίστηκε, ξηράνθηκε στους 90°C και ζυγίστηκε ξανά μετά την ξήρανση για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας του σε νερό. Ο χυμός από το εδώδιμο μέρος του καρπού εξάχθηκε με έναν οικιακό αποχυμωτή, ζυγίστηκε και υπολογίστηκε η περιεκτικότητα (%) του καρπού σε χυμό. Τα διαλυτά στερεά του χυμού μετρήθηκαν με ένα διαθλασίμετρο (μοντέλο PAL-1, Atago, Tokyo) και η τιτλοδότηση της οξύτητας έγινε με 0,1N NaOH μέχρι το pH να φτάσει στο 8,2 με τη βοήθεια πεχαμέτρου. Ακολούθησε υπολογισμός της οξύτητας σε % κιτρικό οξύ.

Ο προσδιορισμός των ολικών αντιοξειδωτικών πραγματοποιήθηκε με μια παραλλαγή της μεθόδου των Brands-Williams et al (1995). Αρχικά, 100 μ M DPPH διαλύθηκαν σε μεθανόλη. Τα εκχυλίσματα από τα δείγματα του βοτρυόκαρπου παρασκευάστηκαν ως εξής: 5 g παγωμένου ιστού ομογενοποιήθηκαν με 25 mL μεθανόλη με τη χρήση ενός Polytron. Φυγοκεντρήθηκαν στις 5.000 στροφές το λεπτό για 10 λεπτά. Το υπερκείμενο υγρό αφαιρέθηκε προσεκτικά από τις φιάλες φυγοκέντρησης και συμπληρώθηκε με καθαρή αιθανόλη μέχρι να φτάσει στον όγκο των 25 mL. Χρησιμοποιήθηκαν 50 μ L εκχυλίσματος βοτρυόκαρπου, τα οποία προστέθηκαν σε 2950 μ L διαλύματος DPPH σε μεθανόλη και τοποθετήθηκαν σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα. Οι σωλήνες καλύφθηκαν με parafilm, ανακατεύτηκαν σε Vortex και τοποθετήθηκαν σε σκοτεινό μέρος σε θερμοκρασία δωματίου. Η μείωση στην απορρόφηση φωτός του διαλύματος μετρήθηκε στα 517 nm μετά την πάροδο 30 λεπτών. Χρησιμοποιήθηκε ένα διάλυμα-μάρτυρας που αποτελούνταν από 50 μ L μεθανόλη και 2950 μ L διαλύματος DPPH. Για τη δημιουργία της πρότυπης καμπύλης χρησιμοποιήθηκε ασκορβικό οξύ. Η αντιοξειδωτική ενεργότητα εκφράστηκε σε ισοδύναμα mg ασκορβικού οξέος ανά 100 g φρέσκου ιστού (Brands-Williams et al., 1995).

Ο προσδιορισμός των συνολικών φαινολικών στο χυμό των βοτρυόκαρπων έγινε με τη χρήση έτοιμου συμπυκνωμένου διαλύματος Folin-Ciocalteu. Παρασκευάστηκε αραιό διάλυμα με τη χρήση 25 mL Folin-Ciocalteu εμπορίου σε

225 mL νερού (αραίωση 1:10). Στη συνέχεια παρασκευάστηκε διάλυμα Na_2CO_3 (0.075g $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{mL}$) με χρήση 75g άνυδρου Na_2CO_3 σε 100 mL νερό. Για τη δημιουργία της πρότυπης καμπύλης γαλλικού οξέος, παρασκευάστηκε μητρικό διάλυμα με χρήση 0,5g ξηρού γαλλικού οξέος σε 100 mL νερού (5 mg gallic acid/mL ή 500 mg%). Το διάλυμα θερμάνθηκε και αναμίχθηκε με τη χρήση μαγνητικού αναδευτήρα έως ότου να διαλυθεί πλήρως το γαλλικό οξύ. Η ανάλυση των συνολικών φαινολικών έγινε με τη χρήση χυμού από τους βοτρυόκαρπους σε 3 επαναλήψεις ανά μεταχείριση. Σε 18 mL νερού προστέθηκαν 2 mL χυμού (αραίωση 1/10). Από την παραπάνω αραιώση, μεταφέρθηκαν 2 mL ή ανάλογα 2 mL από τις αραιώσεις του standard γαλλικού οξέος σε γυάλινο δοκιμαστικό σωλήνα με πόμα και προστέθηκαν 2 mL νερού. Για το δείγμα blank, χρησιμοποιήθηκαν 2+2 mL νερού. Μετά την πάροδο 2 λεπτών, προστέθηκαν 10 mL διαλύματος Folin-Ciocalteu και το παρασκεύασμα ανακατεύτηκε με Vortex. Μετά από 30 δευτερόλεπτα, προστέθηκαν 8 mL διαλύματος Na_2CO_3 , έγινε ανακίνηση με τη βοήθεια του Vortex και το νέο παρασκεύασμα αφέθηκε για μία ώρα στους 30°C. Μετά την πάροδο της μίας ώρας, οι δοκιμαστικοί σωλήνες τοποθετήθηκαν στους 5°C για άλλη μία ώρα και τέλος βγήκαν σε θερμοκρασία δωματίου για 5-10 λεπτά. Ακολούθησε η μέτρηση της απορρόφησης φωτός στα 760 nm.

