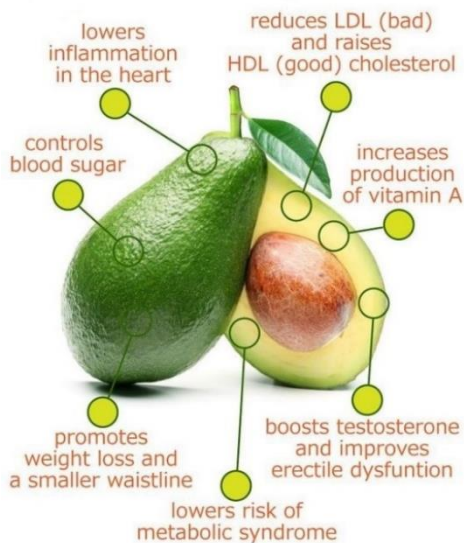


ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ



Μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών και μεταβολή ενζύμων υπεύθυνων για το μαλάκωμα της σάρκας σε καρπούς αβοκάντο

Ουρανία Αναγνωστοπούλου

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

"Εφαρμοσμένη Επιστήμη και Τεχνολογία στη Γεωπονία"

Μάιος 2023



ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ

ΙΔΙΟΤΗΤΑ: ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΙΔΡΥΜΑ/ΦΟΡΕΑΣ: ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

2. ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΤΣΑΝΙΚΛΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΙΔΙΟΤΗΤΑ: ΕΝΤΕΤΑΛΜΕΝΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ

ΙΔΡΥΜΑ/ΦΟΡΕΑΣ: ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ ΙΕΛΥΑ-ΤΑΛΑΦ ΗΡΑΚΛΕΙΟ

3. ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΒΕΡΒΕΡΙΔΗΣ

ΙΔΙΟΤΗΤΑ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΙΔΡΥΜΑ/ΦΟΡΕΑΣ: ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΟ ΕΡΓΟ ΑΥΤΟ ΥΛΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ. ΜΕΡΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ ΑΜΠΕΛΟΥ, ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ (ΙΑΛΛΗ).

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών, με τίτλο "Εφαρμοσμένη Επιστήμη και Τεχνολογία στη Γεωπονία" στη σχολή Γεωπονικών Επιστημών, του τμήματος Γεωπονίας του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου, στο Ηράκλειο Κρήτης, στο Εργαστήριο Βιολογικών και Βιοτεχνολογικών Εφαρμογών, με επιβλέπων τον Επίκουρο καθηγητή Κωνσταντίνο Πασχαλίδη και συν επιβλέπων τον κ. Γιώργο Τσανικλίδη Εντεταλμένος Ερευνητής ΕΛΓΟ Δήμητρα ΙΕΛΥΑ-ΤΑΛΑΦ Ηρακλείου.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπον καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Πασχαλίδη για την ευκαιρία που μου έδωσε να εργαστώ στο εργαστήριό του και να προσπαθήσω να φέρω σε πέρας ένα, όπως αποδείχθηκε δύσκολο έργο, καθώς και για την συνεργασία του. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ τον κ. Δρ. Τσανικλίδη Γεώργιο, για την πολύτιμη βοήθεια του και καθοδήγηση του κατά την εκτέλεση του πειράματος. Επιπροσθέτως θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Φίλιππο Βερβερίδη για τις πολύτιμες συμβουλές του κατά την διάρκεια του πειράματος. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά από την εταιρεία Συνεργατική Α.Ε. στα Χανιά της Κρήτης, με την εμπορική επωνυμία «Creta Star», τον γεωπόνο κ. Ανδρέα Καντανολέων για την συνεργασία και την πολύτιμη συνεισφορά του, στην προμήθεια των αβοκάντο για τους σκοπούς του πειράματος της μεταπτυχιακής διατριβής μου. Όπως επίσης και για την επικοινωνία και την θετικότητα του να διευθετήσει όποια απορία υπήρχε σχετικά με την συσκευασία και την εμπορία των καρπών του αβοκάντο. Τον κ. Παπαδημητρίου για καθοδήγηση και τις συμβουλές του για την σωστή μεθοδολογία της δεύτερης επέμβασης που αφορούσε την κάλυψη με πλαστικό φιλμ (μεμβράνη) στο αβοκάντο. Επίσης την κα. Παππή Πολυξένη για την βοήθειά της σε διαδικασίες του πειράματος. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον κ. Τσακίρη Ιωάννη από την AgroFresh για τις πληροφορίες που παρείχε όσον αφορά το 1-MCP. Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φοιτητές Τσαμπίκα Παπακυριάκου και Γιώργος Πίτης που με βοήθησαν στο ψεκασμό με το Ethrel, που αφορούσε την μια από τις δυο επεμβάσεις στους καρπούς του αβοκάντο, όπως και τον φοιτητή Σταύρο Σπυριδωνίδη.

Περίληψη

Στα πλαίσια του πειράματος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, με τίτλο «Μελέτη Ποιοτικών χαρακτηριστικών και μεταβολή ενζύμων υπεύθυνων για το μαλάκωμα της σάρκας σε καρπούς αβοκάντο», μελετήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά έπειτα από διαφορετικές μετασυλλεκτικές επεμβάσεις σε καρπούς αβοκάντο, δυο διαφορετικών ποικιλιών (Hass και Fuerte). Οι μετασυλλεκτικές επεμβάσεις που έγιναν στους καρπούς των δύο ποικιλιών αφορούσαν επέμβαση με Ethrel και κάλυψη με πλαστικό φιλμ (μεμβράνη). Στο ξεκίνημα του πειράματος πραγματοποιήθηκε προ-πειραματική μελέτη που αφορούσε μετρήσεις χλωροφύλλης με SPAD και Fluorescence, μετρήσεις χρώματος με Colorimeter και συνεκτικότητας σάρκας. Από την προπειραματική μελέτη προέκυψαν ενδιαφέροντα συμπεράσματα που αφορούν κυρίως τους χειρισμούς των καρπών κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων αλλά και τις αντιδράσεις (όπως είναι το μαύρισμα) των καρπών.

Στο κύριο μέρος του πειράματος έγιναν μετρήσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών που αφορούσαν χρώματος με Colorimeter, συνεκτικότητας σάρκας, μετρήσεις για την τιτλοδοτούμενη οξύτητα, για τα ολικά διαλυτά στερεά, για το ποσοστό των ολικών φαινολικών, για την δραστηριότητα της ασκορβικής υπεροξειδάσης (APX), την δραστηριότητα των ενζύμων αμμωνιακή λυάση της φαινυλαλανίνης (PAL) και της β-γαλακτοσιδάσης (β-gal), όπως και πειράματα qPCR.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή παρουσιάζει έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον. Από τα πειράματα που διεξήχθησαν βρέθηκε ότι η επέμβαση με την μεμβράνη παρουσιάζει εξαιρετικά αποτελέσματα τόσο σε ποιοτικά χαρακτηριστικά όσο και σε ενζυμικές μετρήσεις. Αφού φαίνεται να καθυστερεί την ωρίμανση χωρίς την χρήση χημικών ουσιών και κατά συνέπεια έχει την δυνατότητα να επεκτείνει την διάρκεια της μετασυλλεκτικής ζωής του αβοκάντο. Παρατηρούνται όμως σπουδαίες διαφοροποιήσεις μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών. Για παράδειγμα, μεγάλη διαφορά μεταξύ των ποικιλιών βρέθηκε στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα, όπου στην ποικιλία Hass υπήρχε αύξηση, ενώ στην ποικιλία Fuerte παρατηρήθηκε μείωση. Επίσης διαφοροποιήσεις βρέθηκαν και στις μετρήσεις ολικών διαλυτών στερεών και των ολικών φαινολικών. Αξίζει να σημειωθεί ότι η δραστηριότητα της PAL παρουσίασε σημαντική αύξηση σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις και η δραστηριότητα β-γαλακτοσιδάσης παρουσίασε μείωση σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Συμπερασματικά η χρήση μεμβράνης έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της δραστηριότητας της β-γαλακτοσιδάσης όπως φαίνεται από την αντίδραση της υδρόλυσης (ενζυμική δραστηριότητα) αλλά και από την έκφραση των γονιδίων.

Τα αποτελέσματα είναι αρκετά ενδιαφέροντα αλλά χρειάζονται περαιτέρω έρευνες και σε άλλες ποικιλίες, ώστε να μπορούν να εξαχθούν ακόμα πιο ευρεία συμπεράσματα. Καθώς επίσης περαιτέρω έρευνα που θα περιλαμβάνει και άλλες παραμέτρους που δεν διερευνήθηκαν στην παρούσα εργασία. Επίσης είναι σημαντικό να διερευνηθούν και άλλοι μέθοδοι τροποποιημένης ατμόσφαιρας στον αβοκάντο, όπως για παράδειγμα ατομική συσκευασία.

Abstract

In the context of the experiment of this postgraduate thesis, entitled "Study of Qualitative characteristics and changes in enzymes responsible for the softening of flesh in avocado fruits", qualitative characteristics were studied after different post-harvest treatments on avocado fruits, of two different varieties (Hass and Fuerte). The post-harvest treatments performed on the fruits of the two varieties, were the application of Ethrel and plastic film cover (membrane). At the beginning of the experiment, a pre-experimental study was carried out regarding chlorophyll measurements with SPAD and Fluorescence, color measurements with Colorimeter and flesh consistency. The pre-experimental study produced interesting results concerning mainly the handling of the fruits during the measurements and the reactions (such as browning) of the fruits.

In the main part of the experiment, measurements of qualitative characteristics of the fruits related to color with Colorimeter were made, flesh consistency, measurements of titratable acidity, total soluble solids, percentage of total phenolics, ascorbic peroxidase activity (APX), activity of enzymes Phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and beta-galactosidase (β -gal), as well as qPCR experiments.

This postgraduate thesis has strong research interest. The experiments found that the application of membrane has excellent results in both qualitative characteristics and enzyme measurements. Since it seems to delay ripening without the use of chemicals and therefore has the potential to extend the duration of the post-harvest life of the avocado fruit. However, there are differences between the two varieties (Hass and Fuerte). For example, a large difference between varieties was found in titratable acidity, where there was an increase in the Hass variety, while in the Fuerte variety there was a decrease. Also, variations were found in the measurements of total soluble solids and total phenolics. It is worth noting that PAL's activity increased significantly compared to other treatments and beta-galactosidase activity decreased compared to other treatments. In conclusion, the use of membrane results in a decrease in the activity of beta-galactosidase as shown by the reaction of hydrolysis (enzyme activity) but also from the expression of the genes.

The results are quite interesting but further research is needed in other varieties so that even broader conclusions can be drawn. As well as further research involving other parameters not explored in this work. It is also important to explore other methods of modified atmosphere in avocados, such as individual packaging.

Περιεχόμενα

Πίνακας περιεχομένων

Πρόλογος.....	3
Περίληψη.....	4
Abstract	5
Περιεχόμενα.....	6
Εικόνες.....	9
Γραφήματα	10
Πίνακες	11
1 Εισαγωγή.....	13
1.1 Παγκόσμια παραγωγή.....	14
2 Βιολογία και Βοτανική ταξινόμηση	16
2.1 Περιγραφή του δέντρου	18
2.2 Αναπαραγωγικές δομές του αβοκάντο.....	20
2.3 Ανθοφορία.....	22
2.4 Επικονίαση.....	23
2.5 Καρπός του αβοκάντο	24
2.6 Ανάπτυξη των καρπών.....	25
2.7 Πολλαπλασιασμός.....	26
2.7.1 Απολύμανση σπόρων	26
2.7.2 Φύτευση των σπόρων.....	27
2.8 Παρενιαυτοφορία.....	27
2.9 Βιταμίνες και θρεπτική αξία	28
2.9.1 Πιθανές αλλεργίες	31
3 Καλλιέργεια αβοκάντο	32
3.1 Κλιματικές απαιτήσεις.....	32
3.2 Εδαφικές απαιτήσεις.....	33
3.3 Καλλιεργητική φροντίδα.....	33
3.3.1 Κλάδεμα.....	34
3.3.2 Άρδευση	34
3.3.3 Λίπανση	35
3.4 Εμπορία και συλλογή των καρπών.....	35
3.4.1 Χρόνος συλλογής.....	35
3.4.2 Τρόπος συλλογής.....	36

3.4.3	Συγκομιδή καρπών	37
3.5	Ασθένειες και Εχθροί.....	38
3.5.1	Ασθένειες.....	38
3.5.2	Εχθροί.....	39
4	Ποικιλίες αβοκάντο	41
4.1	Τύπου Μεξικού.....	41
4.2	Τύπου Γουατεμάλας.....	42
4.3	Υβρίδια ποικιλιών τύπου Γουατεμάλας και Μεξικού	44
4.4	Τύπου Δυτικών Ινδιών	45
4.5	Υβρίδια ποικιλιών τύπου Γουατεμάλας και Δυτικών Ινδιών:	45
4.6	Παγετός	46
4.7	Άνεμοι.....	47
5	Ποιοτικά χαρακτηριστικά	48
6	Αιθυλένιο.....	50
6.1	Βιοσύνθεση του αιθυλενίου	52
6.2	Ethrel	53
6.2.1	Γενικές χρήσεις του Ethephon	54
6.2.2	Αναστολή παραγωγής αιθυλενίου - προβλήματα χρήσης Ethephon	54
7	Πλαστικό φιλμ	56
8	Φαινολικές ενώσεις.....	58
8.1	Folin-Ciocalteu	58
8.2	Αμμωνιακή λύαση της φαινυλαλανίνης (PAL).....	59
9	β-γαλακτοσιδάση	61
9.1	Ρυθμιζόμενη μεταγραφή στο οπερόνιο της λακτόζης.....	61
10	Προπειραματική μελέτη	63
10.1	Μέτρηση χλωροφύλλης με SPAD	65
10.2	Μέτρηση χλωροφύλλης με Fluorescence.....	66
10.3	Μέτρηση χρώματος με Colorimeter	66
10.3.1	Ποσοτικοποίηση του χρώματος.....	68
10.4	Μέτρηση συνεκτικότητας σάρκας	69
10.5	Επέμβαση με 1-μεθυλοκυκλοπροπένιο (1-MCP).....	69
10.6	Αποτελέσματα προπειραματικής μελέτης.....	71
10.7	Παρατηρήσεις προ πειραματικής μελέτης - Συζήτηση	87
11	Περιγραφή κύριου πειράματος.....	88

11.1	Μεθοδολογίες	90
11.1.1	Επέμβαση με Ethrel	90
11.1.2	Επέμβαση με Πλαστικό φιλμ	90
11.1.3	Ποιοτικά χαρακτηριστικά	91
11.1.4	Εκτίμηση ολικών φαινολικών (Total Phenolics)	97
11.1.5	Ενζυμικές και γονιδιακές εκτιμήσεις	97
12	Αποτελέσματα	101
12.1	Αποτελέσματα ποιοτικών χαρακτηριστικών	101
12.1.1	Αποτελέσματα εμφάνισης καρπών	101
12.1.2	Αποτελέσματα μετρήσεων χρώματος με Colorimeter	104
12.1.3	Αποτελέσματα τιτλοδοτούμενης οξύτητας	108
12.1.4	Αποτελέσματα ολικών διαλυτών στερεών	109
12.1.5	Αποτελέσματα συνεκτικότητας σάρκας	110
12.1.6	Αποτελέσματα μετρήσεων αναπνοής	112
12.2	Αποτελέσματα ολικών φαινολικών	115
12.3	Αποτελέσματα ενζυμικών και γονιδιακών εκτιμήσεων	116
12.3.1	Αποτελέσματα ασκορβικής υπεροξειδάσης	116
12.3.2	Αποτελέσματα PAL (Phenylalanine ammonia-lyase)	117
12.3.3	Αποτελέσματα β-γαλακτοσιδάσης	119
12.3.4	Αποτελέσματα πειραμάτων qPCR	124
13	Συζήτηση-Παρατηρήσεις πειράματος	125
14	Παράρτημα 1	130
15	Βιβλιογραφία – References	131