Οι βλάβες λόγω χαμηλών θερμοκρασιών εκτιμήθηκαν με την εμφάνιση κηλιδώσης στο περικάρπιο σε μερικούς καρπούς, οι οποίες είχαν την όψη βυθισμένης σκουρόχρωμης περιοχής και εμφανίστηκαν μετά την αποθήκευση και τη διατήρηση σε συνθήκες δωματίου.

3.3 Στατιστική Ανάλυση

Για την πραγματοποίηση των συγκρίσεων μεταξύ των μεταχειρίσεων και την εύρεση πιθανών διαφορών, έγινε χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS (SPSS 14.0, Chicago, IL, ΗΠΑ). Ως επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (LSD- Least significant difference) θεωρήθηκε το 95% ($p < 0,05$). Η επεξεργασία έγινε με τη μέθοδο ανάλυσης της παραλλακτικότητας (one-way ANOVA).

4. Αποτελέσματα

4.1 Πρώτο Πείραμα

Το πείραμα είχε διάρκεια τριών μηνών συντήρησης των βοτρυόκαρπων. Ακόμα και μετά την πάροδο αυτού του μεγάλου χρονικού διαστήματος για συντήρηση φρέσκων εσπεριδοειδών, δεν παρουσιάστηκαν ουσιαστικά βλάβες στους καρπούς από τη χαμηλή θερμοκρασία των 5°C. Πιο συγκεκριμένα, την 20^η μέρα από την έναρξη του πειράματος, παρατηρήθηκε κηλίδωση (σημάδι βλάβης λόγω χαμηλών θερμοκρασιών) σε έναν μόνο καρπό, ο οποίος είχε εμβαπτισθεί σε 100 μL/L ABA και διατηρούνταν σε θερμοκρασία 5°C.

Εφόσον στις συνθήκες που πραγματοποιήθηκε το πείραμα δεν εμφανίστηκαν βλάβες λόγω χαμηλών θερμοκρασιών συγκριτικά με την εμβάπτιση στο ABA, που να μπορούν να αξιοποιηθούν ως συμπεράσματα, αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί δεύτερο πείραμα το οποίο θα εστίαζε στις διαφορετικές θερμοκρασίες συντήρησης και στο χρόνο αποθήκευσης.

4.2 Δεύτερο Πείραμα

Το ποσοστό του νερού του καρπού δε μεταβλήθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια της συντήρησης σε χαμηλές θερμοκρασίες ή κατά τη συντήρηση σε συνθήκες σε θερμοκρασία δωματίου (shelf life) σε καμία από τις θερμοκρασίες που χρησιμοποιήθηκαν, εκτός από τη συντήρηση στους 16°C και μετά την πάροδο των πέντε ημερών σε συνθήκες δωματίου (Πίν. 4). Στην περίπτωση αυτή, το βάρος των καρπών ήταν μικρότερο από τις αρχικές μετρήσεις και από αυτές που πάρθηκαν μετά από συντήρηση στους 6°C για 48 ημέρες ή και μετά την πάροδο 5 ημερών συνθηκών shelf life. Γενικά, το βάρος των βοτρυόκαρπων μειώθηκε κατά τη συντήρηση τους στις υψηλότερες θερμοκρασίες (6 και 16°C) και ειδικά στους 16°C. Παρόλα αυτά η μείωση αυτή δεν ήταν σημαντική, εκτός της συντήρησης στους 16°C μετά από συντήρηση 48 ημερών και 5 ημερών σε συνθήκες shelf life, όπου παρατηρήθηκε μία απώλεια βάρους της τάξης του 25% (Πίν. 4).

Η απώλεια βάρους (%) κατά τη διάρκεια της συντήρησης σε συνθήκες shelf life σε θερμοκρασία δωματίου μετά από 48 και 87 ημέρες, βρέθηκε μεγαλύτερη

στους 2°C, ακολουθούμενη από τους 6°C και τέλος, η μικρότερη απώλεια βάρους παρατηρήθηκε στη συντήρηση στους 16°C (Πίν. 5). Αυτό προφανώς οφείλονταν στην παραγωγή κηρών και μερική απώλεια βάρους του περικαρπίου των βοτρυόκαρπων που συντηρήθηκαν στους 16°C.

Το πάχος του περικαρπίου δε μεταβλήθηκε σημαντικά με την πάροδο του χρόνου συντήρησης ή με τη διατήρηση σε συνθήκες shelf life. Παρόλα αυτά, παρατηρήθηκε μείωση του πάχους του περικαρπίου όσον αφορά στη συντήρηση στις διάφορες θερμοκρασίες και κυρίως στους 16°C. Χαμηλότερη τιμή βρέθηκε στους 16°C μετά από συντήρηση 48 ημερών και διατήρηση 5 ημερών shelf life όπου καταγράφηκε μείωση 43% (Πίν. 4).

Η περιεκτικότητα σε νερό του περικαρπίου δε μεταβλήθηκε κατά τη συντήρηση ή κατά τη ζωή στο ράφι (shelf life). Το ποσοστό του νερού του περικαρπίου δεν άλλαξε με τη συντήρηση στους 2°C σχετικά με τις τιμές που είχαν παρατηρηθεί κατά τη συγκομιδή. Παρόμοια, οι καρποί που συντηρήθηκαν στους 6°C παρουσίασαν μόνο μικρή μείωση στο ποσοστό νερού του περικαρπίου και χαμηλές τιμές μόνο μετά την πάροδο 87 ημερών και πέντε ημερών συνθηκών shelf life.

Η περιεκτικότητα σε χυμό μειώθηκε ελαφρά κατά τη συντήρηση, ειδικά μετά από 87 ημέρες και μετά τη συντήρηση σε συνθήκες shelf life (κυρίως στους 2°C). Το ποσοστό του χυμού εμφάνισε ελάχιστες τιμές μετά από συντήρηση στους 2°C και μέγιστες μετά από συντήρηση στους 16°C, με μεσαίες τιμές μετά τη συντήρηση στους 6°C (Πίν. 4). Το ποσοστό χυμού κατά τη συγκομιδή είχε μεσαίες τιμές, χωρίς σημαντικές διαφορές σε σύγκριση με αυτές που πάρθηκαν μετά από συντήρηση στους 6°C και στους 16°C. Αυτό το αποτέλεσμα σχετίζεται με την απώλεια νερού στο περικάρπιο και τονίζει τη δυνατότητα διατήρησης του ποσοστού χυμού του εδάδιμου τμήματος αμετάβλητου μετά από μακρά συντήρηση κύρια σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες και, φυσικά, χαμηλότερες του άριστου σχετικές υγρασίες.

Τα διαλυτά στερεά συστατικά (ΔΣΣ) αυξήθηκαν μετά τη συντήρηση στις διάφορες θερμοκρασίες και κυρίως μετά την πρώτη έξοδο (48 ημέρες), όπως φαίνεται στον πίνακα 5. Με την παρατεταμένη συντήρηση, τα διαλυτά στερεά συστατικά μειώθηκαν ελαφρά διατηρώντας όμως τιμές κατά τι υψηλότερες από τις αρχικές. Δε βρέθηκε διαφορά λόγω της συντήρησης σε συνθήκες shelf life. Στη συντήρηση σε θερμοκρασία 16°C παρατηρήθηκαν τα υψηλότερα ΔΣΣ, ενώ δε βρέθηκε διαφορά μεταξύ των αρχικών ΔΣΣ και αυτών μετά από συντήρηση στους 2°C και στους 6°C (Πίν. 5, Σχήμα 3). Αυτά τα αποτελέσματα οφείλονται πιθανόν στην ύπαρξη

περιορισμένης ποσότητας αμύλου στους καρπούς ακόμα το Νοέμβριο και η μη απώλεια ΔΣΣ κατά τη μακροχρόνια συντήρηση οφείλεται στη χαμηλή αναπνοή και κατανάλωση υδατανθράκων στα συγκομισμένα εσπεριδοειδή (μη κλιμακητικοί καρποί).

Η οξύτητα δε μεταβλήθηκε στατιστικά σημαντικά κατά τη διάρκεια της συντήρησης, αλλά, στην πραγματικότητα, παρατηρήθηκε μία αύξηση μετά τις 87 ημέρες συντήρησης σε σύγκριση με τις 48 ημέρες (Πίν. 5). Βρέθηκε μία ελαφρά μείωση μετά τη συντήρηση σε συνθήκες shelf life μετά από 87 ημέρες και αυτό μόνο στους 6°C. Η οξύτητα μειώθηκε ελαφρά μετά από συντήρηση στους 2°C και 6°C σε σύγκριση με αυτήν που καταγράφηκε κατά τη συγκομιδή (στατιστικά σημαντικά μόνο στους 6°C και μετά από 87 ημέρες συντήρησης + 5 ημέρες shelf life). Επίσης η οξύτητα αυξήθηκε ελαφρά μετά τη διατήρηση στους 16°C (κύρια μετά από 87 ημέρες διατήρησης) σε σύγκριση με αυτή της συγκομιδής (Πίν. 5, Σχήμα 4).

Παρατηρήθηκαν μικρές αλλαγές στο pH, με τις μικρότερες τιμές να καταγράφονται μετά από 48 ημέρες συντήρησης σε όλες τις θερμοκρασίες και υψηλότερες τιμές μετά από 87 ημέρες συντήρησης σε σύγκριση με αυτές κατά τη συγκομιδή. Μετά την πάροδο της διατήρησης σε συνθήκες shelf life, άλλες φορές το pH αυξήθηκε και άλλες μειώθηκε. Δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στο pH λόγω των διαφορετικών θερμοκρασιών συντήρησης (Πίν. 5).

Τα ολικά αντιοξειδωτικά δε μεταβλήθηκαν σημαντικά κατά την πάροδο του χρόνου της συντήρησης. Κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 2°C, τα ολικά αντιοξειδωτικά αυξήθηκαν ελαφρά μετά από 48 ημέρες και παρέμειναν σε υψηλά επίπεδα σε σύγκριση με τις άλλες δύο θερμοκρασίες, καθώς και μετά το shelf life (Σχήμα 5).