Εικόνες

Εικόνα 1: Ζώνη παρεμβολής σε βλαστό αβοκάντο [The intercalation zone on an avocado]	19
Εικόνα 2: Αναπαραγωγικές δομές (μέρη) του Αβοκάντο (<i>Persea americana</i> Mill.)	21
Εικόνα 3: Αβοκάντο χωρίς σπόρο	26
Εικόνα 4: Συσκευασία καρπών αβοκάντο.	37
Εικόνα 5: Σκίτσο με διάφορες ενδεικτικές ποικιλίες αβοκάντο	46
Εικόνα 6: Αντίδραση μετατροπής του 2-χλωρο-αιθυλο-φωσφονικο οξέως (Ethephon) σε αιθυλένιο.	54
Εικόνα 7: Ρυθμιζόμενη μεταγραφή στο οπερόνιο της λακτόζης	62
Εικόνα 8: Καρπός της ποικιλίας Zutano	63
Εικόνα 9: Σχηματική απεικόνιση εγκάρσιων τομών σε καρπό αβοκάντο	64
Εικόνα 10: Εγκάρσιες τομές σε καρπούς αβοκάντο Zutano (πάνω) και Hass (κάτω), abaxial (αριστερά), adaxial (δεξιά)	65
Εικόνα 11: Εγκάρσιες τομές σε καρπούς αβοκάντο Zutano adaxial (πάνω), abaxial (κάτω) τυλιγμένοι με ενιαία μεμβράνη για την μέτρηση με το Colorimeter.	67
Εικόνα 12: Συνάρτηση αλλαγής χρώματος	68
Εικόνα 13: Καρποί της ποικιλίας Hass σε διαφορετικά στάδια ωρίμανσης που χρησιμοποιήθηκαν για την προπαραστατική μελέτη.	69
Εικόνα 14: Ιστός από καρπό Hass προς αποθήκευση στον υπερκαταψύκτη στους -80 °C	89
Εικόνα 15: Ιστός από καρπούς μετά τις επεμβάσεις μεμβράνη και Ethrel προς αποθήκευση στον υπερκαταψύκτη στους -80 °C	90
Εικόνα 16: Καρποί Fuerte και Hass με την επέμβαση μεμβράνη	91
Εικόνα 17: Καρποί Fuerte (πάνω) και Hass (κάτω) με την επέμβαση μεμβράνη	91
Εικόνα 18: Διαδικασία μέτρησης ολικών διαλυτών στερεών	94
Εικόνα 19: Πενετρόμετρο από την μέτρηση συνεκτικότητας των καρπών αβοκάντο	95
Εικόνα 20: Οι καρποί όλων των επεμβάσεων σε δοχεία πριν την μέτρηση της αναπνοής	96
Εικόνα 21: Micro tubes από την διαδικασία εκτίμησης δραστηριότητας β-γαλακτοσιδάσης	99
Εικόνα 22: Εμφάνιση καρπών ποικιλίας Fuerte στο ξεκίνημα του πειράματος (control)	101
Εικόνα 23: Εμφάνιση καρπών ποικιλίας Hass στο ξεκίνημα του πειράματος (control)	101
Εικόνα 24: Εμφάνιση των καρπών χωρίς επέμβαση (μάρτυρας). Ποικιλία Fuerte πάνω, ποικιλία Hass κάτω	102
Εικόνα 25: Εμφάνιση των καρπών επέμβαση με μεμβράνη. Ποικιλία Fuerte πάνω, ποικιλία Hass κάτω	102
Εικόνα 26: Εμφάνιση δείγματος καρπών επέμβαση με μεμβράνη. Ποικιλία Fuerte πάνω, ποικιλία Hass κάτω	102
Εικόνα 27: Εμφάνιση σάρκας καρπών επέμβαση με μεμβράνη	103
Εικόνα 28: Εμφάνιση των καρπών επέμβαση με Ethrel. Ποικιλία Fuerte πάνω, ποικιλία Hass κάτω	103
Εικόνα 29: : Εμφάνιση δείγματος καρπών επέμβαση με Ethrel. Ποικιλία Fuerte πάνω, ποικιλία Hass κάτω	104
Εικόνα 30: Εμφάνιση σάρκας καρπών επέμβαση με Ethrel	104

Γραφήματα

Γράφημα 1: Αποτελέσματα SPAD Zutano καρπός 1 Adaxial.....	71
Γράφημα 2: Αποτελέσματα SPAD Zutano καρπός 1 Abaxial.....	72
Γράφημα 3: Αποτελέσματα Fluorescence Zutano καρπός 1 Adaxial	72
Γράφημα 4: Αποτελέσματα Fluorescence Zutano καρπός 1 Abaxial	73
Γράφημα 5: Αποτελέσματα Colorimeter, Zutano καρπός 1 Adaxial	73
Γράφημα 6: Αποτελέσματα Colorimeter Zutano καρπός 1 Abaxial	74
Γράφημα 7: Αποτελέσματα SPAD Zutano καρπός 2 - Adaxial (2 εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	75
Γράφημα 8: Αποτελέσματα SPAD Zutano καρπός 2 - Abaxial (2 εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	75
Γράφημα 9: Αποτελέσματα Fluorescence Zutano καρπός 2 - Adaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	76
Γράφημα 10: Αποτελέσματα Fluorescence Zutano καρπός 2 - Abaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	76
Γράφημα 11: Αποτελέσματα Colorimeter Zutano καρπός 2 - Adaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	77
Γράφημα 12: Αποτελέσματα Colorimeter Zutano καρπός 2 - 26/3/18 Abaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	78
Γράφημα 13: Αποτελέσματα SPAD Hass καρπός 5 - Adaxial	79
Γράφημα 14: Αποτελέσματα SPAD Hass καρπός 5 - Abaxial	79
Γράφημα 15: Αποτελέσματα Fluorescence Hass καρπός 5 - Adaxial.....	80
Γράφημα 16: Αποτελέσματα Fluorescence Hass καρπός 5 - Abaxial.....	81
Γράφημα 17: Αποτελέσματα Colorimeter Hass καρπός 5 – Adaxial	82
Γράφημα 18: Αποτελέσματα Colorimeter Hass καρπός 5 - Abaxial.....	83
Γράφημα 19: Αποτελέσματα SPAD Hass καρπός 2 - Adaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	84
Γράφημα 20: Αποτελέσματα SPAD Hass καρπός 2 - Abaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	84
Γράφημα 21: Αποτελέσματα Fluorescence Hass καρπός 2 - Adaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	85
Γράφημα 22: Αποτελέσματα Fluorescence Hass καρπός 2 - Abaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	85
Γράφημα 23: Αποτελέσματα Colorimeter Hass καρπός 2 - Abaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	87
Γράφημα 24: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα - Colorimeter - Ποικιλία Hass (L,a,b).....	105
Γράφημα 25: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα - Colorimeter - Ποικιλία Fuerte (L,a,b)...	106
Γράφημα 26: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα - Colorimeter - Ποικιλία Hass (L,C,h)	107
Γράφημα 27: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα - Colorimeter - Ποικιλία Fuerte (L,C,h) ..	108
Γράφημα 28: Αποτελέσματα έκφρασης ολικών φαινολικών σαν ισοδύναμα γαλλικού οξέος (mg/g FW).....	115
Γράφημα 29: Αποτελέσματα ασκορβικής υπεροξειδάσης ποικιλίες Fuerte και Hass ..	116
Γράφημα 30: Δραστηριότητα PAL	117

Γράφημα 31: Έκφραση γονιδίου της PAL	118
Γράφημα 32: Δραστηριότητα β-γαλακτοσιδάσης	119
Γράφημα 33: Έκφραση γονιδίου της β-gal1.	120
Γράφημα 34: Έκφραση γονιδίου της β-gal2.	121
Γράφημα 35: Έκφραση γονιδίου της β-gal3.	122
Γράφημα 36: Έκφραση γονιδίου της β-gal4.	122

Πίνακες

Πίνακας 1: Σύγκριση χαρακτηριστικών των βοτανικών τύπων του Αβοκάντο.	17
Πίνακας 2: Σύνθεση θρεπτικών στοιχείων και φυτοχημικών σε καρπό αβοκάντο της ποικιλίας Hass.	29
Πίνακας 3: Αποτελέσματα SPAD καρπού 1 - ποικιλία: Zutano ημερομηνία μέτρησης 30/3/18 (Αγορά 30/3/2018).....	71
Πίνακας 4: Αποτελέσματα Fluorescence καρπού 1 - ποικιλία: Zutano ημερομηνία μέτρησης 30/3/18 (Αγορά 30/3/2018).....	72
Πίνακας 5: Αποτελέσματα Colorimeter, adaxial (πάνω επιφάνεια) καρπού 1 - ποικιλία: Zutano ημερομηνία μέτρησης 30/3/18 (Αγορά 30/3/2018)	73
Πίνακας 6: Αποτελέσματα Colorimeter, abaxial (κάτω επιφάνεια) καρπού 1 - ποικιλία: Zutano ημερομηνία μέτρησης 30/3/18 (Αγορά 30/3/2018)	74
Πίνακας 7: Αποτελέσματα SPAD - ποικιλία: Zutano καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης).....	74
Πίνακας 8: Αποτελέσματα Fluorescence - ποικιλία: Zutano καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	76
Πίνακας 9 : Αποτελέσματα Colorimeter Adaxial - ποικιλία: Zutano καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	77
Πίνακας 10 : Αποτελέσματα Colorimeter Abaxial - ποικιλία: Zutano καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	77
Πίνακας 11: Αποτελέσματα SPAD – ποικιλία Hass καρπός 5.....	78
Πίνακας 12: Αποτελέσματα Fluorescence – ποικιλία Hass καρπός 5	80
Πίνακας 13: Αποτελέσματα Colorimeter Adaxial – ποικιλία Hass καρπός 5.....	81
Πίνακας 14: Αποτελέσματα Colorimeter Abaxial – ποικιλία Hass καρπός 5.....	82
Πίνακας 15: Αποτελέσματα SPAD ποικιλία - Hass καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	83
Πίνακας 16: Αποτελέσματα Fluorescence ποικιλία - Hass καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	85
Πίνακας 17: Αποτελέσματα Colorimeter Adaxial ποικιλία - Hass καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	86
Πίνακας 18: Αποτελέσματα Colorimeter Abaxial ποικιλία - Hass καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)	86
Πίνακας 19: Αριθμός καρπών που χρησιμοποιήθηκαν ανά επέμβαση.....	88
Πίνακας 20: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων - Colorimeter - Ποικιλία Hass (L,a,b)	105
Πίνακας 21: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων - Colorimeter - Ποικιλία Fuerte (L,a,b)	105

Πίνακας 22: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων - Colorimeter - Ποικιλία Hass (L,C,h)	106
Πίνακας 23: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων - Colorimeter - Ποικιλία Fuerte (L,C,h)	106
Πίνακας 24: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Τιτλοδοτούμενη οξύτητα	108
Πίνακας 25: Συγκεντρωτικός πίνακας μετρήσεων ολικών διαλυτών στερεών / βαθμός Brix και pH (επαναληπτική μέτρηση 20 Νοεμβρίου)	109
Πίνακας 26: Συγκεντρωτικός πίνακας βάρους καρπών	110
Πίνακας 27: Αναλυτικός πίνακας μετρήσεων συνεκτικότητας σάρκας καρπών αβοκάντο την πρώτη μέρα του πειράματος	110
Πίνακας 28: Συγκεντρωτικός πίνακας μετρήσεων M.O. συνεκτικότητας σάρκας Fuerte Kg/cm ²	111
Πίνακας 29: Συγκεντρωτικός πίνακας μετρήσεων M.O. συνεκτικότητας σάρκας Hass Kg/cm ²	111
Πίνακας 30: Συγκεντρωτικός πίνακας απελευθέρωσης CO ₂ % ποικιλίες Hass και Fuerte. Μετρήσεις στην αρχή του πειράματος.	112
Πίνακας 31: Συγκεντρωτικός πίνακας απελευθέρωσης CO ₂ % ποικιλία Fuerte. Μετρήσεις μετά από 21 μέρες στο θάλαμο συντήρησης.	112
Πίνακας 32: Συγκεντρωτικός πίνακας απελευθέρωσης CO ₂ % ποικιλία Hass. Μετρήσεις μετά από 21 μέρες στο θάλαμο συντήρησης.	113
Πίνακας 33: Ρυθμός αναπνοής Fuerte	113
Πίνακας 34: Ρυθμός αναπνοής Hass	114
Πίνακας 35: Αποτελέσματα έκφρασης ολικών φαινολικών ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος (mg/g FW)	115
Πίνακας 36: Αποτελέσματα ασκορβικής υπεροξειδάσης ποικιλίες Fuerte και Hass....	116
Πίνακας 37: Αποτελέσματα Δραστηριότητας PAL	117
Πίνακας 38: Αποτελέσματα δραστηριότητας β-γαλακτοσιδάσης	119
Πίνακας 39: Αλληλουχίες εκκινητών γονιδίων που χρησιμοποιήθηκαν για qPCR	124
Πίνακας 40: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων των δύο ποικιλιών στην επέμβαση με την μεμβράνη	129
Πίνακας 41: Συγκεντρωτικός πίνακας αρχικών μετρήσεων ολικών διαλυτών στερεών / βαθμός Brix και pH (αρχική μέτρηση Ιούνιος)	130

1 Εισαγωγή

Από αρχαιολογικές έρευνες που έχουν διεξαχθεί, έχουν ανακαλυφθεί πληροφορίες όσον αφορά την κατανάλωση αβοκάντο που χρονολογείται περίπου 10.000 χρόνια πριν, στο κεντρικό Μεξικό. Εκείνη την εποχή, οι άνθρωποι απλώς συνέλεγαν και καταλάλωναν άγρια αβοκάντο. Οι ερευνητές θεωρούν ότι η καλλιέργεια του αβοκάντο που ξεκίνησε απ' τους ανθρώπους χρονολογείται περίπου πριν από 5.000 χρόνια. Οι φυλές της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής, όπως είναι οι Ίνκας και οι Μάγια ανέπτυξαν τα εξημερωμένα δέντρα αβοκάντο. (Νζέιμ 2016)

Τον 16ο αιώνα μ.Χ., οι Ισπανοί εξερευνητές ήταν οι πρώτοι Ευρωπαίοι που κατανάλωσαν αβοκάντο. Το 1518 μ.Χ., ο Martin Fernandez de Enciso (1470-1528), Ισπανός κατακτητής και κοσμογράφος, περιγράφει στο βιβλίο του, «Suma De Geografia Que Trata De Todas Las Partidas Del Mundo», ότι το αβοκάντο συνήθως καλλιεργείται κοντά στη Σάντα Μάρτα της Κολομβίας. Αργότερα Το 1519 μ.Χ., ο Ισπανός στρατιώτης Hernando Cortez (1485-1547), ήταν ο πρώτος λευκός άνθρωπος που πάτησε το πόδι του στην Πόλη του Μεξικού, ο οποίος σύμφωνα με τις σημειώσεις του περιγράφει ότι το αβοκάντο αποτελούσε βασική τροφή των ιθαγενών. (Νζέιμ 2016) Το 1871, αβοκάντο εισάχθηκε για πρώτη φορά από το Μεξικό στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής στη Σάντα Μπάρμπαρα της Καλιφόρνιας. Μέχρι τη δεκαετία του 1950, υπήρχαν πάνω από 25 εμπορικές ποικιλίες αβοκάντο που συσκευάζονταν και αποστέλλονταν στην Καλιφόρνια, ενώ η ποικιλία Fuerte αντιπροσώπευε περίπου τα δύο τρίτα της παραγωγής. Την δεκαετία του 1970 πραγματοποιήθηκε μια σημαντική επέκταση της βιομηχανίας αβοκάντο, όπου η ποικιλία Hass αντικατέστησε τη Fuerte ως την κορυφαία ποικιλία της Καλιφόρνιας και στη συνέχεια έγινε η κύρια παγκόσμια ποικιλία. (Dreher and Davenport 2013) Στην Ελλάδα σπόροι του αβοκάντο εισήλθαν για πρώτη φορά το 1910 από τις ΗΠΑ. ("Avocado - Wikipedia" n.d.)

Αν και το αβοκάντο καλλιεργείται για περισσότερα από 5.000 χρόνια από τους ανθρώπους τις τελευταίες δεκαετίες εμφανίζεται δραματική αύξηση στην καλλιέργεια. Το αβοκάντο είναι πλέον ένα ευρέως διαδεδομένο φρούτο σε πολλές χώρες ανεξάρτητα από το κλίμα τους (ψυχρό ή θερμό). Αυτό είναι αποτέλεσμα της παγκόσμιας κοινότητας όπου συνειδητοποιεί όλο και περισσότερο την ευελιξία και την θρεπτική αξία της καλλιέργειας. Την τελευταία δεκαετία η παγκόσμια βιομηχανία αβοκάντο έχει περάσει σε μια περίοδο ταχείας τεχνολογικής ανάπτυξης και καινοτομίας. Επίσης εξαιτίας της διατροφικής του αξίας το αβοκάντο εδραιώνεται σαν το πιο θρεπτικό από όλα τα φρούτα. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002)

Το αβοκάντο εντάσσεται στους καρπούς με σημαντική θρεπτική αξία, καθώς αποτελεί σημαντική πηγή απαραίτητων ακόρεστων λιπαρών οξέων, βιταμινών, καλίου και φυτικών ινών, ενώ παράλληλα έχει μικρή περιεκτικότητα σε ζάχαρα. Λόγο της ιδιαίτερης θρεπτικής αξίας το αβοκάντο εντάσσεται συχνά σε δίαιτες υψηλής διατροφικής αξίας, οι οποίες μειώνουν το κίνδυνο του μεταβολικού συνδρόμου (συνύπαρξη πολλαπλών αλληλοσυσχετιζόμενων μεταβολικών διαταραχών όπως είναι η παχυσαρκία, ο σακχαρώδης διαβήτης και η υπέρταση, που αποτελούν παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση καρδιαγγειακής νόσου) στον άνθρωπο. (Καβρουλάκης n.d.)