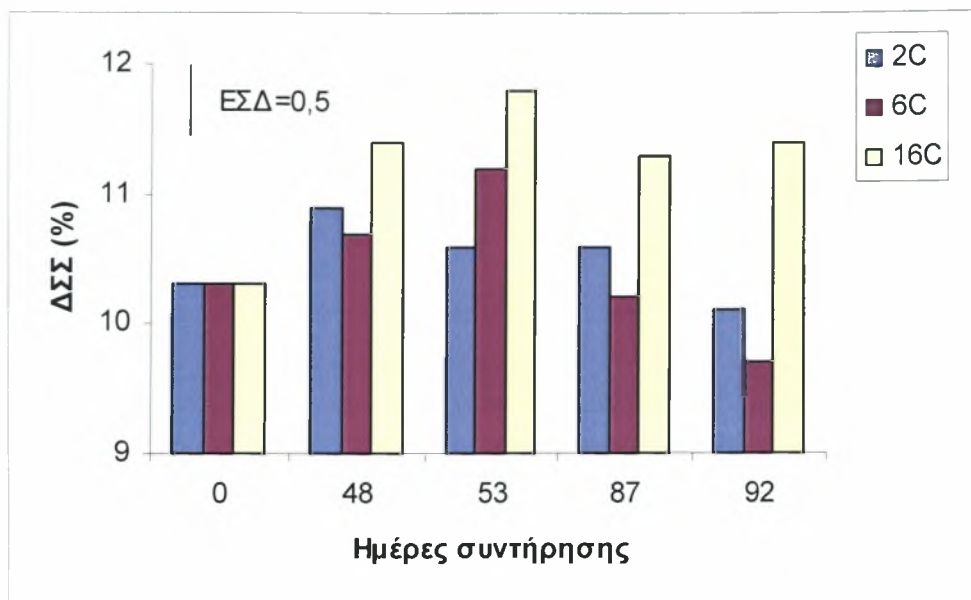
Τα συνολικά φαινολικά αυξήθηκαν μετά τη συντήρηση μόνο σε μερικές περιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένων των 2°C και 6°C, ενώ δε μεταβλήθηκαν μετά τη συντήρηση στους 16°C. Τέλος, τα συνολικά φαινολικά αυξήθηκαν μετά τη συντήρηση σε συνθήκες shelf life, κυρίως μετά από συντήρηση στους 6°C.

Πίνακας 4. Επίδραση του χρόνου και της θερμοκρασίας συντήρησης στο ποσοστό νερού του περικαρπίου, στην περιεκτικότητα του καρπού (του εδώδιμου τμήματος του) σε χυμό (%) και στα διαλυτά στερεά συστατικά (SSC) βοτρυόκαρπων ποικιλίας Star Ruby.

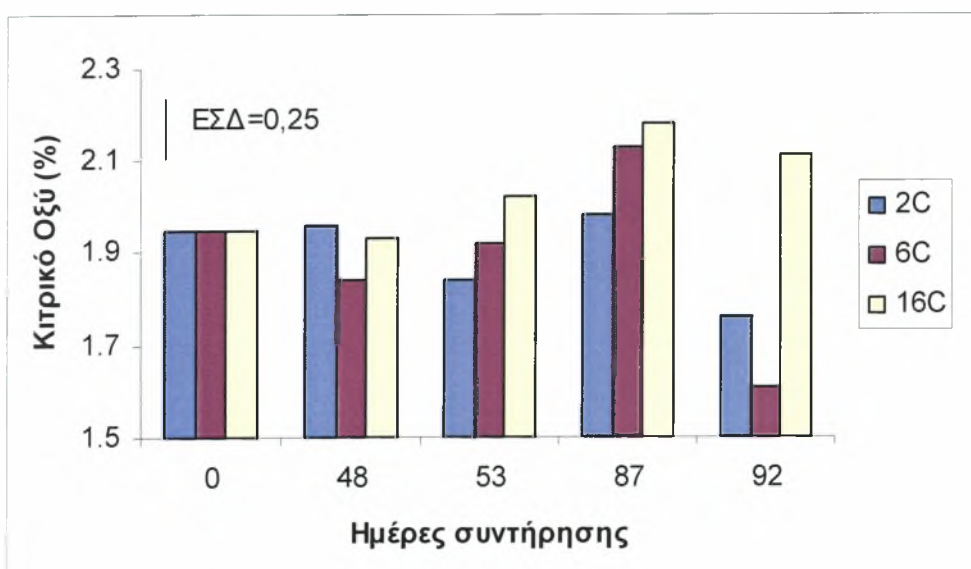
Μεταχείριση	Ποσοστό νερού περικαρπίου (%)	Περιεκτικότητα του καρπού (εδώδιμο μέρος) σε χυμό (%)	Βάρος καρπού (g)	Ποσοστό απώλειας νερού του καρπού κατά τη διατήρηση σε συνθήκες δωματίου (%)
Μάρτυρας	76,3	44,4	419,1	-
48 ημέρες σε συντήρηση				
16°C	72,3	47,0	371,9	-
6°C	69,3	43,0	419,0	-
2°C	76,8	35,8	378,9	-
53 ημέρες σε συντήρηση (48 + 5 ημέρες shelf life σε θερμοκρασία δωματίου)				
16°C	72,2	43,1	315,3	2,04
6°C	74,7	40,9	405,4	2,56
2°C	76,7	39,4	379,9	3,41
87 ημέρες σε συντήρηση				
16°C	72,9	48,5	353,6	-
6°C	75,6	37,3	370,6	-
2°C	77,4	30,1	392,1	-
92 ημέρες σε συντήρηση (87 + 5 ημέρες shelf life σε θερμοκρασία δωματίου)				
16°C	69,6	43,0	369,1	1,79
6°C	74,5	45,3	385,2	2,75
2°C	76,3	32,7	372,9	3,91
ΕΣΔ _{0,05}	5,95	4,27	70	0,55