Οι βοτανικοί τύποι των ποικιλιών του αβοκάντο είναι: του Μεξικού, της Γουατεμάλας και των Δυτικών Ινδιών. Παρατηρείται αξιόλογη διαφοροποίηση των οικολογικών απαιτήσεων, ανάλογα με τον βοτανικό τύπο της ποικιλίας. Επίσης παρουσιάζουν σημαντικές μορφολογικές και φυσιολογικές διαφορές, όπως το μέγεθος καρπού, η υφή του φλοιού, η ελαιοπεριεκτικότητα, η αντοχή της κάθε ποικιλίας στο κρύο, η περίοδος ωρίμασης και συγκομιδής καθώς και την αντοχή τους στην αλατότητα των εδαφών. (Καβρουλάκης n.d.)

Ευδοκιμεί σε περιοχές με σχετικά ζεστά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες, χωρίς παγετούς και ισχυρούς ανέμους. Χρειάζεται μέσης σύστασης εδάφη, γόνιμα, εδάφη διαπερατά με καλή στράγγιση, πλούσια σε οργανική ουσία, με καλή υδατοικανότητα και χαμηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Η διεθνοποίηση της αγοράς του αβοκάντο αλλά και γενικότερα των οπωροκηπευτικών, έχει ως αποτέλεσμα την ραγδαία αύξηση του ανταγωνισμού με σοβαρές επιπτώσεις στις χώρες υψηλού κόστους. Στη Κρήτη το αβοκάντο έχει καταλάβει εξέχουσα θέση. Είναι μια πολύ ανταγωνιστική καλλιέργεια με σαφή εξαγωγικό εμπορικό προσανατολισμό και αυτό οφείλεται στο ότι σε αρκετές περιοχές της Δυτικής Κρήτης συναντά τις ιδανικές εδαφο-κλιματικές συνθήκες για την καλλιέργεια του. (Ντουντουνάκης Λευτέρης n.d.)

Η καλλιέργεια του αβοκάντο στη χώρα μας από πειραματική που ήταν στο ξεκίνημα της, στη συνέχεια εξελίχθηκε μέχρι σήμερα να εμφανίζεται αρκετά προσοδοφόρα. Το 90% της παραγωγής στην Ελλάδα καλλιεργείται στα Χανιά και το Δυτικό Ρέθυμνο, ενώ σημειώνεται αύξηση κάθε χρόνο των δενδρυλλίων που φυτεύονται. (Ανδρονικάκης n.d.)

1.1 Παγκόσμια παραγωγή

Η παγκόσμια καλλιεργήσιμη έκταση αβοκάντο εκτιμάται γύρω στα 4,6 εκατομμύρια στρέμματα. Η καλλιεργούμενη έκταση στην Ευρώπη, φτάνει τα 220 χιλιάδες στρέμματα. Τα τελευταία χρονιά η παγκόσμια κατανάλωση του αβοκάντο έχει αυξηθεί σημαντικά, ως επακόλουθο της τάσης αυτής είναι και η αύξηση της έκτασης καλλιέργειας αβοκάντο. Όπως φαίνεται σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία (FAOSTAT, 2010), την περίοδο από το 2006 μέχρι το 2010 προστέθηκαν ακόμα 600 χιλιάδες στρέμματα, στις ήδη προ υπάρχουσες καλλιέργειες. Η αύξηση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων μέχρι στιγμής εκτιμάται ότι είναι ακόμα μεγαλύτερη. Ως αποτέλεσμα αυτού είναι η αδυναμία εξασφάλισης της ζήτησης νέων δενδρυλλίων αβοκάντο, από τους παραγωγούς πολλαπλασιαστικού υλικού. Συγκεκριμένα παράγονται περίπου 4 εκατομμύρια τόνοι αβοκάντο παγκοσμίως, εκ των οποίων μόνο οι 0,15 εκατομμύρια τόνοι παράγονται στην Ευρώπη. Αυτό αντιστοιχεί σε περισσότερους από 300 χιλιάδες τόνους καρπούς αβοκάντο το χρόνο. Από την Ευρώπη, η μεγαλύτερη παραγωγή βρίσκεται κυρίως στην Ισπανία και στην Πορτογαλία. Το Μεξικό καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής αβοκάντο, και στην συνέχεια ακολουθούν χώρες της Λατινικής Αμερικής, οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, η Ισπανία, χώρες της Αφρικής και της Ασίας όπως και το Ισραήλ. Ανάμεσα σε αυτές τις χώρες βρίσκεται και η Αυστραλία, όπου τα τελευταία χρόνια παράγεται αξιόλογη ποσότητα αβοκάντο. Η παραγόμενη ποσότητα αβοκάντο εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκτιμάται πλέον ότι λόγω της αυξημένης κατανάλωσης, δεν επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών της αγοράς. (Καβρουλάκης n.d.)

Όσον αφορά την Ελλάδα, αν και τα διαθέσιμα αξιόπιστα στατιστικά στοιχεία δεν είναι πολλά, εκτιμάται ότι καλλιεργούνται 6 χιλιάδες στρέμματα καλλιέργειας αβοκάντο, δηλαδή περίπου 5 χιλιάδες τόνοι καρπών αβοκάντο. Αξίζει να σημειωθεί πως περίπου το 80% των

καλλιεργούμενων εκτάσεων βρίσκεται στην περιοχή των Χανίων. Οι συχνότερες επιλεγόμενες ποικιλίες για καλλιέργεια είναι κυρίως η Hass, η Fuerte, η Zutano και η Reed. Ενώ πρόσφατα έχει εισαχθεί και η ποικιλία Lamb Hass από πολλαπλασιαστικό υλικό του εξωτερικού. (Καβρουλάκης n.d.)

Τα τελευταία χρόνια οι καλλιεργούμενες εκτάσεις αβοκάντο στο Νομό Χανίων αυξάνονται με πολύ γρήγορους ρυθμούς καθιστώντας το αβοκάντο μια από τις πιο σημαντικές καλλιέργειες στο νομό Χανίων. Κάθε χρόνο, χιλιάδες νέα δενδρύλλια φυτεύονται, εκτοπίζοντας παραδοσιακές καλλιέργειες. Οι πρώτες πειραματικές καλλιέργειες στα Χανιά είχαν γίνει την δεκαετία του 1960 από το Ινστιτούτο Ελιάς και Υποτροπικών Φυτών Χανίων και συνεχίστηκαν μέσω Μεσογειακών Ολοκληρωμένων προγραμμάτων για την περαιτέρω διάδοση της καλλιέργειας. Υπολογίζεται με βάση στατιστικά στοιχεία του ΕΛΓΑ και του ΟΠΕΚΕΠΕ ότι στον Νομό Χανίων καλλιεργούνται περίπου 2000 στρέμματα όμως αυτός ο αριθμός μπορεί στην πραγματικότητα να είναι πάνω από 10000 στρέμματα. (Βαρίκου et al. n.d.)

Η πώληση του αβοκάντο μέχρι το 1990 απευθυνόταν σχεδόν στο σύνολο της στην εγχωρία αγορά. Τη δεκαετία του 1990 η ένωση αγροτικών συνεταιρισμών Χανίων (Αγροτικός Συνεταιρισμός Χανίων), ξεκίνησε να επεκτείνεται στη πώληση των αβοκάντο σε χώρες του εξωτερικού, συγκεκριμένα 200-700 τόνους ετησίως σε Ηνωμένο Βασίλειο, Γαλλία, Γερμανία και Ολλανδία. Παράλληλα άρχισε να αναπτύσσεται η ζήτηση στην εγχώριο αγορά, με αποτέλεσμα οι εισαγωγές αβοκάντο συνεχώς να αυξάνονται και τα τελευταία 30 χρόνια η καλλιέργεια του αβοκάντο να αποκτά κάθε χρόνο ανοδική πορεία. (Ντουντουνάκης Λευτέρης n.d.) Έτσι υπάρχει μια συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση καρπών αβοκάντο τόσο στις αγορές των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και σε αγορές άλλων χωρών με το αβοκάντο να καταλαμβάνει υψηλές τιμές. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι, η Ελλάδα βρίσκεται σε πλεονεκτική θέση όσον αφορά την απόστασή της από τις αγορές των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε σύγκριση με τις άλλες χώρες που εξάγουν αβοκάντο στις ίδιες αγορές (Ν. Αφρική, Ισραήλ, ΗΠΑ, κλπ.) και παράλληλα με αυτό, τα κρητικά αβοκάντο ξεχωρίζουν στις αγορές της Ευρώπης λόγω της εξαιρετικής τους ποιότητας. (Λιονάκη 2004)

Αξιοσημείωτο είναι ότι το αβοκάντο, λόγω της πολύ υψηλής κατανάλωσης του στις χώρες της Ε.Ε., θεωρείται ένα από τα πιο σημαντικά εν δυνάμει εξαγωγίμα προϊόντα με επιτακτική την ανάγκη αύξησης της εγχώριας παραγωγής. Συγκεκριμένα στη χώρα μας κάθε χρόνο καταναλώνονται περίπου 7.000 τόνοι αβοκάντο. Οπότε για να μπορέσουν να καλυφθούν οι ανάγκες της εγχώριας αγοράς απαιτείται η εισαγωγή περίπου 3.000 τόνων, ενώ από τους 5.200 τόνους που παράγονται στην Ελλάδα, οι 1.200 τόνοι περίπου εξάγονται. (Κουντούρης 2011)

2 Βιολογία και Βοτανική ταξινόμηση

Το αβοκάντο κατατάσσεται στο γένος *Persea*, της οικογένειας *Lauraceae*, της τάξης των *Magnoliales*. Η οικογένεια *Lauraceae* εμπεριέχει άλλα 45 γένη (όπως τη δάφνη του Απόλλωνα (*Laurus nobilis*), τη κάμφορα (*Cinnamomum camphora*) και το κινάμωμον (*Cinnamomum verum*), όπου από τον εσωτερικό του φλοιό παίρνουμε την γνωστή σε όλους κανέλα. Όλα τα είδη του γένους *Persea* έχουν αριθμό χρωματοσωμάτων $2n=24$.

Μαζί με τις οικογένειες *Annonaceae*, *Magnoliaceae* και *Proteaceae* κατατάσσεται μεταξύ των παλαιότερων καταγεγραμμένων φυτών ανθοφορίας. Μέλη της οικογένειας έχουν χρησιμοποιηθεί για τρόφιμα, μπαχαρικά, φάρμακα, καλλυντικές και βιομηχανικές χρήσεις, για ξυλεία αλλά και ως καλλωπιστικά φυτά. Η ταξινόμηση *Persea americana* περιεγράφηκε από τον Linnaeus στο βιβλίο του *Species Plantarum* (1753) ως *Laurus persea* L. *Clusius* (1601) ο οποίος ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε το όνομα *Persea*, που έχει τις ρίζες του στην Ελληνική μυθολογία. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002) Τα είδη του γένους *Persea* είναι ιθαγενή φυτά του Μεξικού, της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής. Το αβοκάντο *Persea Americana* υποδιαιρείται σε τρεις βοτανικούς τύπους, οι οποίες εμφανίζουν διαφορές στη μορφολογία, όπως και διαφοροποίηση και προσαρμογή στις εδαφολογικές απαιτήσεις και κλιματικές συνθήκες. (“Αβοκάντο Φυτό - GAIApedia” n.d.)

Οι τρεις βοτανικές ποικιλίες που διακρίνονται είναι η ποικιλία *americana* (Δυτική Ινδία), η ποικιλία *drymifolia* (Μεξικάνικη) και η ποικιλία *guatemalensis* (Γουατεμάλα). Μεταξύ τους οι παραπάνω βοτανικές ποικιλίες έχουν πολλές αναγνωρισμένες διαφορές στην κλιματική ανοχή, στη μορφή των δένδρων, στα χαρακτηριστικά των φύλλων, των ανθών και των καρπών. Σε γενικές γραμμές, ο τύπος Γουατεμάλας έχει τα πιο χρήσιμα καλλιεργητικά χαρακτηριστικά. Το γενετικό τους υλικό κυριαρχεί παγκόσμια στις υποτροπικές ποικιλίες του αβοκάντο και οι καλύτερες ποικιλίες αυτού του τύπου είναι γνωστές για την επιθυμητή ποιότητα των καρπών, τους μικρούς σπόρους και την αργή ωριμότητα των καρπών. Στον τύπο του Μεξικού οι καλής ποιότητας, μονογενετυπικές (καθαρής σειράς) ποικιλίες είναι σπάνιες αλλά, μεταξύ άλλων, έχουν συμβάλει σημαντικά γονίδια για την πρόωρη ωρίμανση αλλά και για την αντοχή στο ψύχος. Τέλος οι ποικιλίες του τύπου της Δυτικής Ινδίας ή τα υβρίδια τους με του τύπου Γουατεμάλας κυριαρχούν στις τροπικές και ημιτροπικές περιοχές. Οι καρποί αυτού του τύπου φημίζονται για τη σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε έλαια, την υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα και δεν έχουν τόσο γεύση «καρυδιού» όπως έχουν άλλες υποτροπικές ποικιλίες. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002)

- **Τύπος Μεξικού:** Οι καρποί είναι μικροί σε μέγεθος με μικρή μεμβρανώδη επιδερμίδα και κάπως μεγάλο σπέρμα. Τα φύλλα του φύονται μικρά και αναδύουν μυρωδιά γλυκάνισου με την τριβή. Παρουσιάζουν πυκνότερο χνούδι από τους άλλους τύπους αβοκάντο. Η γεύση του είναι πολύ καλή. Ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα από την περίοδο άνθισης και ωρίμανσης του καρπού είναι 6-8 μήνες. Παρουσιάζει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στο ψύχος (δέντρα σε λήθαργο μπορούν να επιβιώσουν ακόμα και στους -6°C). Όμως εμφανίζουν ευπάθεια στην αλατότητα, ως επί το πλείστον στο χλώριο, όπως και στην πλεονάζουσα ποσότητα του CaCO_3 . Τα δέντρα αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται για υβριδισμούς.
- **Τύπος Γουατεμάλας:** Οι καρποί έχουν μεγάλο μέγεθος, πιο παχύ, πιο σκληρό όπως και περισσότερο τραχύ φλοιό σε σύγκριση με τον Μεξικάνικο τύπο. Τα φύλλα είναι μεσαίου μεγέθους. Το σπέρμα του είναι μικρού μεγέθους, ενώ η σάρκα είναι πολύ

εύγευστη. Το δέντρο παρουσιάζει μικρότερη ανθεκτικότητα στο ψύχος (σε λήθαργο στους $-4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ παρουσιάζονται ζημιογόνες επιπτώσεις). Επίσης εδαφολογικά παρουσιάζουν μέση αντοχή στην αλατότητα, ενώ φαίνονται να έχουν αρκετή ευαισθησία στην πλεονάζουσα παρουσία του CaCO_3 .

- Τύπος Δυτικών Ινδιών:** Βρίσκονται μικρόκαρπες αλλά και μεγαλόκαρδές ποικιλίες. Ο φλοιός τους φαίνεται να είναι λεπτότερος και πιο λείος από τον φλοιό που συναντάται στον τύπο Γουατεμάλας. Επίσης η σάρκα έχει μικρότερη περιεκτικότητα (από τον τύπο Γουατεμάλας), ενώ η γεύση είναι πιο γλυκιά. Τα φύλλα είναι μεγάλα, ανοιχτού χρώματος. Οι βλαστοί παρουσιάζουν βραχύτερα μεσογονάτια διαστήματα. Τέλος σημαντική διαφορά σε σύγκριση με τον παραπάνω τύπο, είναι το διάστημα μεταξύ άνθησης και ωρίμανσης που είναι 6-8 μήνες. Ακόμα έχει μεγαλύτερη ευπάθεια στο ψύχος σε σύγκριση και με τους άλλους δυο τύπους. Οπού δέντρα σε λήθαργο, θερμοκρασίες όπως $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές στην καλλιέργεια. Σε αντίθεση με την ευαισθησία στο ψύχος, είναι αρκετά ανθεκτικά στα αλκαλικά εδάφη και στην περίσσεια CaCO_3 .

Πίνακας 1: Σύγκριση χαρακτηριστικών των βοτανικών τύπων του Αβοκάντο.