Πίνακας 5. Επίδραση του χρόνου συντήρησης και της θερμοκρασίας συντήρησης στην ολική οξύτητα, στα διαλυτά στερεά συστατικά, στο pH του χυμού και στο πάχος του περικαρπίου βοτρυόκαρπων ποικιλίας Star Ruby.

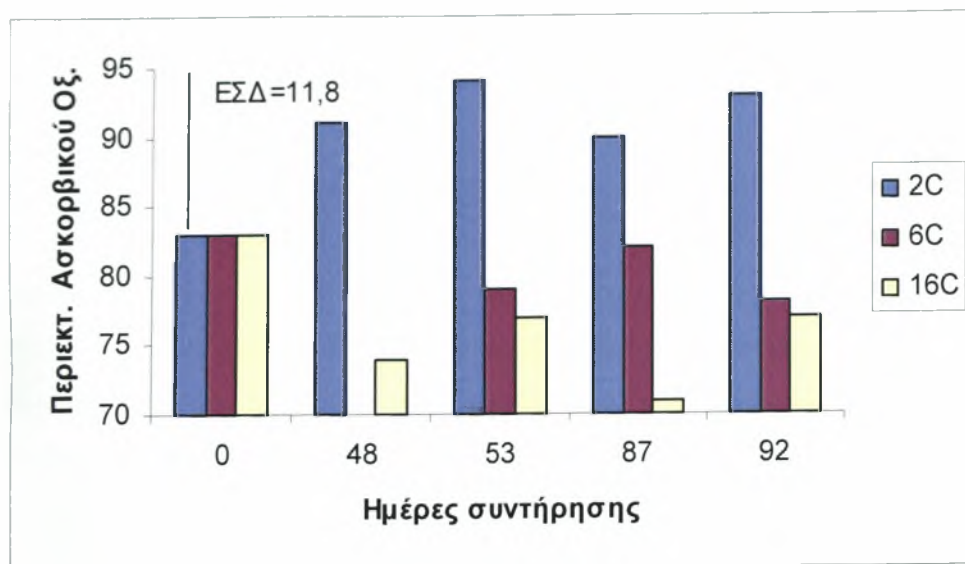
Μεταχείριση	Οξύτητα	Διαλυτά Στερεά Συστατικά (ΔΣΣ)	pH χυμού	Πάχος περικαρπίου (cm)
Μάρτυρας	1,95	10,3	3,00	0,56
48 ημέρες σε συντήρηση				
16°C	1,93	11,4	2,85	0,38
6°C	1,84	10,7	2,89	0,44
2°C	1,96	10,9	2,88	0,57
53 ημέρες σε συντήρηση (48 + 5 ημέρες shelf life σε θερμοκρασία δωματίου)				
16°C	2,02	11,8	3,02	0,32
6°C	1,92	11,2	2,94	0,49
2°C	1,84	10,6	3,06	0,53
87 ημέρες σε συντήρηση				
16°C	2,18	11,3	3,09	0,46
6°C	2,13	10,2	3,12	0,58
2°C	1,98	10,6	2,94	0,64
92 ημέρες σε συντήρηση (87 + 5 ημέρες shelf life σε θερμοκρασία δωματίου)				
16°C	2,11	11,4	3,06	0,54
6°C	1,61	9,7	3,04	0,44
2°C	1,76	10,1	3,04	0,70
ΕΣΔ _{0,05}	0,25	0,51	0,06	0,15



Σχήμα 3. Διαλυτά Στερεά Συστατικά (%) βοτρυόκαρπων ποικιλίας Star Ruby οι οποίοι συντηρήθηκαν σε θερμοκρασίες 2, 6 και 16 για 48 και 87 ημέρες καθώς και για 5 ακόμα ημέρες σε συνθήκες shelf life στους 22°C (53 και 92 ημέρες αντίστοιχα). (ΕΣΔ_{0,05}=0,5)



Σχήμα 4. Μεταβολή της οξύτητας (% κίτρικό οξύ) βοτρυόκαρπων ποικιλίας Star Ruby οι οποίοι συντηρήθηκαν σε θερμοκρασίες 2, 6 και 16°C για 48 και 87 ημέρες καθώς και για 5 ακόμα ημέρες σε συνθήκες shelf life στους 22°C (53 και 92 ημέρες αντίστοιχα). (ΕΣΔ_{0,05}=0,25)