Χαρακτηριστικά	Βοτανικοί τύποι του αβοκάντο		
	Τύπος Μεξικού	Τύπος Γουατεμάλας	Τύπος Δ. Ινδιών
Προέλευση	Νότιο & Κεντρικό Μεξικό	Κεντρική Γουατεμάλα	Κεντρική και Νότια Αμερική
Φύλλα	Σχετικά μικρά, οσμή γλυκάνισου	Μεγάλα, χωρίς οσμή γλυκάνισου	Μεγάλα, χωρίς οσμή γλυκάνισου
Καρπός	Μικρό (έως 300 gr)	Ποικιλία μεγεθών, συνήθως μεγαλύτερος του Μεξικού	Μεγάλος (500-1100 gr).
Φλοιός καρπού	Λείος & λεπτός	Δερματώδης έως ξυλώδης	Λείος & δερματώδης
Περιεκτικότητα ελαίου	Πολύ υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή
Χρόνος Ωρίμανσης μετά την καρπόδεση	6-8 μήνες	12-16 μήνες	6-8 μήνες
Ανθεκτικότητα στο ψύχος	$-6\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$
Αλατότητα εδάφους	Ευαίσθητη	Μέτρια ανθεκτικότητα	Ανθεκτική
CaCO_3	Ευαίσθητη	Αυξημένη ευαισθησία	Ανθεκτική

2.1 Περιγραφή του δέντρου

Το αβοκάντο είναι αειθαλές δέντρο. Το παρουσιαστικό του δέντρου παρουσιάζει ποικίλες διαφορές ως προς το μέγεθος και το σχήμα της κόμης, λόγω χάρη υπάρχουν ποικιλίες ψηλές, ορθόκλαδες με λίγες διακλαδώσεις, αλλά και κοντές, καλοσχηματισμένες και πλαγιόκλαδες. Συνήθως το ύψος του κυμαίνεται από 5 έως 15 m, όμως μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 20 m. Σπορόφυτα/δεντρύλλια (seedling trees) ποικιλιών του τύπου της Γουατεμάλας (*guatemalensis*) και του τύπου Δυτικής Ινδίας (*americana*), ειδικά στο γηγενές περιβάλλον τους, στο τροπικό δάσος, έχουν την ικανότητα να φτάσουν σε ύψος που υπερβαίνει τα 30 m, ενώ αντίθετα τα σπορόφυτα/δεντρύλλια του τύπου Μεξικού (*drymifolia*) μπορούν να φτάσουν στα 15 m. Αντιθέτως τα δεντρύλλια που έχουν προκύψει από μοσχεύματα είναι μικρότερα. Το ύψος τους εξαρτάται από το ριζικό σύστημα και τις συνθήκες καλλιέργειας. Στους οπωρώνες τα δένδρα στα υποτροπικά μέρη μπορούν να φτάσουν σε ύψος άνω των 10-15 m αλλά συνήθως δεν υπερβαίνουν τα 5-7 m κυρίως λόγω της δυσκολίας στην διαχείριση επιβλαβών οργανισμών (παράσιτα) και της συγκομιδής των καρπών. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002)

Τα καλλιεργούμενα δέντρα αβοκάντο είναι ως επί το πλείστον αειθαλή, παρά την απροσδόκητα σύντομη μακροζωία των φύλλων των 10-12 μηνών (Whiley and Schaffer 1994). Ορισμένες ποικιλίες είναι πιο επιρρεπείς στην αποφύλλωση λίγο πριν την ανθοφορία, ειδικότερα σε στρεσογόνα περιβάλλοντα όπως για παράδειγμα κρύο και ξηρασία, εδάφη με υψηλή αλατότητα και λοίμωξη ρίζας από *Phytophthora cinnamomi*. Η σοβαρή φωτοαναστολή των φύλλων κατά τη χειμερινή περίοδο μπορεί επίσης να επιταχύνει τη γήρανση των φύλλων, επιδεινώνοντας την απώλεια των ριζών τροφοδοσίας που συνοδεύουν τη βαριά ανθοφορία. Τα δέντρα αβοκάντο έχουν την ικανότητα ανάπτυξης με ταχείς ρυθμούς τόσο σε ύψος όσο και σε επιφάνεια. Για παράδειγμα δεν είναι ασυνήθιστο, νεαρά δέντρα, να μεγαλώσουν κατά 1 m ανά έτος σε υγρά υποτροπικά περιβάλλοντα. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002)

Τα ξυλοποιημένα μέρη του αβοκάντο είναι σπογγώδη λόγω των ινών με λεπτό τοίχωμα που περιέχουν. Αυτές προκαλούνται από την ταχεία αύξηση του πάχους των κλαδιών. Τα κλαδιά είναι ευλύγιστα και λυγίζουν με το βάρος των καρπών και δεν είναι τόσο ισχυρά όσο τα κλαδιά εσπεριδοειδών με παρόμοιο πάχος. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002) Ο φλοιός του κορμού όπως και της ρίζας είναι σαρκώδης, παχύς και εύθραυστος. Επίσης είναι κάπως μεγάλης διαμέτρου και στρογγυλοί. Το ξυλοποιημένο μέρος του κορμού είναι σχετικά σπογγώδες, ελαφρύ και πολύ εύθραυστο. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

Οι οφθαλμοί του αβοκάντο είναι μικτοί, φέρει ξυλοφόρους αλλά και απλούς ανθοφόρους οφθαλμούς που καλύπτονται από λέπια. Το επάκριο τμήμα του κύριου άξονα της ταξιανθίας παραμένει συνήθως βλαστικό και σε αυτή την περίπτωση δίνει την κατά μήκος αύξηση του βλαστού, συγχρόνως με την ανάπτυξη των νεαρών καρπών. Οι ξυλοφόροι οφθαλμοί εκπτυσσόμενοι δίνουν βλάστηση, ενώ οι απλοί ανθοφόροι δίνουν βοτρυώδη ταξιανθία, όπου επάκρια ή πλάγια του ανθικού άξονα σχηματίζει ξυλοφόρο οφθαλμό. Οι οφθαλμοί που βρίσκονται στην κάτω πλευρά της ταξιανθίας, όταν εκπτυχθούν, θα δώσουν ταξιανθία ή θα πέσουν. Στο αβοκάντο η διαφοροποίηση των οφθαλμών σε καρποφόρους και βλαστοφόρους, γίνεται 6 έως 8 εβδομάδες πριν από την άνθηση. Κατά τον σχηματισμό των ανθικών καταβολών μέσα στον καρποφόρο οφθαλμό. Η χρονική σειρά εξέλιξης των διαφόρων μερών είναι: άξονας της ταξιανθίας, περιάνθιο, στήμονες και ύπερος. Όταν τα

άνθη γονιμοποιηθούν και εξελιχθούν σε καρπούς, τότε οι απλοί ανθοφόροι οφθαλμοί, που βρίσκονται κάτω από την ταξιανθία, πέφτουν, διαφορετικά εξελίσσονται σαν ταξιανθίες. (Θερμόπουλος 2019) (Μαυρογιαννόπουλος 2004)



Εικόνα 1: Ζώνη παρεμβολής σε βλαστό αβοκάντο [The intercalation zone on an avocado]

Διαφορετικές ανθίσεις σε ένα συγκεκριμένο κλαδί είναι εύκολα αναγνωρίσιμες, επειδή όταν πλησιάζει μια περίοδος λήθαργου (αναστολής της ανάπτυξης), αυτή χαρακτηρίζεται από μικρότερα μεσογονάτια και στη συνέχεια αναπτύσσεται ένας δακτύλιος από στενά διαχωρισμένα νεαρά άνθη, αμέσως κάτω από τον κορυφαίο οφθαλμό, όπου η ανάπτυξη του παρουσιάζει κορυφαία κυριαρχία, αναστέλλοντας την ανάπτυξη των οφθαλμών της μασχάλης (Εικόνα 1). Τα φύλλα είναι κατ' εναλλαγή στους βλαστούς και το σχήμα τους ποικίλει από ωοειδές, ελλειπτικό ως λογχοειδές. Το μήκος των φύλλων εκτείνεται από 7 έως 35 cm. Τα νεαρά αυξανόμενα φύλλα συχνά παρουσιάζουν ερυθρό-μπρούντινη απόχρωση, το χρώμα όμως του ώριμου φύλλου είναι συνήθως λαμπερό πράσινο. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002)

Το αβοκάντο, είναι αιθαλές δέντρο, και δεν αποβάλλει όλα τα φύλλα του συγχρόνως. Όμως υπάρχουν και ορισμένες ποικιλίες που αποβάλλουν όλα τα φύλλα τους συγχρόνως κατά την περίοδο της άνθησης και τα νέα φύλλα εμφανίζονται γρηγορότερα από τον επάκριο ξυλοφόρο των ταξιανθιών. Τα άνθη φέρονται σε ακραίους βότρες, είναι μικρά με διάμετρο 0,5 έως 1,5 cm, λευκά ή ωχροπράσινα ή κιτρινωπά και στις περισσότερες ποικιλίες

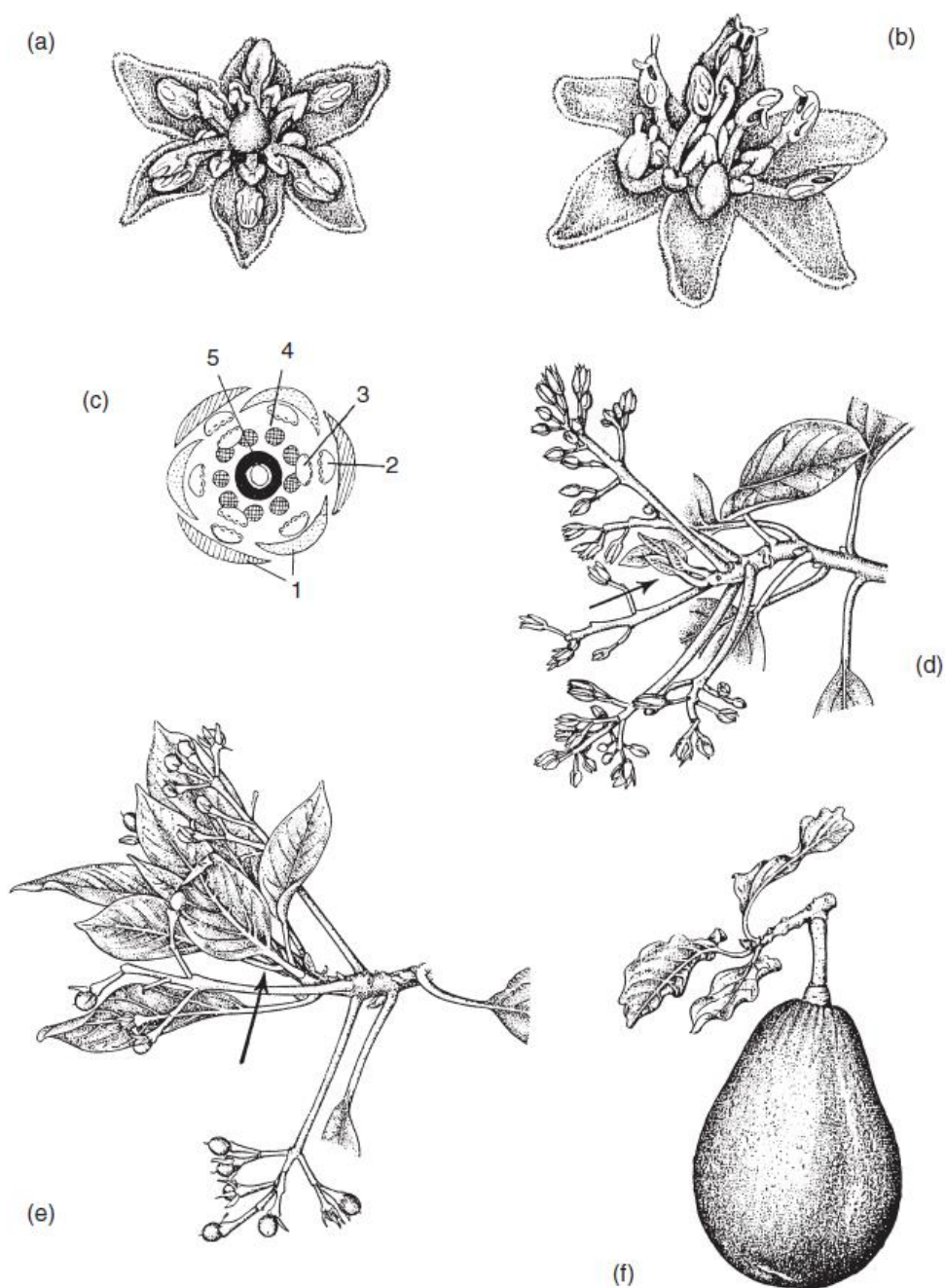
σχηματίζονται σε μεγάλο αριθμό, ελάχιστα όμως από αυτά τα άνθη δίνουν τελικά καρπούς. Τα άνθη του αβοκάντο είναι διγενή και υπόγυνα. Δεν υπάρχει εμφανής διάκριση μεταξύ του κάλυκα και της στεφάνης. Υπάρχουν δώδεκα στήμονες, από τους οποίους οι εννιά είναι γόνιμοι και βρίσκονται σε τρεις σειρές. Ο κάθε ανθήρας έχει 4 θαλάμους γύρης. Στη βάση των εσωτερικών σειρών των στημόνων υπάρχουν πλατύς πορτοκαλόχρωμοι αδένες που κρύβουν νέκταρ. Επίσης η ωοθήκη είναι μονοκύτταρη και περιέχει ένα απλό ωάριο. Ενώ ο στύλος είναι λεπτός με ένα απλό στίγμα. Όλα τα μέρη του άνθους καλύπτονται από τριχίδια εκτός από το στίγμα, τα νεκτάρια και τις κορυφές των στημόνων. Τα άνθη, στο κλίμα της Ελλάδας, εμφανίζονται συνήθως από τον Νοέμβριο ως τον Ιούλιο ενώ αυτή η περίοδος μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία, την τοποθεσία της καλλιέργειάς και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002)

Το ριζικό σύστημα του αβοκάντο είναι επιφανειακό και περίπου το 80% του ριζικού συστήματος βρίσκεται σε βάθος εδάφους γύρω στα 60 cm. Ενώ δεν διαδίδεται πολύ πέρα από την διάμετρο του φυλλώματος του δέντρου. Η απορρόφηση του εδαφικού διαλύματος γίνεται από λευκές κορυφές των ριζιδίων και όχι από τα ριζικά τριχίδια που δεν σχηματίζονται εμφανώς στο αβοκάντο (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

Πιστεύεται ότι τρεις πτυχές της εξέλιξης έχουν διαμορφώσει το ριζικό σύστημα του αβοκάντο. Πρώτον, οι συχνές βροχοπτώσεις, όπως συναντώνται στους γηγενείς βιότοπους των τροπικών δασών. Δεύτερον, τα ταχέως αποστραγγιζόμενα εδάφη, όπως υποδεικνύεται από τις υψηλές απαιτήσεις σε οξυγόνο των ριζών και την ευαισθησία τους στην κακή αποστράγγιση, και τέλος, η παρουσία ενός πλούσιου επιφανειακού οργανικού επιστρώματος, όπως φαίνεται από την τάση των υγρών ριζών τροφοδοσίας να αναπτύσσονται σε οποιαδήποτε αποσυντιθέμενη στρώση απορριμμάτων φύλλων στο έδαφος. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002)

2.2 Αναπαραγωγικές δομές του αβοκάντο

Οι αναπαραγωγικές δομές του αβοκάντο αποτελούνται από τα θηλυκά και τα αρσενικά μέρη του άνθους (ερμαφρόδιτα άνθη), όπου το ίδιο άνθος παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά κατά την διάρκεια μιας ανθικής περιόδου, δηλαδή συμπεριφέρεται είτε ως θηλυκό είτε ως αρσενικό, σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Το θηλυκό άνθος διαθέτει ενεργό στίγμα έτοιμο να δεχθεί γύρη από άλλα άνθη. Ενώ κατά την διάρκεια του αρσενικού ανθούς, οι στήμονες του άνθους είναι πλέον ώριμοι και μπορούν να απελευθερώσουν γύρη. Περισσότερες πληροφορίες παρουσιάζονται στο κεφάλαιο Επικοινωνία. Οι αναπαραγωγικές δομές του αβοκάντο καθώς και σχεδιαγράμματα των αρσενικών και θηλυκών ανθέων παρουσιάζονται στην Εικόνα 2. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002)



Εικόνα 2: Αναπαραγωγικές δομές (μέρη) του Αβοκάντο (*Persea americana* Mill.)

Στην Εικόνα 2 απεικονίζονται τα αναπαραγωγικά μέρη του αβοκάντο:

- (a) Άνθος σε θηλυκό στάδιο.
- (b) Άνθος σε αρσενικό στάδιο (απελευθέρωση γύρης).
- (c) Σχεδιάγραμμα του άνθους όπου 1 = σέπαλα και πέταλο. 2 = στύλος μεσαίας σπείρας. 3 = στύλος εσωτερικού σπειρώματος. 4 = αδενικό στυνοειδές (ένας στείρος στύλος, συχνά υποτυπώδης, μερικές φορές σαν πέταλο). 5 = ύπερος άνθους.
- (d) Ταξιανθία με κορυφαίο βλαστικό οφθαλμό (βλ. βέλος).
- (e) Καρπόδεση και ανάπτυξη των βλαστών την άνοιξη (βλ. βέλος).
- (f) Καρπός αβοκάντο.

2.3 Ανθοφορία

Τα πρωτογενή άνθη βρίσκονται συνήθως σε κορυφαίους και πλαγίους οφθαλμούς, τόσο από βλαστούς που βγαίνουν την άνοιξη, όσο και από εκείνους που φύονται το καλοκαίρι, από 4 έως 5 εβδομάδες έως και 2 μήνες ή και περισσότερο πριν από την άνθιση. Στα υποτροπικά κλίματα, πολλοί ανθοφόροι οφθαλμοί θα διογκωθούν αρχικά το χειμώνα, πριν από την έναρξη της άνθησης την άνοιξη. Η αιχμή της ανθοφορίας ποικίλει εποχικά κατά περίπου 4 εβδομάδες. Ενώ ανά γεωγραφική περιοχή ο συγχρονισμός της ανθοφορίας είναι συνάρτηση πολύπλοκων αλληλεπιδραστικών παραγόντων. Επιπλέον, η ανθοφορία στο αβοκάντο δεν είναι τόσο καλά συγχρονισμένη όσο είναι για παράδειγμα στα εσπεριδοειδή. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002)

Η ανθοφορία σε μια συγκεκριμένη ποικιλία μπορεί να επεκταθεί σε μια περίοδο 6 εβδομάδων ή και περισσότερο, με μια νέα ομάδα από λουλούδια να ανοίγει για πρώτη φορά κάθε μέρα. Ο χρόνος και η διάρκεια της άνθησης, εξαρτώνται από την ποικιλία και επηρεάζονται σημαντικά από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Γενικά οι ποικιλίες του τύπου Μεξικού έχουν πρώιμη άνθηση αφού ορισμένες από αυτές αρχίζουν την άνθηση από τον Ιανουάριο ή το Φεβρουάριο. Οι ποικιλίες του τύπου Δυτικών Ινδιών σε σύγκριση με τους άλλους τύπους είναι μέσης εποχής ενώ οι περισσότερες ποικιλίες του τύπου Γουατεμάλας έχουν οψιμότερη άνθηση. Για παράδειγμα στη Καλιφόρνια ανθίζουν κατά το Μάρτιο ή τον Απρίλιο. Η σειρά άνθησης στην περιοχή του Ισραήλ είναι: ποικιλίες τύπου Μεξικού - Υβρίδια Μεξικού και Γουατεμάλας (Fuerte, Ettinger) – Ποικιλίες τύπου Γουατεμάλας (Hass, Reed, Nabal) – Ποικιλίες τύπου Δυτικών Ινδιών. Η διάρκεια της άνθησης ανάλογα με την ποικιλία μπορεί να είναι από 1 έως 4 μήνες. Ως περίοδος άνθησης χαρακτηρίζεται η χρονική διάρκεια εμφάνισης των αρχικών ανοικτών ανθέων μέχρι την διάρκεια των τελευταίων ανοικτών ανθέων. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002)

Το άνθος του αβοκάντο είναι υπόγυνο, κανονικό, πλήρες και τριμερές με μήκος περίπου 3 -7 mm. Υπάρχουν έξι πράσινο-κίτρινα τμήματα του περιανθίου, σε δύο εναλλασσόμενα σπειροειδή, που περιγράφονται ως τρία εξωτερικά σέπαλα και τρία εσωτερικά πέταλα (Εικόνα 2 c), τα τελευταία είναι ελαφρώς μακρύτερα με μήκος 5-6 mm. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002) Τα άνθη του αβοκάντο φέρονται σε βοτρυώδεις ταξιανθίες. Ένα δέντρο μπορεί να έχει εκατοντάδες ταξιανθίες ενώ κάθε μια μπορεί να έχει κάθε δυνητικά εκατοντάδες ή χιλιάδες άνθη. Έτσι, ένα ώριμο δέντρο μπορεί να φέρει ένα εκατομμύριο άνθη. Οι ταξιανθίες αναδύονται πιο συχνά από τους επάκριους ανθοφόρους οφθαλμούς, αλλά και από τους πλάγιους ανθοφόρους οφθαλμούς. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

Τα δένδρα των περισσότερων ποικιλιών και κυρίως του τύπου Μεξικού και των υβριδίων του, χαρακτηρίζονται από υπερβολικό αριθμό ανθέων. Στην πράξη όμως ελάχιστα από αυτά δίνουν καρπό. Αν κατά την διάρκεια της άνθησης οι κλιματικές συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές και τα άνθη δεν γονιμοποιηθούν και πέσουν, μερικοί οφθαλμοί κάτω από την αρχική ταξιανθία είναι δυνατόν να δώσουν άλλες ταξιανθίες, παρατείνοντας έτσι την περίοδο της άνθησης. Η διαφοροποίηση αυτής της δεύτερη σειράς καρποφόρων οφθαλμών, γίνεται λίγες εβδομάδες πριν από την άνθηση. Μετά το τέλος της κύριας περιόδου άνθησης και εφόσον η γονιμοποίηση πραγματοποιηθεί κανονικά, οι οφθαλμοί αυτοί που βρίσκονται κάτω από τις ταξιανθίες, πέφτουν. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

Ένα δέντρο μεγάλου μεγέθους είναι πιθανό να έχει πάνω από ένα εκατομμύριο άνθη. Όμως ένα υψηλό ποσοστό από αυτά μπορεί να είναι στείρα ή μη φυσιολογικά. Ωστόσο, αν υπό ευνοϊκές συνθήκες μπορεί να γίνει καρπόδεση σε ικανοποιητικό βαθμό, είναι πολύ συνηθισμένο φαινόμενο η καρπόπτωση. Έτσι μια μεγάλη παραγωγή μπορεί να ληφθεί από μόλις 200 μικρά δένδρα (με υψηλή παραγωγικότητα), τα οποία θα δώσουν μέχρι και 500 ώριμους καρπούς ανά δέντρο. Κάποιοι παράγοντες που συντελούν στην μειωμένη καρπόδεση είναι η δυσκολία στην επικονίαση που οφείλεται στην μη επικάλυψη ανθών αρσενικού και θηλυκού σταδίου. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002)

2.4 Επικονίαση

Παρόλο που τα άνθη του αβοκάντο είναι ερμαφρόδιτα παρουσιάζουν αρκετές ιδιομορφίες στη λειτουργικότητα τους. Δηλαδή το κάθε άνθος σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα συμπεριφέρεται μόνο σαν θηλυκό ή μόνο σαν αρσενικό, όπου ονομάζεται «ημερήσια πρωτογενική σύγχρονη διχογαμία» (Ξερουδάκη 2008). Ένα άνθος σε όλη την διάρκεια της ζωής του ανοίγει δυο φορές. Την πρώτη φορά λειτουργεί σαν θηλυκό, δηλαδή το στίγμα του είναι έτοιμο να δεχθεί γύρη από άλλα άνθη, ενώ οι στήμονες του είναι ανώριμοι και δεν απελευθερώνουν γύρη. Κατά την διάρκεια του σταδίου αυτού, το άνθος παραμένει ανοικτό μόνο για δυο ή τρεις ώρες και στην συνέχεια κλείνει και παραμένει κλειστό μέχρι την επόμενη μέρα, οπότε και ανοίγει ξανά. Στο δεύτερο άνοιγμα το άνθος λειτουργεί σαν αρσενικό, που σημαίνει ότι οι στήμονες του είναι ώριμοι και απελευθερώνουν γύρη, ενώ το στίγμα δεν είναι δεκτικό γι' αυτήν. Σε αυτό το στάδιο το άνθος παραμένει ανοικτό για λίγες ώρες και μετά κλείνει χωρίς να ανοίξει ξανά. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

Τις ποικιλίες του αβοκάντο από πλευράς επικονίασης, μπορούμε να τις κατατάξουμε σε δυο κατηγορίες. Στη πρώτη κατηγορία (Α τύπος ανθήσεως) το πρώτο άνοιγμα ενός άνθους είναι θηλυκό και πραγματοποιείται το πρωί, ενώ το αρσενικό (2^ο άνοιγμα) πραγματοποιείται το απόγευμα της επομένης μέρας. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει η ποικιλία Hass. Και στην δεύτερη κατηγορία (Β τύπος ανθήσεως) όπου συμβαίνει το αντίθετο. Με το θηλυκό (1^ο άνοιγμα) να γίνεται το απόγευμα και το αρσενικό άνοιγμα να γίνεται το πρωί της επόμενης μέρας. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει η ποικιλία Fuerte. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος επικονιάσεως στο δενδροκομείο είναι η σταυρεπικονίαση. Υπάρχουν περιπτώσεις όμως όπου αρκετές ποικιλίες καρποφορούν χωρίς να υπάρχουν ευκαιρίες για σταυρεπικονίαση. Σε τέτοιες περιπτώσεις φαίνεται ότι κατά την διάρκεια μιας μακράς περιόδου άνθησης και λόγω διακυμάνσεων της θερμοκρασίας, συμβαίνει συχνά επικάλυψη των δυο σταδίων ανοίγματος των ανθέων. Δηλαδή πάνω στα δένδρα της ίδιας ποικιλίας ή ακόμα και στο ίδιο δέντρο την ίδια χρονική στιγμή βρίσκονται άνθη ανοιχτά και από τα δύο στάδια (θηλυκό και αρσενικό), αυτό κάνει δυνατή τη γονιμοποίηση μεταξύ ανθέων της ίδιας ποικιλίας ή του ίδιου δένδρου (χρειάζεται θερμοκρασία 5 °C και πάνω για επιτευχθεί η άνθιση). (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

Για να γίνει η επικονίαση χρειάζεται να επιτευχθεί η μεταφορά της γύρης στο δεκτικό στίγμα, ώστε στη συνέχεια να προχωρήσει η διαδικασία της καρπόδεσης. Η επικονίαση πραγματοποιείται είτε με τον άνεμο, είτε με τα έντομα δρουν ως μεταφορείς της γύρης (όπως μέλισσες), αλλά και με μηχανικά μέσα επαφής του στίγματος με τους ανθήρες. (Ξερουδάκη 2008) Έρευνες στην Santa Barbara της Καλιφόρνιας έδειξαν ότι παρατηρήθηκε αύξηση του

ποσοστού των καρπών σε ποικιλία Hass (Α τύπος ανθήσεως) σε δένδρα που υπήρχαν πλησίον σε ποικιλία τύπου Β ανθήσεως όπως η Bacon, η Fuerte και η Zutano. (G. S. Bender, n.d.)

2.5 Καρπός του αβοκάντο

Ο καρπός του αβοκάντο είναι μονόσπερμη ράγα, ποικίλει εξαιρετικά σε μέγεθος, σχήμα, χρώμα και άλλα χαρακτηριστικά. Όπως για παράδειγμα οι καρποί του *Persea drymifolia* είναι αρκετά μικροί ενώ αντίθετα υπάρχουν και μεγαλόκαρπες ποικιλίες, όπως η *americana*, οι οποίες δίνουν καρπούς που μπορεί να φτάσουν πάνω από 1,5 Kg ο ένας. Το σχήμα των καρπών ποικίλει και μπορεί να είναι σφαιρικό, ωοειδές, κωνικό ή φιάλης και με όλες τις μεταξύ τους διαβαθμίσεις. Το χρώμα κυμαίνεται από λαμπερό κίτρινο, σκοτεινό πράσινο μέχρι και σκούρο πορφυροειδές. Η επιδερμίδα είναι λεπτή και μεμβρανώδης στο *P. drymifolia*, ενώ στο *americana* είναι παχιά και σκληρή. Το αβοκάντο είναι σαρκώδης καρπός, η σάρκα (που είναι και το φαγώσιμο μέρος) καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του καρπού και βρίσκεται μεταξύ της επιδερμίδας και του σπόρου.

Η σάρκα του αβοκάντο, έχει βουτυρώδη υφή και περιέχει υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά. Το χρώμα της σάρκας, τοποθετείται από κρεμ ως λαμπερό κίτρινο και συχνά πρασινωπό κοντά στη επιδερμίδα. Η σάρκα διασχίζεται από την βάση έως την άκρη του σπόρου από λεπτές διακλαδιζόμενες ίνες. Οι ίνες αυτές προέρχονται από το αγγειακό σύστημα του καρπού. Κάθε καρπός περιέχει ένα σπέρμα, όμως το σχήμα του σπέρματος διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία. Υπάρχουν σπέρματα που έχουν σφαιρικό σχήμα, κωνικό ή και μακρόστενο. Το σπέρμα είναι ανάτροπο, ενώ καλύπτεται από δύο περιβλήματα, τα οποία είναι συνηθώς κολλημένα μεταξύ τους. Κάτω από το περίβλημα αυτό υπάρχουν δύο κοτυληδόνες, ωστόσο μπορεί να εντοπίζονται και τρεις όπως για παράδειγμα συμβαίνει στο *P. drymifolia*. Οι κοτυληδόνες είναι άσπρες ή πράσινες και έχουν λεία ή τραχιά επιφάνεια. Επίσης ο ποδίσκος του καρπού είναι συνηθώς βραχύς, κυλινδρικού ή ελαφρά κωνικού σχήματος.

Ο καρπός του αβοκάντο έχει πολύ ιδιαίτερη γεύση, ενώ έχει μεγάλη θρεπτική αξία σε σύγκριση με άλλους καρπούς. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες είναι κατά μέσο όρο 2,1% και είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από την περιεκτικότητα πρωτεϊνών άλλων νωπών φρούτων όπως: μήλα, αχλάδια, φράουλες, εσπεριδοειδή και μπανάνες. Τα ανόργανα στοιχεία που περιέχονται στην τέφρα καταλαμβάνουν κατά μέσο όρο το 1,32%, δηλαδή δύο με τρεις φορές αυξημένα από άλλα φρέσκα φρούτα. Ο μέσος όρος της ξηράς ουσίας είναι 29,44%, αυτό σημαίνει ότι είναι ο μεγαλύτερος από κάθε άλλο φρούτο, όπως για παράδειγμα, η ξηρά ουσία της μπανάνας είναι 25%. Ο μέσος όρος των υδατανθράκων στο αβοκάντο, είναι 4,5% και όπως φαίνεται είναι σημαντικά μικρότερος από τα άλλα φρούτα που περιέχουν υδατάνθρακες 8-10% ή και πάνω από 20%. Ο μέσος όρος των λιπαρών είναι 20%, σε αντίθεση με άλλα φρούτα περιέχουν ελάχιστες ποσότητες ή και μηδαμινές ποσότητες. Από έρευνες έχει προκύψει ότι η πεπτική αξία του λίπους που περιέχεται στο αβοκάντο για τον άνθρωπο είναι ίδια με αυτή του λίπους του γάλακτος. Τέλος οι καρποί του αβοκάντο είναι άριστη πηγή βιταμίνης Β, καλή πηγή βιταμίνης Α, C και επιπλέον περιέχουν βιταμίνες D και E. Η θερμιδική του αξία είναι περίπου 1060 Kcals δηλαδή 2,5 φορές μεγαλύτερη από υπόλοιπα φρούτα. Όπως φαίνεται, σύμφωνα με τα παραπάνω ο καρπός του αβοκάντο έχει πολύ καλές πεπτικές ιδιότητες και έχει την ικανότητα να εφοδιάζει τον οργανισμό με όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, το αβοκάντο να θεωρείται πλήρους τροφή. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

2.6 Ανάπτυξη των καρπών

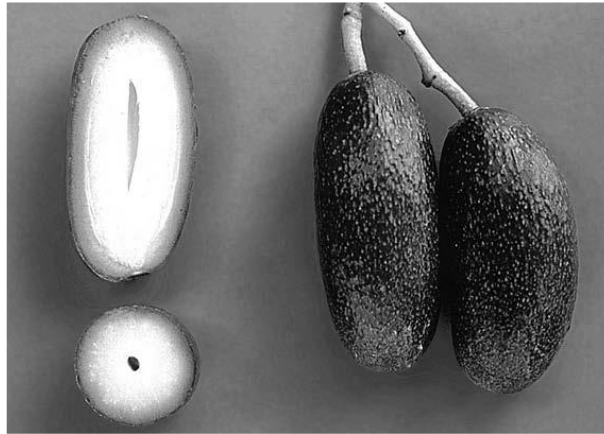
Έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες σχετικά με τη μορφολογία και την ανατομία της ανάπτυξης των καρπών του αβοκάντο, η οποία μπορεί να διαρκέσει από 6 έως 12 μήνες ανάλογα με την ποικιλία και τις συνθήκες που επικρατούν σε κάθε καλλιέργεια. Η καμπύλη ανάπτυξης του καρπού είναι σιγμοειδής όταν μετρηθεί σαν συνάρτηση της αύξησης της μάζας ή του όγκου.

Συνήθως στα σαρκώδη φρούτα, το μεγαλύτερο ποσό της κυτταρικής διαίρεσης εμφανίζεται στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του καρπού και στην συνέχεια ακολουθεί η αύξηση των κυττάρων. Ωστόσο ο καρπός του αβοκάντο, είναι ασυνήθιστος, διότι η κυτταρική διαίρεση συνεχίζεται, αν και με βραδύτερο ρυθμό για όσο διάστημα ο καρπός βρίσκεται στο δέντρο. Οι διαφορές στο μέγεθος των καρπών φαίνεται να οφείλονται κυρίως στον αριθμό των κυττάρων και όχι στο μέγεθός τους. Ο καρπός του αβοκάντο εξαρτάται από τον σπόρο του για περισσότερο χρονικό διάστημα από ότι οι περισσότεροι σαρκώδεις καρποί και μόνο με τον εκφυλισμό και το μαύρισμα του φλοιού του καρπού, είναι ο σπόρος ώριμος και ανατομικά απομονωμένος από τη σάρκα.