Σχήμα 5. Συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα (mg ισοδύναμου ασκορβικού οξέος/100 g φρέσκου ιστού) βοτρυόκαρπων ποικιλίας Star Ruby οι οποίοι συντηρήθηκαν σε θερμοκρασίες 2, 6 και 16°C για 48 και 87 ημέρες καθώς και για 5 ακόμα ημέρες σε συνθήκες shelf life στους 22°C (53 και 92 ημέρες αντίστοιχα). (ΕΣΔ_{0,05}=11,8)

5. Συζήτηση

Το ποσοστό νερού του περικαρπίου δε μεταβλήθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια της συντήρησης σε καμία θερμοκρασία εκτός από την περίπτωση της συντήρησης στους 16°C μετά την πάροδο της συντήρησης σε συνθήκες shelf life. Αυτά τα αποτελέσματα είναι κατά κάποιο τρόπο αντικρουόμενα με αυτά που έχουν δημοσιευτεί στο παρελθόν καθώς οι καρποί που χρησιμοποιήθηκαν δεν ήταν κηρωμένοι και με την παρατεταμένη συντήρηση θα αναμενόταν ότι το ποσοστό νερού του περικαρπίου θα μειωνόταν και το περικάρπιο θα στέγνωνε. Μακροσκοπικά συμπτώματα ξήρανσης του περικαρπίου παρατηρήθηκαν μόνο μετά την παρατεταμένη συντήρηση στους 16°C και μετά από τη συντήρηση σε συνθήκες shelf life. Άλλοι ερευνητές έχουν βρει απώλειες στο βάρος του περικαρπίου έως και 3% για βοτρυόκαρπους ποικιλίας Marsh που συντηρήθηκαν σε θερμοκρασία 4°C για 90 ημέρες (Ezz et al., 2004).

Η περιεκτικότητα σε χυμό του βοτρυόκαρπου μειώθηκε σημαντικά κατά τη συντήρηση στους 2°C πριν και μετά τη διατήρηση σε συνθήκες shelf life, αλλά παρέμεινε αμετάβλητη κατά τη συντήρηση στους 6°C και στους 16°C ή μετά τις 5 ημέρες των συνθηκών shelf life. Αυτή η μείωση του ποσοστού χυμού μπορεί να οφείλεται σε ζημιά από χαμηλή θερμοκρασία χωρίς την εμφάνιση χαρακτηριστικών μακροσκοπικών κηλιδώσεων. Το ποσοστό χυμού των βοτρυόκαρπων κατά τη συγκομιδή ήταν αρκετά υψηλό. Βρέθηκε υψηλότερο από αυτό που αναφέρεται σε πείραμα που έγινε με καρπούς της ποικιλίας Star Ruby, που συγκομίστηκαν στο νησί της Κορσικής στις αρχές του καλοκαιριού (Pailly et al., 2004). Οι ερευνητές του πειράματος παρατήρησαν μία μείωση 10% στην περιεκτικότητα σε χυμό μετά από 3 μήνες συντήρησης σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Τα διαλυτά στερεά συστατικά των καρπών αυξήθηκαν μετά από 48 ημέρες συντήρησης στους 16°C και παρέμειναν σε υψηλά επίπεδα κατά τη διάρκεια της συντήρησης σε χαμηλές θερμοκρασίες ή κατά τη συντήρηση σε συνθήκες shelf life, συγκρινόμενα με τα ΔΣΣ κατά τη συγκομιδή καθώς και με τα ΔΣΣ των καρπών που συντηρήθηκαν στους 2°C και 6°C (Σχήμα 3). Τα ΔΣΣ των καρπών που συντηρήθηκαν στους 6°C βρέθηκαν παρόμοια με αυτά κατά τη συγκομιδή, εκτός από μία παροδική αύξηση η οποία παρατηρήθηκε μετά τις 5 ημέρες διατήρησης σε συνθήκες shelf life σε καρπούς που είχαν συντηρηθεί σε χαμηλές θερμοκρασίες για

48 ημέρες. Οι καρποί που συντηρήθηκαν στους 2°C πριν ή και μετά την πάροδο των 5 ημερών του shelf life είχαν παρόμοια ΔΣΣ με αυτά που βρέθηκαν μετά τη συγκομιδή. Γενικά, τα ΔΣΣ στα πειράματα μας, ήταν παρόμοια ή και λίγο υψηλότερα (πάντα πάνω από 10%) σε σχέση με αυτά που βρέθηκαν στη βιβλιογραφία για την ποικιλία Star Ruby (περίπου 10%) και για την ποικιλία Marsh (περίπου 8%) (Davis et al., 1973; Ezz et al., 2004; Porat et al., 2000; Schirra, 1992)

Η οξύτητα δεν μεταβλήθηκε μετά από 48 ημέρες συντήρησης καθώς και μετά από 5 ημέρες shelf life σε καμία θερμοκρασία (Σχήμα 4). Εντούτοις αυξήθηκε ελαφρά σε καρπούς που είχαν συντηρηθεί στους 16°C μετά από παρατεταμένη συντήρηση και μετά το shelf life και μειώθηκε στη χαμηλή θερμοκρασία που προκαλεί βλάβες στους ιστούς των εσπεριδοειδών (2°C) μετά από 3 μήνες συντήρησης και 5 μέρες διατήρησης σε συνθήκες shelf life. Η οξύτητα που βρέθηκε στο πείραμα μας ήταν υψηλότερη από αυτή που βρέθηκε σε βοτρυόκαρπους της ποικιλίας Star Ruby οι οποίοι είχαν συγκομιστεί νωρίς το καλοκαίρι στην Κορσική (Pailly et al., 2004) ή το Φεβρουάριο στο Ισραήλ (Porat et al., 2000). Επίσης ήταν παρόμοια με αυτή που παρατηρήθηκε σε καρπούς που συγκομίστηκαν στη μέση της περιόδου συγκομιδής στη νότια Ιταλία (Schirra, 1992), ή χαμηλότερη σε σχέση με τις τιμές από καρπούς που καλλιεργούνται σε θερμά κλίματα (Porat et al., 2000) ή που συγκομίζονται πολύ αργά (Pailly et al., 2004).

Τα ολικά αντιοξειδωτικά αυξήθηκαν ελαφρά κατά τη συντήρηση στους 2°C και μετά το shelf life (Σχήμα 5). Αντίθετα, μειώθηκαν κατά κάποιο τρόπο στις υπόλοιπες θερμοκρασίες και μετά το shelf life σε σύγκριση με τα ολικά αντιοξειδωτικά που μετρήθηκαν κατά τη συγκομιδή. Αυτές οι αλλαγές κατά τη συντήρηση είχαν ως αποτέλεσμα οι βοτρυόκαρποι που διατηρήθηκαν στους 2°C να παρουσιάζουν υψηλότερα ολικά αντιοξειδωτικά σε σύγκριση με τους καρπούς που αποθηκεύτηκαν στους 6°C και 16°C, τόσο κατά την έξοδο από τις χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης, όσο και μετά την πάροδο των 5 ημερών shelf life. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική απώλεια στα ολικά αντιοξειδωτικά κατά τη διάρκεια της διατήρησης σε συνθήκες shelf life.

Οι βλάβες λόγω χαμηλών θερμοκρασιών (chilling injury), που εμφανίζονται ως βυθισμένες κηλίδες στο φλοιό των καρπών, δεν παρατηρήθηκαν μετά από 48 ημέρες συντήρησης σε χαμηλές θερμοκρασίες ούτε και μετά από τις 5 ημέρες διατήρησης σε συνθήκες shelf life. Λιγότερο από το 10% των καρπών έδειξε ελαφρές βλάβες μετά από 87 ημέρες συντήρησης στους 2°C και μετά από shelf life διάρκειας

5 ημερών. Η μη εμφάνιση έντονων βλαβών λόγω χαμηλών θερμοκρασιών ακόμα και μετά την παρατεταμένη συντήρηση στους 2°C σε καρπούς που συλλέχθηκαν νωρίς στην καλλιεργητική περίοδο, θα μπορούσε να αποδοθεί στο ήπιο αλλά σχετικά ψυχρό κλίμα (σε σχέση με τις υπόλοιπες θερμές υποτροπικές ή ήπιες τροπικές περιοχές που καλλιεργείται ο βοτρυόκαρπος) της περιοχής της Άρτας, καθώς βοτρυόκαρποι από θερμότερες υποτροπικές περιοχές εμφάνισαν πολύ μεγαλύτερες βλάβες λόγω χαμηλών θερμοκρασιών ακόμα και μετά από μικρότερης διάρκειας συντήρηση και σε διάφορες θερμοκρασίες (Davis and Hoffman, 1973; Ezz et al., 2004; Porat et al., 2000; Schirra, 1992). Μόνο σε μία περίπτωση, στην οποία η συλλογή των καρπών είχε γίνει πολύ αργά (αρχές καλοκαιριού), οι βοτρυόκαρποι της ποικιλίας Star Ruby παρουσίασαν ελάχιστες βλάβες λόγω χαμηλών θερμοκρασιών (chilling injury) ακόμα και μετά από 16 εβδομάδες στους 6°C (Pailly et al., 2004).