Οι καρποί του αβοκάντο για όσο χρονικό διάστημα βρίσκονται στο δέντρο δεν θα ωριμάσουν. Με βάση το παραπάνω γεγονός γίνεται δυνατή η παρατεταμένη παραμονή των καρπών πάνω στο δέντρο μετά την επίτευξη της ωριμότητας. Ειδικότερα σε δροσερά περιβάλλοντα με λίγους ή χωρίς στρεσογόνους παράγοντες. Έτσι η συγκομιδή δύναται να καθυστερήσει από 3 μήνες σε ποικιλίες τύπου δυτικής Ινδίας, έως και 6 μήνες για ποικιλίες του τύπου Γουατεμάλας, ιδιαίτερα εάν οι τελευταίοι καλλιεργούνται σε δροσερό υποτροπικό περιβάλλον. Η καθυστερημένη συγκομιδή ωστόσο έχει επίπτωση στη διάρκεια ζωής των καρπών, αφού μειώνεται σημαντικά, ενώ επίσης παρατηρείται και μειωμένη παραγωγή.

Σαν αποτέλεσμα παρθενοκαρπίας έχουν υπάρξει και άσπερμοι καρποί αβοκάντο δηλαδή χωρίς σπόρο. Οι συγκεκριμένοι καρποί στο αβοκάντο είναι περίπου δέκα φορές μικρότεροι σε μέγεθος και έχουν διαφορετικό σχήμα, είναι συνήθως πιο επιμήκης και συνήθως αναφέρονται ως «cocktail αβοκάντο», αν και δεν είναι πολύ διαδεδομένα στην Ελλάδα. Η διατομή ενός αβοκάντο χωρίς σπόρο φαίνεται στην Εικόνα 3. (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002) Έχει διαπιστωθεί ότι τα αβοκάντο χωρίς σπόρο προέκυψαν από στείρα θηλυκά (cryptically male) άνθη σε συνεχώς χαμηλής απόδοσης δέντρα της ποικιλίας «Fuerte», στα οποία η ανάπτυξη του ενδοσπερμίου σταμάτησε νωρίς και το έμβρυο έπαψε να αναπτύσσεται. (Steyn, Robbertse, and Smith 1993)

Το περισπέρμιο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του καρπού. Στους νεαρούς καρπούς το περισπέρμιο είναι παχύ, λευκό και σαρκώδες και αποτελεί πλούσια πηγή φυτοορμονών ανάπτυξης (promotive growth substances). Με την ωρίμανση το περισπέρμιο αποκτά καφέ χρώμα και οι αγγειακές συνδέσεις που έχει χάνονται και η ανάπτυξη του σπόρου σταματάει. Ο πρόωρος θάνατος του περισπερμίου σχετίζεται πάντοτε με την πτώση των καρπών που συνοδεύει την έξαψη της ανάπτυξης το καλοκαίρι, καθώς και με καρπούς μικρότερους σε μέγεθος, στην περίπτωση που δεν επέλθει καρπόπτωση. Μελέτες έχουν δείξει ότι στρεσογόνοι παράγοντες συντελούν στον πρόωρο θάνατο του περικαρπίου. Η διαδικασία αυτή μπορεί μερικώς να ανακουφιστεί από την εδαφοκάλυψη (mulching) και τη βελτίωση της υγείας των ριζών, όπως και με την λίπανση σε πιθανή έλλειψη ανόργανων στοιχείων. (Cowan et al. 1997)



Εικόνα 3: Αβοκάντο χωρίς σπόρο

Τα άγρια αβοκάντο στα νεοτροπικά δάση είναι πολύ λιγότερο συνηθισμένα. Ο άνθρωπος είναι υπεύθυνος την διασπορά και την εξαπλώση του αβοκάντο σε χωριά και οπωρώνες, από την εξαφάνιση των πολύ μεγάλων θηλαστικών. Ο καρπός του αβοκάντο είχε εξελιχθεί με βάση τα πολύ μεγάλα θηλαστικά όπου έπρεπε να καταποθεί ολόκληρος για την βέλτιστη αναπαραγωγή του.

2.7 Πολλαπλασιασμός

Το αβοκάντο έχει την δυνατότητα πολλαπλασιασμού με όλους τους γνωστούς τρόπους πολλαπλασιασμού, όμως ο πιο συνηθισμένος τρόπος είναι η δημιουργία σπορόφυτων και ο εμβολιασμός τους με την επιθυμητή ποικιλία. Σαν υποκείμενο χρησιμοποιούνται συνήθως σπορόφυτα των ποικιλιών τύπου Μεξικού. Τα σπορόφυτα είναι περισσότερο ανθεκτικά στη χλώρωση που προέρχεται από ενεργό ασβέστιο στο έδαφος, καθώς και στις ασθένειες όπως αδρομύκωση (*Verticillium albo-atrum*) και έλκη του κορμού (*Dothiorella gregaria*). Τα σπορόφυτα των ποικιλιών τύπου Γουατεμάλας δεν προτιμώνται, αν και δίνουν ζηρά δενδρύλλια μετά τον εμβολιασμό ενώ τα υποκείμενα είναι περισσότερο ευαίσθητα στις ασθένειες και στο ψύχος.

Οι σπόροι επιλέγεται να προέρχονται από δένδρα του τύπου Μεξικού και κυρίως κάποιας ποικιλίας δοκιμασμένης για την παραγωγή υγιών και ζηρών σπορόφυτων. Οι καρποί που θα δώσουν τους σπόρους μαζεύονται ώριμοι και υγιείς πάνω από το δένδρο και ποτέ δεν επιλέγονται καρποί που έχουν πέσει κάτω, διότι ελλοχεύει ο κίνδυνος να είναι μολυσμένοι από διάφορους μύκητες και κυρίως από τον *Phytophthora cinnamomi*. Μετά την εξαγωγή των σπόρων από τους καρπούς, όσοι είναι μικρότεροι ή δεν έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τους τυπικούς σπόρους της ποικιλίας, πρέπει να απομακρύνονται. Οι πιο συνηθισμένες ποικιλίες που χρησιμοποιούνται για την προμήθεια σπόρων είναι η Τορα-Τορα και Μεξικόλα. Μερικές επιλογές της ποικιλίας Duke έχουν δείξει αξιόλογη ανθεκτικότητα στο μύκητα *Phytophthora cinnamomi*, χωρίς όμως να παρουσιάζουν ανοσία.

2.7.1 Απολύμανση σπόρων

Ο μύκητας *Phytophthora cinnamomi* αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για την καλλιέργεια του αβοκάντο, γιατί δεν υπάρχει ακόμα άνοσο υποκείμενο. Η πρόληψη της διάδοσης αυτού του μύκητα θα πρέπει να είναι η κύρια φροντίδα κατά τον πολλαπλασιασμό. Οπότε μετά την

παραλαβή των σπόρων για να την αποφυγή του κινδύνου εξάπλωσης της μόλυνσης γίνεται απολύμανση των σπόρων.

2.7.2 Φύτευση των σπόρων

Οι σπόροι θα πρέπει να φυτεύονται σε έδαφος που δεν έχει ξαναφυτευθεί αβοκάντο ή άλλα φυτά που προσβάλλονται από το *Phytophthora cinnamomi* ή το *Verticillium*. Για την καλύτερη καρπόδεση και αύξηση της παραγωγής θα πρέπει στην ίδια καλλιέργεια, να υπάρχει συνδυασμός διαφορετικών ποικιλιών, δηλαδή να υπάρχει ποικιλία για επικονίαση (καλύτερη αναλογία είναι 8:1) και έντομα-επικονιαστές κυρίως μέλισσες. Οι αποστάσεις φύτευσης επίσης παίζουν ρόλο στην ποσότητα της παραγωγής αφού οι πυκνότερες φυτεύσεις αυξάνουν την παραγωγή. (Βαρίκου et al. n.d.)

2.8 Παρενιαυτοφορία

Παρενιαυτοφορία ονομάζεται το φαινόμενο όπου ενώ το δέντρο βρίσκεται σε πλήρη καρποφορία και παράγει ικανοποιητική ποσότητα καρπών. Ωστόσο παρατηρείται απότομη πτώση της παραγωγής την επόμενη χρονιά, της οποίας τα αίτια δεν είναι παθολογικά ή κλιματολογικά, αλλά οφείλονται σε μεγάλο ποσοστό στην κατανάλωση των θρεπτικών αποθεμάτων της καλλιέργειας. Το φαινόμενο είναι πιο έντονο σε μη ποτιστικούς δενδρώνες. Πιθανόν αυτό συμβαίνει στον ανταγωνισμό μεταξύ βλάστησης και καρπών κατά τη χρονιά της υψηλής καρποφορίας. (“Παρενιαυτοφορία - Βικιπαίδεια” n.d.)

Πιο συγκεκριμένα η αιτία αυτού του φαινομένου είναι η υπερβολική ανθοφορία και καρποφορία της μιας χρονιάς, όπου ως συνέπεια να παρατηρείτε η εξάντληση του δένδρου σε υδατάνθρακες και αζωτούχα συστατικά. Ως επακόλουθο αυτού είναι να μην απομένουν αποθησαυριστικές ουσίες για την επόμενη παραγωγή. Για αυτό συνιστάται η ποσότητα των θρεπτικών στοιχείων να καλύπτουν επαρκώς τις ανάγκες των φυτών σε κάθε φάση του φαινομένου, μειώνοντας έτσι και την επίδραση του σε αυτά. (“Ελιά: Πως Να Μειώσουμε Την Παρενιαυτοφορία Στα Ελαιόδεντρα | Yara Ελλάς” n.d.)

Τέλος, για την ελάττωση της εντάσεως του φαινομένου της παρενιαυτοφορίας ο παραγωγός, μπορεί να βοηθήσει την καλλιέργεια με κατάλληλες τεχνικές κλαδέματος, ορθή λίπανση και σωστή άρδευση αναλόγως τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, αλλά και τις απαιτήσεις του εδάφους, της εκάστοτε καλλιέργειας. Παρενιαυτοφορία παρουσιάζεται σε καλλιέργειες όπως πορτοκαλιές (κάποιες ποικιλίες), ελιές και αβοκάντο. (“Παρενιαυτοφορία - Βικιπαίδεια” n.d.)

Κάποια υβρίδια μεταξύ των τύπων Μεξικού και Γουατεμάλας, καθώς και διάφορες ποικιλίες του τύπου Γουατεμάλας, κάτω από ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος και καλλιεργητικής τεχνικής, έχουν την δυνατότητα να δίνουν κάθε χρόνο ικανοποιητική παραγωγή. Για τις υπόλοιπες ποικιλίες αυτός είναι ο επιδιωκόμενος σκοπός. Επειδή πολλά δένδρα μετά από μια χρονιά μεγάλης καρποφορίας, ρίχνουν κανονικά τον επόμενο χρόνο τα άνθη και τους μικρούς καρπούς, ακόμα κι αν οι συνθήκες καρποφορίας είναι ευνοϊκές. Αυτό σημαίνει ότι στις περισσότερες ποικιλίες υπάρχει μια τάση για παρενιαυτοφορία. Οι Cameron και Borst αναφέρουν ότι το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην εξάντληση του δέντρου από υδατάνθρακες την χρονιά της καρποφορίας. Έτσι την επόμενη χρονιά δεν έχει τα απαιτούμενα αποθέματα για να αναπτύξει μια καλή σοδειά. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

2.9 Βιταμίνες και θρεπτική αξία

Τα τροπικά φρούτα έχουν πολύ σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία. Συμβάλουν σημαντικά στην ανθρώπινη διατροφή και στην δημιουργία φαρμάκων. (Drew and Smith 2010) Κλινικές μελέτες έχουν δείξει ότι η κατανάλωση αβοκάντο βοηθά στην υγεία της καρδιάς, του κυκλοφορικού και στα φυσιολογικά επίπεδα της αρτηριακής πίεσης. Επίσης το αβοκάντο μπορεί να βοηθήσει στην διαχείριση του σωστού βάρους στην πρόληψη της γήρανσης και για την υγεία του δέρματος. (Dreher and Davenport 2013)

Το αβοκάντο περιέχει πάνω από 20 βιταμίνες και μέταλλα, συμπεριλαμβανομένου του καλίου (που βοηθάει στην ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης), της λουτεΐνης (που βοηθάει στην υγεία των ματιών) και του φυλλικού οξέος (που είναι ζωτικής σημασίας για την υγεία των κυττάρων, όπως κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης). Επίσης το αβοκάντο αποτελεί μια καλή πηγή βιταμινών Β, οι οποίες συμμετέχουν στον μεταβολισμό των υδατανθράκων, των λιπών και των πρωτεϊνών, αυτό σημαίνει ότι είναι απαραίτητες για την ομαλή λειτουργία και την ανάπτυξη του οργανισμού, καθώς και για την σύνθεση διάφορων ορμονών και για την καλή κατάσταση των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Ακόμα το αβοκάντο λόγω των βιταμινών και των μετάλλων που περιέχει βοηθάει στην πρόληψη του καρκίνου. (“Everything You Need to Know About Avocados” n.d.)

Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να παρατηρηθεί ερυθρός μεταχρωματισμός της επιφάνειας στο κοίλο σημείο μεταξύ σάρκας και σπέρματος. Αυτό οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση ταννινών, ως συνέπεια της υπερβολικής ωρίμανσης. Επίσης μπορεί να οφείλεται σε τραυματισμό του καρπού, όπου με την δημιουργία ανοίγματος, οι ταννίνες οξειδώνονται σε επαφή με το οξυγόνο. Τόσο η σάρκα όσο και ο σπόρος ενός αβοκάντο περιέχουν ταννίνες, αλλά μόνο οι σπόροι έχουν αρκετά υψηλή συγκέντρωση για να δημιουργήσουν ένα κόκκινο χρώμα. Η παρουσία ταννίνης στη σάρκα του καρπού εξηγεί γιατί γεύση του αβοκάντο είναι πικρή όταν μαγειρεύεται. Οι σπόροι αβοκάντο περιέχουν περίπου 13,6% ταννίνη. (“Why Do Avocados Turn Red?” n.d.)

Η ταννίνη είναι κάπως τοξική για πολλά μηρυκαστικά όπως αιγοειδή ή πρόβατα. Μερικοί ιδιαίτερα ευαίσθητοι άνθρωποι αντιμετωπίζουν δυσπεψία όταν καταναλώνουν υψηλές ποσότητες ταννίνης. Σε πολύ υψηλές ποσότητες, η ταννίνη μπορεί να μειώσει την ικανότητα του πεπτικού συστήματος να απορροφήσει ορισμένα διαιτητικά ορυκτά όπως ο σίδηρος. Ιστορικά, το γαλακτώδες, πλούσιο σε ταννίνη υγρό από τις κοιλότητες αβοκάντο χρησιμοποιήθηκε ως μελάνι. Πολλά έγγραφα που σώζονται από την ισπανική κατάκτηση της Κεντρικής Αμερικής και της Νότιας Αμερικής γράφονται με μελάνι με βάση το αβοκάντο, το οποίο είναι συνήθως σκούρο κόκκινο χρώμα. (“Why Do Avocados Turn Red?” n.d.)

Το έλαιο του αβοκάντο είναι μια εξαιρετική επιλογή για την διατροφή. Μπορεί να συγκριθεί με το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο, αλλά παρουσιάζει υψηλότερο σημείο καπνίσματος, αυτό το καθιστά ιδανικό ακόμα και για τηγάνισμα. Το έλαιο του αβοκάντο περιέχει τόσο μονοακόρεστα (MUFA - monounsaturated fatty acids) όσο και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (έχει μία από τις υψηλότερες περιεκτικότητες μονοακόρεστου λίπους στα μαγειρικά έλαια). Επίσης είναι πλούσιο σε οξικό οξύ, ένα μονοακόρεστο λιπαρό οξύ, ωμέγα-9, σε αντιοξειδωτικά και βιταμίνη Ε. Το μόνο μειονέκτημα του είναι ότι τείνει να είναι πιο ακριβό. (“The 10 Healthiest and Least Healthy Oils to Cook With | Time” n.d.)