Συνοψίζοντας, είναι πιθανόν αλλαγές στην ποιότητα (ποσοστό χυμού και οξύτητα) που μετρήθηκαν στους καρπούς που συντηρήθηκαν στους 2°C να οφείλονται σε ζημιά από τις χαμηλές θερμοκρασίες και να παρουσιάστηκαν πριν από την εμφάνιση μακροσκοπικών συμπτωμάτων. Αυτές οι αλλαγές αξίζει να διερευνηθούν περαιτέρω. Η χρήση ABA δεν τροποποίησε την ευαισθησία του βοτρυόκαρπου στη ζημιά από χαμηλές θερμοκρασίες. Οι συνθήκες ανάπτυξης και ωρίμανσης (αλλά και εποχής συγκομιδής) του βοτρυόκαρπου φαίνεται ότι παίζουν σημαντικό ρόλο στην ευαισθησία των καρπών στις χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης και μπορεί να οφείλονται στην τροποποίηση των μεμβρανών ανάλογα με τις χαμηλές θερμοκρασίες που έχουν δεχθεί προσυλλεκτικά οι καρποί. Τέλος, οι βοτρυόκαρποι της ποικιλίας Star Ruby καλλιεργημένοι σε ψυχρό σχετικά κλίμα, ακόμα και αν συγκομιστούν στην αρχή της περιόδου συλλογής, διατηρούνται επιτυχώς, με μικρές απώλειες στην ποιότητα και ελάχιστες βλάβες λόγω χαμηλών θερμοκρασιών, για 3 μήνες σε χαμηλές για το είδος θερμοκρασίες χωρίς κέρωμα ή καμία άλλη μετασυλλεκτική μεταχείριση.

Βιβλιογραφία

I. Ελληνική βιβλιογραφία

Ανώνυμος, 2008. Γεωργία Κτηνοτροφία, Τεύχος 10. Δεκέμβριος 2008, Σελ. 4-10

Βασιλακάκης Μ., Θεριός Ι., 1996. Μαθήματα Ειδικής Δενδροκομίας-Εσπεριδοειδή, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, Σελ. 254-264

Βογιατζής Δ., Κουκουρικού-Πετρίδου Μ., 2003. Βιολογία Οπωροκηπευτικών Φυτών Ι – Η Αύξηση και οι παράγοντες που τη ρυθμίζουν, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, Σελ. 206

Καράταγλης Σ., 1994. Φυσιολογία Φυτών, Εκδόσεις Art of Next, Θεσσαλονίκη, Σελ. 86-94

Παναγόπουλος Χ.Γ., 1993. Ασθένειες καρποφόρων δέντρων και αμπέλου, Εκδόσεις Α. Σταμούλη, Αθήνα, Σελ. 241-311

Ποντίκης Κ., 1993. Εσπεριδοειδή, Εκδόσεις Α. Σταμούλη, Αθήνα, Σελ. 265-271

Πρωτοπαπαδάκης Ε., 1992. Τα Εσπεριδοειδή, Υποκείμενα, Ποικιλίες, Απαιτήσεις και Προβλήματα. Εκδόσεις Γεωργίας και Κτηνοτροφίας, Αθήνα, Σελ. 28-31.

Vecchi A., 1995. Τα Εσπεριδοειδή, Εκδόσεις Ψύχαλου, Αθήνα, Σελ. 11-19, 61-64

II. Αγγλική Βιβλιογραφία

Arena, E., B. Fallico and E. Maccarone, 2001. Evaluation of antioxidant capacity of blood orange juices as influenced by constituents, concentration process and storage, Food Chem. 74:423-427

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel Wissenschaft Technol. 28:25-30.

Cohen, E., Shapiro B., Shalom, Y. and Klein, J.D. 1994. Water loss: a nondestructive indicator of enhanced cell membrane permeability of chilling-injured citrus fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119:983-986.

Davis, P.L. and Hofmann, R.C. 1973. Reduction of chilling injury of citrus fruits in cold storage by intermittent warming. *J. Food Sci.* 38:871-873.

Davis, P.L., Roe, B. and Bruemmer, J.H. 1973. Biochemical changes in citrus fruits during controlled-atmosphere storage. *J. Food Sci.* 38:225-229.

Ezz, T.M., Ritenour, M.A. and Brecht, J.K. 2004. Hot water and elevated CO₂ effects on praline and other compositional changes in relation to postharvest chilling injury of ‘Marsh’ grapefruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129:576-582.

Hatton, T.T., Davis, P.L., Cubbedge, R.H. and Munroe, K.A. 1981. Temperature management and carbon dioxide treatments that reduce chilling injury in grapefruit stored at low temperatures. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 5:728-731.

Kader A. A., 2002, *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, Third Edition, UC DANR Publ. 3311

Murata, T. 1997. Citrus. p. 21-46. In: S.K. Mitra (ed.), *Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits*. CAB Intern., Wallingford, UK.

Pailly, O., Tison, G. and Amouroux, A. 2004. Harvest time and storage conditions of ‘Star Ruby’ grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) for short distance summer consumption. *Postharvest Biol. Technol.* 34:65-73.

Porat, R., Pavoncello, D., Peretz, J., Ben-Yehoshua, S. and Lurie, S. 2000. Effects of various heat treatments on the induction of cold tolerance and on the postharvest qualities of ‘Star Ruby’ grapefruit. *Postharvest Biol. Technol.* 18:159-165.

Schirra, M. 1992. Behaviour of ‘Star Ruby’ grapefruits under chilling and non-chilling storage temperature. *Postharvest Biol. Technol.* 2:315-327.

Xu, G., D. Liu, J. Chen, X. Ye, Y. Ma and J. Shi, 2008. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China, *Food Chem.* 106:545-551

III. Ιστοσελίδες

<http://www.ars.usda.gov/is/np/phenolics/intro.htm>

<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/grapefruit.html>

<http://organicashitaba.com/pc.html>



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000100657