Το αβοκάντο είναι πλούσιο σε περιεκτικότητα ελαίου, το οποίο αποτελείται από πολύ εύπεπτα ακόρεστα λιπαρά οξέα και είναι πλούσιο σε φολικό οξύ. Ανάλογα με την ποικιλία

διαφοροποιούνται τα ποσοστά βιταμινών και πρωτεΐνης. Κάποιες ποικιλίες περιέχουν μεγάλες ποσότητες πρωτεΐνης, βιταμίνης Α, ριβοφλαβίνης και φωσφόρου. Επίσης τα υποτροπικά φρούτα όπως είναι και το αβοκάντο, είναι πλούσια σε ηλεκτρίνη, φυτικές ίνες, κυτταρίνη και αντιοξειδωτικά. Ο καρπός του αβοκάντο μπορεί να καταναλωθεί με ποικίλους τρόπους, αν και συνηθώς καταναλώνεται νωπός, ενώ το έλαιο του χρησιμοποιείται ευρέως στη φαρμακευτική βιομηχανία. Αξίζει να σημειωθεί πως η μεγάλη θρεπτική αξία που περιέχει οφείλεται στα ακόρεστα λιπαρά οξέα, τα οποία το κατατάσσουν σε τροφή υψηλής θρεπτικής αξίας. Ακόμα λόγω την χαμηλής του περιεκτικότητας σε σάκχαρα είναι εξαιρετική επιλογή για άτομα με διαβήτη, εφόσον αποτελεί τροφή υψηλής ενεργειακής απόδοσης. (Κουντούρης 2011)

Ο καρπός του περιέχει 3–30% έλαιο, σύστασης όμοιας με εκείνης του ελαιολάδου. (Κουτσαφτάκης and Λιονάκης 1985) Αποτελείται από 71% μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, 13% πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA - polyunsaturated fatty acids), όπως και 16% κορεσμένα λιπαρά οξέα (SFA - saturated fatty acids). Καθώς ο καρπός του αβοκάντο ωριμάζει, το κορεσμένο λίπος μειώνεται. Τα πολυακόρεστα λίπη είναι σημαντικά για την ανθρώπινη υγεία διότι εμπλέκονται στη δομή των κυτταρικών μεμβρανών. Επίσης βοηθούν στην ενίσχυση υγιούς προφίλ λιπιδίων στο αίμα, όπως και στην ενίσχυση της βιοδιαθεσιμότητας των λιποδιαλυτών βιταμινών και των φυτοχημικών που περιέχονται στο αβοκάντο. Επιπλέον μειώνουν τη χοληστερίνη στο αίμα και ελαττώνουν τον κίνδυνο για καρδιοπάθεια, ενώ παράλληλα ωφελούν την υγεία του εγκεφάλου. Ο ανθρώπινος οργανισμός δεν μπορεί να συνθέσει τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα γι' αυτό πρέπει να τα προσλαμβάνει μέσω της τροφής. (Dreher and Davenport 2013)

Πίνακας 2: Σύθεση θρεπτικών στοιχείων και φυτοχημικών σε καρπό αβοκάντο της ποικιλίας Hass.

Θρεπτικά στοιχεία / φυτοχημικά	Ποσοστό ανά 100 g	1 καρπός, 136 g
Νερό / g	72.3	98.4
Energy / kcal	167	227
Protein / g	1.96	2.67
Total lipid (fat) / g	15.4	21.0
Fiber, total dietary / g,	6.80	9.20
Sugars, total / g	0.30	0.41
Starch / g	0.11	0.15
Calcium / mg	13.0	18.0
Iron / mg	0.61	0.83
Magnesium / mg	29.0	39.0
Phosphorus / mg	54.0	73.0
Potassium / mg	507	690

Sodium / mg	8.0	11.0
Zinc / mg	0.68	0.92
Selenium / µg	0.40	0.50
Vitamin C / mg	8.80	12.0
Thiamin (B1) / mg	0.08	0.10
Riboflavin (B2) / mg	0.14	0.19
Niacin (B3) / mg	1.91	2.60
Pantothenic acid (B5) / mg	1.46	2.00
Vitamin B-6 / mg	0.29	0.39
Folate (B9) / µg	89.0	121
Vitamin A / µg (RAE)	7.0	10.0
Carotene beta / µg	63.0	86.0
Carotene alpha / µg	24.0	33.0
Cryptoxanthin beta / µg	27.0	37.0
Vitamin E (alpha-tocopherol) / mg	1.97	2.68
Vitamin K1 (phylloquinone) / µg	21.0	28.6
Fatty acids, total monounsaturated / g	9.80	13.3
Fatty acids, total polyunsaturated / g	1.82	2.47

Σε ένα αβοκάντο περιέχετε περίπου 0.4 gr. σακχάρων (σακχαρόζη, γλυκόζη και φρουκτόζη). Η κύρια γλυκαντική ουσία που βρίσκεται στα αβοκάντο είναι ένας σπάνιο είδος υδατάνθρακα, ένας μονοσακχαρίτης με επτά άτομα άνθρακα που ονομάζεται *D-mannoheptulose* (D-μαννοεπτουλόζη) και μορφή πολυϋδρικής αλκοόλης που ονομάζεται *perseitol*. Η D-μαννοεπτουλόζη συμβάλλει περίπου στα 4,0 γραμμάρια ανά φρούτο αλλά αυτό δεν προσμετράτε ως σάκχαρο δεδομένου ότι λόγω της σύνθεσης της δεν συμπεριφέρεται διατροφικά ως σάκχαρο και είναι περισσότερο ένα μοναδικό φυτοχημικό του αβοκάντο. Η προκαταρκτικές έρευνες που αφορούν την D-μαννοεπτουλόζη, υποδηλώνουν ότι μπορεί να συμβάλει στον έλεγχο της γλυκόζης στο αίμα και τη διαχείριση του βάρους. Ο γλυκαιμικός δείκτης και το φορτίο ενός αβοκάντο εκτιμάται να είναι περίπου μηδέν. (Dreher and Davenport 2013)

Το αβοκάντο είναι ένα από τα τρόφιμα που περιέχουν σημαντικά επίπεδα τόσο βιταμινών C όσο και E. Η βιταμίνη C διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανακύκλωση της βιταμίνης E για τη διατήρηση της κυκλοφοριακής αντιοξειδωτικής προστασίας, όπως επίσης συμβάλει στην επιβράδυνση του ρυθμού της οξείδωσης της LDL-χοληστερόλης. Τα στοιχεία δείχνουν ότι η βιταμίνη C μπορεί να βελτιώσει την αγγειακή υγεία και την σταθεροποίηση της αρτηριακής πλάκας. Το χρώμα της σάρκας αβοκάντο ποικίλλει από το σκούρο πράσινο ακριβώς κάτω από το δέρμα έως το ανοιχτό πράσινο στο μεσαίο τμήμα της σάρκας σε κίτρινο κοντά στο σπέρμα. Οι συνολικές συγκεντρώσεις καροτενοειδών βρέθηκαν να είναι μεγαλύτερες στη σκούρα πράσινη σάρκα κοντά στο φλοιό.

2.9.1 Πιθανές αλλεργίες

Το αβοκάντο σε μπορεί να προκαλέσει αλλεργική αντίδραση σε άτομα που παρουσιάζουν σοβαρή αλλεργία στο λάτεξ (latex), μετά από κατανάλωση του καρπού. (“Everything You Need to Know About Avocados” n.d.) Ωστόσο είναι μικρό το ποσοστό του πληθυσμού που μπορεί να παρουσιάσουν αλλεργικά συμπτώματα στο αβοκάντο. Υπάρχουν δύο κύριες μορφές αλλεργίας, οι οποίες παρουσιάζονται σε άτομα με αλλεργία στην γύρη, τα οποία αναπτύσσουν τοπικά συμπτώματα στη περιοχή του στόματος και του λαιμού, έπειτα από την κατανάλωση αβοκάντο. Όπως και άτομα με αλλεργία στο λάτεξ των φρούτων (latex-fruit syndrome) θα αναπτύξουν γενικευμένη κνίδωση, κοιλιακό πόνο και έμετο. (Θερμόπουλος 2019) (“Avocado - Wikipedia” n.d.) (Wagner and Breiteneder 2002)

3 Καλλιέργεια αβοκάντο

3.1 Κλιματικές απαιτήσεις

Το αβοκάντο είναι υποτροπικό φυτό. Η καλλιέργεια του περιορίζεται σε περιοχές που δεν επικρατούν πολύ ψυχροί χειμώνες ενώ ευδοκimei καλά στις ίδιες περιοχές με τα εσπεριδοειδή. Οι κατάλληλες συνθήκες για την καλλιέργεια είναι θερμό κλίμα και σχετική υγρασία 60-65%. Ενώ ανάλογα με την ποικιλία μπορεί να παρατηρηθεί καρπόπτωση σε περίπτωση θερμών ανέμων και θερμοκρασία άνω των 37 °C. Το αβοκάντο είναι ευαίσθητο στην λειψυδρία και στην υπερβολική εδαφική υγρασία. Σημαντικό ρόλο στην καλλιέργεια παίζει η επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας. Αυτή πρέπει να έχει κατάλληλο pH του εδάφους, χαμηλή αλατότητα, χαμηλό ποσοστό ανθρακικών και να μην έχει ιστορικό εμφάνισης ασθενειών. (Βαρίκου et al. n.d.)

Οι ποικιλίες του τύπου Μεξικανικού φαίνεται ότι έχουν παρόμοιες κλιματικές απαιτήσεις με το πορτοκάλι Washington Navel, ενώ οι ποικιλίες του τύπου Δυτικής Ινδίας φαίνεται να είναι ευαίσθητες στις χαμηλές χειμερινές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να μην μπορούν να καλλιεργηθούν ωφέλιμα στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας. Οι ποικιλίες του τύπου Γουατεμάλας μπορούν να καλλιεργηθούν σε περιοχές με μεγάλη ποικιλία διαφορετικών κλιματικών συνθηκών.

Μερικές ποικιλίες που είναι υβρίδια, όπως η Fuerte και η Puebla, έχουν σημαντικά μεγαλύτερη ανθεκτικότητα από άλλες ποικιλίες όπως του τύπου Γουατεμάλας. Όπως είναι φυσικό δέντρα που ανήκουν στην ίδια ποικιλία μπορούν να έχουν διαφορετική αντοχή ανάλογα με τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, την ληθαργική τους κατάσταση, την ζωρότητα του φυλλώματος (θρεπτικά αποθέματα-κατάσταση υγείας του φυτού) αλλά και την εποχή όπου επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες.

Στην Ελλάδα οι κυριότερες κλιματολογικές συνθήκες που περιορίζουν και επηρεάζουν την εμπορική καλλιέργεια του αβοκάντο είναι ο χειμερινός παγετός, οι χαμηλές θερμοκρασίες, οι ξαφνικές ριπές θερμού αέρα και οι άνεμοι. Αυτές οι κλιματολογικές συνθήκες υπάρχουν κατά περιοχές στην χώρα μας γι' αυτό τον λόγο πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή της θέσης όπου θα πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση της καλλιέργειας.

Οι επιπτώσεις από το χειμερινό παγετό εξαρτώνται από την συχνότητα των χαμηλών θερμοκρασιών αλλά και τις ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας. Για παράδειγμα στην εύκρατη ζώνη αλλά και σε περιοχές όπου οι συχνότητα των παγετών είναι χαμηλή, η ζημιά από παγετό μπορεί να αντιμετωπιστεί με θερμάστρες ή με άλλα μέσα προστασίας. Οι χαμηλές θερμοκρασίες κυρίως κατά την διάρκεια της άνθισης και της ανάπτυξης μπορούν να εμποδίσουν την γονιμοποίηση και αποτελούν μεγάλο πρόβλημα στην παραγωγή. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία κατά την διάρκεια της άνθισης και της ανάπτυξης των καρπών τόσο βραχύτερη θα είναι η περίοδος και το μέγεθος των καρπών θα είναι μεγαλύτερο. Πειραματικά έχει αποδειχθεί ότι στην ποικιλία Fuerte η ιδανική θερμοκρασία κατά την διάρκεια της άνθισης και της καρπόδεσης είναι περίπου 16 °C.

Οι ξαφνικές ριπές θερμού αέρα ιδιαίτερα όταν συνοδεύονται από χαμηλή σχετική υγρασία είναι δυνατό να προκαλέσουν υπερβολική πτώση των νεαρών καρπών. Αρκούν μόνο λίγες μέρες θερμού και ξηρού αέρα τον Μάιο και τον Ιούνιο για να προκαλέσουν υπερβολικά

μεγάλη μείωση στην παραγωγή. Τέλος οι ισχυροί άνεμοι προκαλούν ζημιές στα δέντρα και την παραγωγή αφού τραυματίζουν και ρίχνουν τους καρπούς από το δέντρο.

3.2 Εδαφικές απαιτήσεις

Το αβοκάντο έχει την δυνατότητα να αναπτύσσεται σε μεγάλη κλίμακα εδαφών, όμως τα βέλτιστα αποτελέσματα επιτυγχάνονται σε εδάφη μέσης σύστασης, διαπερατά με καλή στράγγιση. Το αβοκάντο είναι δέντρο που είναι ευαίσθητο σε δυσμενείς συνθήκες αποστράγγισης σε σχέση με άλλα δέντρα. Εδάφη που αποτελούνται από υπόγεια αδιαπέρατα στρώματα που δεν επιτρέπουν το ελεύθερο πέρασμα του νερού και του αέρα αλλά και εδάφη που είναι πολύ βαριά δεν θα πρέπει να επιλέγονται για την καλλιέργεια του αβοκάντο. Επίσης το αβοκάντο είναι ευαίσθητο στα άλατα του εδάφους και κυρίως στο Na. Όταν υπάρχει περίσσεια του K σε εδάφη με μέτρια ή μεγάλη περιεκτικότητα Na, μπορούν να ενταθούν οι συνέπειες της αλατότητας στα δέντρα. Επιπλέον, η επιλογή κατάλληλου υποκειμένου το οποίο θα είναι προσαρμοσμένο στις εδαφικές συνθήκες βοηθάει πολύ.

Οι περισσότερες καλλιέργειες στον Νομό Χανίων αποτελούνται από δέντρα εμβολιασμένα σε σπορόφυτα, εντούτοις τα τελευταία χρόνια υπάρχει και χρήση εισαγόμενων κλωνικών υποκειμένων. Συνίσταται να αποφεύγεται η φύτευση όταν το ποσοστό του ολικού ασβεστίου είναι μεγαλύτερο από 20% για αβοκάντο τύπου Μεξικού ή όταν υπάρχει έντονα αλκαλικό pH το παραπάνω ποσοστό πέφτει στο 10%. Μαζί με την αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων αυξάνονται και οι διαφορετικές καλλιεργούμενες ποικιλίες για να μπορέσουν να καλυφθούν οι ανάγκες της αγοράς. Έτσι έχουν δημιουργηθεί ποικιλίες με αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες, αντοχή σε αλατότητα και ανοσία σε ασθένειες. (Βαρίκου et al. n.d.)

3.3 Καλλιεργητική φροντίδα

Το αβοκάντο καλλιεργείται συνήθως ως μονοστέλεχο δένδρο. Παρατηρείται αξιόλογη διαφοροποίηση των οικολογικών απαιτήσεων, ανάλογα με τον βοτανικό τύπο της κάθε ποικιλίας (τύπου Μεξικού, Γουατεμάλας και Δυτικών Ινδιών). Περιοριστικός παράγοντας για την καλλιέργεια είναι η αντοχή του αβοκάντο στην υψηλή περιεκτικότητα του εδάφους σε ανθρακικό ασβέστιο, ενώ διαφοροποιείται αναλόγως με την ποικιλία. Επιπλέον, παρουσιάζει ιδιαίτερη ευαισθησία στις χαμηλές θερμοκρασίες, καθώς το αβοκάντο είναι τροπικό - υποτροπικό είδος. Έτσι για αυτόν το λόγο καλλιεργείται σε εύκρατες περιοχές με ήπιους χειμώνες. Οι θερμοκρασίες που επικρατούν κατά την διάρκεια της ανθοφορίας έχουν καθοριστικό ρολό στο ποσοστό επιτυχούς καρπόδεσης. Επιπλέον η εφαρμογή σωστού προγράμματος λίπανσης και άρδευσης είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή παραγωγικότητα των δένδρων τόσο ποσοτικά, όσο και ποιοτικά. Επιπλέον η περιεκτικότητα των θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα αλλάζει ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του αβοκάντο όπως και με το βλαστικό στάδιο. Μέσω της φυλλοδιαγνωστικής επιτυγχάνεται η αντιμετώπιση και η πρόληψη τυχών τροφολοπίας. (Καβρουλάκης n.d.)

Ακόμα μια καλλιεργητική εφαρμογή που χρησιμοποιείται στο αβοκάντο είναι η χαραγή ή δακτυλίωση, η οποία μπορεί να προσδώσει αξιοσημείωτα αποτελέσματα στην αύξηση της καρποφορίας και κατ' επέκταση στην αύξηση της παραγωγικότητάς. Η διαδικασία της χαραγής επιτελείται μέσω της ολοσχερούς απομάκρυνσης μίας λωρίδας από τον φλοιό περιμετρικά του δένδρου, ή από την βάση των βραχιόνων, των υποβραχιόνων και των

νεότερων βλαστών. Ο χρονική περίοδο εφαρμογής της διαφοροποιείται ανάλογα με την κάθε ποικιλία. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται σε πολλά είδη καρποφόρων δένδρων.

3.3.1 Κλάδεμα

Στα νεαρά δέντρα πρέπει να υπάρχει προστασία του κορμού και των βραχιόνων με σκίαση ή βάψιμο διότι είναι ευαίσθητα σε ηλιακά εγκαύματα. Επίσης τα πρώτα 2-3 χρόνια της καλλιέργειας πρέπει να υπάρχει περιορισμένη λίπανση και κλάδεμα. Επίσης χρειάζεται προσοχή κατά την διάρκεια των αυστηρών κλαδεμάτων (για την αποφυγή ηλιακών εγκαυμάτων) καθώς και εφαρμογή πάστας στις τομές για την αποφυγή ασθενειών. (Βαρίκου et al. n.d.)

Το κλάδεμα καρποφορίας είναι απαραίτητο να γίνεται κάθε χρόνο και πρέπει να περιλαμβάνει με χρονική σειρά την αραίωση των ανθοφόρων οφθαλμών, ταξιανθιών και καρπών (για μικρόκαρπες ποικιλίες). Το κλάδεμα καρποφορίας βοηθάει στην αύξηση του μεγέθους των καρπών, την αποφυγή φυλλόπτωσης, την αποφυγή της εξάντλησης του δέντρου και στον έλεγχο της παρενιαυτοφορίας. (Βαρίκου et al. n.d.)

Κατά το κλάδεμα του αβοκάντο η κόμη διαμορφώνεται σε κυπελλοειδές σχήματος τριών με τεσσάρων βραχιόνων. Σε νεαρά δένδρα εφαρμόζεται κορυφολόγηση ύστερα από κάθε έναρξη καινούργιας βλάστησης, για τον σχηματισμό βλάστησης σε πλάτος με καλή δόμηση κόμης. Στην κορυφή της κόμης περιορίζεται με σύνεση μερικώς η έκταση των βλαστών στις ορθόκλαδες ποικιλίες, διότι αν πραγματοποιηθεί αυστηρό κλάδεμα της κορυφής θα έχει αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγικότητα της καλλιέργειας. Αρχικά γίνεται αφαίρεση των ξερών και προσβεβλημένων βλαστών, ενώ στους υγιείς εκτελείται αραίωμα και περιορισμός της εκτάσεως τους για σωστό αερισμό και διαπερατότητα του ηλιακού φωτός εντός της κόμης. (“Καλλιέργεια Αβοκάντο - GAIApedia” n.d.)

3.3.2 Άρδευση

Κατά την διάρκεια των ξηρών μηνών από Μάιο μέχρι Σεπτέμβριο είναι αναγκαία η άρδευση, για την αποφυγή αρνητικών επιπτώσεων στην ποιότητα του παραγόμενου καρπού και την καταπόνηση του δένδρου. Η άρδευση της καλλιέργειας είναι σημαντική κατά την περίοδο ανθοφορίας, καρπόδεσης, ανάπτυξης του καρπού και ωρίμασης, ώστε να μην συμβεί πτώση των καρπών.

Το αβοκάντο έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις όσων αφορά την άρδευση καθώς είναι απαραίτητη η εφαρμογή της απαιτούμενης ποσότητας νερού, καθώς η υπέρβασή της οδηγεί σε αυξημένο ρυθμό διήθησης και απώλειας νερού καθώς και απώλειας θρεπτικών συστατικών σε βάθη που δεν μπορούν να δεσμευτούν από το ριζικό σύστημα του φυτού. Επίσης προκαλούνται και προβλήματα ασφυξίας των ριζών λόγω της έλλειψης O_2 . Για αυτό τον λόγο πρέπει να γίνεται εκτίμηση της υδατοχωρητικότητας του χωραφιού που θα γίνει η εγκατάσταση της καλλιέργειας. Οι περίοδοι που είναι κρίσιμες για την άρδευση είναι η περίοδος της ανθοφορίας – καρπόδεσης, σχηματισμού και ανάπτυξης του καρπού και της ωρίμανσης. (Βαρίκου et al. n.d.)

Τα κύρια συστήματα άρδευσης που εφαρμόζονται στο αβοκάντο είναι η άρδευση με καταιονισμό και η άρδευση με σταγόνες. Η πρώτη μέθοδος δίνει καλά αποτελέσματα σε αμμώδη εδάφη, ενώ η δεύτερη μέθοδος είναι τεχνικά καλύτερη αφού επιτυγχάνει εξοικονόμηση νερού. Η περιεκτικότητα του νερού σε άλατα χλωρίου πρέπει να είναι

μικρότερη από 100 ppm. Η συχνότητα άρδευσης καθορίζεται από μετεωρολογικά στοιχεία, την ηλικία των δέντρων καθώς και από τον τύπο του εδάφους. Αξίζει να αναφερθεί ότι το μέγεθος των καρπών επηρεάζεται θετικά από μικρά διαστήματα άρδευσης. Αυξημένες ποσότητες νερού σε συνδυασμό με μικρότερα διαστήματα άνθησης φαίνεται να προκαλούν αύξηση στην συγκέντρωση των ελαίων. (Βαρίκου et al. n.d.)

3.3.3 Λίπανση

Οι καλλιέργειες αβοκάντο δεν έχουν υψηλές απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά. Ενδεικτικά χρειάζονται περίπου 10-15 μονάδες αζώτου, 18-20 μονάδες καλίου, 4-5 μονάδες φωσφόρου. Συνήθως εξαιτίας της υπερβολικής χρήσης σύνθετων λιπασμάτων πολλές φορές ανιχνεύεται παραπάνω ποσότητα φωσφόρου από την απαιτούμενη στο έδαφος και στα φύλλα. Το γεγονός αυτό προκαλεί δευτερογενή προβλήματα θρέψης, όπως συνήθως είναι η χαμηλή συγκέντρωση ψευδαργύρου στα φύλλα. Επίσης παρατηρούνται ελλείψεις σε βόριο και σίδηρο η οποία συνήθως οφείλεται στο γεγονός ότι η καλλιέργεια βρίσκεται σε ασβεστούχο έδαφος.

Με την έγκαιρη διενέργεια φυλλοδιαγνωστικής, συνήθως τον μήνα Οκτώβριο, μπορούν να διαπιστωθούν και άλλες ελλείψεις οι οποίες διορθώνονται εύκολα. Για την διενέργεια φυλλοδιαγνωστικής χρειάζονται δειγματοληπτικά πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα ηλικίας 5 με 6 μηνών. Η απόδοση της λίπανσης της καλλιέργειας μπορεί να αυξηθεί με την χρήση υδρολίπανσης, κυρίως για μακροστοιχεία όπως το άζωτο και το κάλιο ενώ τα ιχνοστοιχεία μπορούν να εφαρμοστούν και διαφυλλικά. (Βαρίκου et al. n.d.)

3.4 Εμπορία και συλλογή των καρπών

Η παραγωγή των καρπών του αβοκάντο στη χώρα μας, συνεχώς μεγαλώνει. Η αγορά του καρπού αβοκάντο είναι απαιτητική. Για να πουληθούν χρειάζεται να είναι υψηλής ποιότητας, δηλαδή πρέπει να είναι υγιείς, χωρίς κηλίδες και εύγευστοι. Οπότε ο καλλιεργητής θα πρέπει να κάνει προσεκτικούς χειρισμούς κατά την παραγωγή, κατά τη συλλογή και κατά την διάρκεια της μεταφοράς. Η καταπόνηση των καρπών λόγω μηχανικής βλάβης κατά τη μεταφορά και τη μεταποίηση μετά την συγκομιδή, αποτελεί σημαντική αιτία για την υποβάθμιση της ποιότητας και την απώλεια της αξίας των προϊόντων.

Οι καρποί του αβοκάντο μπορούν να μείνουν στο δένδρο για πολύ χρόνο χωρίς να ζημιωθούν, όταν όμως συλλεγούν δεν μπορούν να παραμείνουν για πολύ καιρό αποθηκευμένοι. Οι συμφωνίες για την πώληση του προϊόντος θα πρέπει να γίνονται πριν από την συλλογή των καρπών. Ο παράγωγος θα πρέπει κατά την συλλογή των καρπών, από το σύνολο των ώριμων καρπών να μαζέψει τους πιο μεγάλους και τώσους, όσους έχει συμφωνήσει με τον αγοραστή. Αυτό ευνοεί την περεταίρω ανάπτυξη των υπολοίπων καρπών, με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

3.4.1 Χρόνος συλλογής

Οι καρποί του αβοκάντο παραμένουν σκληροί όσο βρίσκονται πάνω στο δένδρο και μαλακώνουν μόνο μετά τη συλλογή. Οι ώριμοι, μετά την συγκομιδή, αποκτούν μαλακή, βουτυρώδη σύσταση, χωρίς ρυτιδώσεις της επιδερμίδας. Όλοι οι καρποί που βρίσκονται πάνω στο δένδρο δεν ωριμάζουν ταυτόχρονα. Αν κόψουμε ανώριμους καρπούς και τους αφήσουμε, ρυτιδώνονται και δεν μαλακώνουν ομοιόμορφα. Αν πάλι ώριμοι καρποί αφεθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα στο δένδρο (κυρίως κατά το τέλος της περιόδου συγκομιδής),

γίνονται υπερώριμοι και μετά την συλλογή, επίσης δεν μαλακώνουν ομοιόμορφα. Για αυτό τον λόγο η συγκομιδή θα πρέπει να γίνεται καθόλη τη χρονική περίοδο που το δένδρο έχει ώριμους καρπούς. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

Διαφορετικές ποικιλίες δεν ωριμάζουν όλες την ίδια χρονική περίοδό τους καρπούς τους. Ο χρόνος ωρίμανσης μιας ποικιλίας διαφοροποιείται επίσης σε σχέση με την περιοχή και της κλιματολογικές συνθήκες. Ο προσδιορισμός της ωρίμανσης των καρπών γίνεται με διάφορους τρόπους. Οι πιο διαδεδομένοι από αυτούς είναι:

1. Η εμφάνιση του καρπού

Οι ποικιλίες με πορφυρό ή σκοτεινό χρωματισμό είναι συνήθως ώριμες, μόλις αρχίσει να μεταβάλλεται ο χρωματισμός του καρπού από πράσινο προς το πορφυρό ή σκοτεινό χρώμα. Στις ποικιλίες όπου οι ώριμοι καρποί έχουν πρασινοκίτρινο χρωματισμό, η ωρίμανση συμπεραίνεται από την κιτρινωπή χροιά που παίρνει η επιδερμίδα και ο ποδίσκος καθώς και από την μαλακότερη υφή που αποκτούν οι καρποί, ιδιαίτερα στην αντίθετη άκρη από τον ποδίσκο.

2. Η εμφάνιση των χιτώνων του σπέρματος

Η εμφάνιση των χιτώνων του σπέρματος είναι ένα αξιόλογο κριτήριο για τον έλεγχο της ωρίμανσης των καρπών. Αν οι χιτώνες τους σπέρματος είναι λεπτοί με σκούρο καφέ χρωματισμό, τότε το πιθανότερο είναι ότι ο καρπός είναι ώριμος. Αντιθέτως αν είναι σαρκώδες με κρινόλευκο ή κιτρινόμαυρο χρωματισμό, τότε ο καρπός δεν είναι ώριμος.

3. Η πτώση υγιών καρπών

Πολλές φορές, η έναρξη της ωρίμανσης συνοδεύεται από καρπόπτωση. Αν δε φυσά άνεμος και γενικά δεν υπάρχει κανένας άλλος παράγοντας υπεύθυνος για την πτώση (όπως για παράδειγμα ασθένεια), τότε αυτό είναι μια ακόμα ένδειξη ωρίμανσης του καρπού.

4. Η περιεκτικότητα του καρπού σε λιπαρά

Η περιεκτικότητα του καρπού σε λιπαρά αποτελεί ένα από τα πιο αντικειμενικά κριτήρια για τον προσδιορισμό της ωριμότητας. Πολλές χώρες έχουν καθορίσει την ελάχιστη περιεκτικότητα του καρπού σε λιπαρά, για να διοχετευτεί στην αγορά. Για παράδειγμα στην Καλιφόρνια απαιτείται η περιεκτικότητα του καρπού σε λιπαρά να είναι τουλάχιστον 8%. Κατά την κανονική εποχή ωρίμανσης της ποικιλίας, η περιεκτικότητα του καρπού σε λιπαρά αυξάνει όσο ο καρπός βρίσκεται στο δένδρο και ταυτόχρονα βελτιώνεται και η γευστική του ποιότητα. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

3.4.2 Τρόπος συλλογής

Ο σωστός τρόπος συλλογής των καρπών του αβοκάντο ακολουθεί τις βέλτιστες πρακτικές που ακολουθούνται κατά την συλλογή άλλων φρούτων όπου οι καρποί μωλωπίζονται και πληγώνονται ευκολά. Για αυτό απαιτείται προσεκτικό μάζεμα, με την χρήση πάνινων γαντιών και ρηχές πάνινες τσάντες για τοποθέτηση των καρπών μετά το κόψιμο, ενώ αμέσως μετά πρέπει να μεταφερθούν σε κιβώτια συλλογής. Κατά την συλλογή οι καρποί δεν πρέπει να τραβιούνται, αλλά πρέπει να κόβονται από τον ποδίσκο με ειδικό ψαλίδι (για παράδειγμα των εσπεριδοειδών), όσο τον δυνατόν πιο κοντά στο καρπό. Συνήθως πρέπει να παραμείνει ένα μικρό μέρος του ποδίσκου πάνω στον καρπό, για την αποφυγή σήψεων.

Οι συσκευασίες πρέπει να είναι χάρτινα κιβώτια ή εναλλακτικά τα κιβώτια πρέπει να είναι καλυμμένα από χαρτί ώστε να είναι μαλακά και να μην χαράζεται η επιδερμίδα των καρπών. Πρέπει να τοποθετούνται στη σκιά και να μένουν στο χωράφι για το μικρότερο δυνατό χρονικό διάστημα και να μεταφέρονται αμέσως στο σημείο συλλογής και προς πώληση ή να τοποθετούνται σε ψυγεία. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)



Εικόνα 4: Συσκευασία καρπών αβοκάντο.

Η βέλτιστη θερμοκρασία αποθήκευσης για τις περισσότερες ποικιλίες του αβοκάντο είναι 7,2 έως 7,5 °C, εκτός από τις ποικιλίες τύπου Δυτικών Ινδιών που πρέπει να αποθηκεύονται στους 12 °C. Οι περισσότερες ποικιλίες μπορούν να αποθηκευτούν για 4 εβδομάδες περίπου, με σχετική υγρασία κατά την αποθήκευση 85-90 %.

3.4.3 Συγκομιδή καρπών

Οι καρποί με βάση τον κανονισμό 387/2005 της Ευρωπαϊκής Ένωσης πρέπει να έχουν ελάχιστη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία 19-21% ανάλογα με την ποικιλία, ώστε να είναι εξασφαλισμένη η ωρίμανσή τους. Αν η συγκομιδή γίνει πριν την ωρίμανση τότε οι καρποί δεν αποκτούν τα απαραίτητα λιπαρά και τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά καθιστώντας τον καρπό υποβαθμισμένο. (Βαρίκου et al. n.d.)

Οι ποικιλίες αβοκάντο Ettinger και Zutano θεωρούνται πρώιμες, η Fuerte θεωρείται μεσοπρώιμη και η ποικιλία Hass ως όψιμη. Η συγκομιδή των καρπών των παραπάνω ποικιλιών πραγματοποιείται κατά την διάρκεια όλου του έτους. Ενδιαφέρον πάντως παρουσιάζει η όψιμη ποικιλία Hass, η οποία έχει μεγάλη παραγωγικότητα και οι καρποί της έχουν μεγάλη ζήτηση στις αγορές της Ευρώπης και απολαμβάνουν υψηλών τιμών. (Λιονάκη 2004)

Η ωριμότητα των καρπών αβοκάντο είναι πολύ σημαντική κατά τη συγκομιδή των καρπών. Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί πρώιμη παραγωγή ενώ η συγκομιδή ξεκινάει νωρίτερα στις περισσότερες ποικιλίες. Αυτό συμβαίνει για το λόγο ότι οι παραγωγοί θέλουν να επισπεύσουν την συγκομιδή ώστε να διασφαλίσουν καλύτερες τιμές. Όμως ιδιαίτερα σημαντικό είναι η συγκομιδή να γίνεται στο κατάλληλο στάδιο φυσιολογικής ωρίμανσης, ώστε να διασφαλίζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού. Το στάδιο φυσιολογικής ωρίμανσης περιγράφεται στον Κανονισμό 831/1997 της Ε.Ε. όπως τροποποιήθηκε και ισχύει από τον Κανονισμό 387/2005 για τον καθορισμό των προτύπων εμπορίας που εφαρμόζονται για τα αβοκάντο. Έτσι με βάση τους παραπάνω κανονισμούς ορίζεται η ελάχιστη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία στο 21% για την ποικιλία Hass και στο 20% για την ποικιλία Fuete, ώστε να εξασφαλιστεί το κατάλληλο στάδιο ωρίμανσης. Η παράταση της συγκομιδής και η παραμονή πάνω στο δένδρο καρπών για κάποιο διάστημα, αυξάνει ακόμη περισσότερο

τα ποσοστά ξηράς ουσίας και ελαιοπεριεκτικότητας, παρέχοντας καρπούς ανώτερης ποιότητας. (“Κλειδί’ η Σωστή Συγκομιδή Για Ποιοτικά Αβοκάντο - Χανιώτικα Νέα” n.d.)

Σημαντικό είναι να προηγείται εργαστηριακός έλεγχος δείγματος καρπών πρέπει πριν από τη συγκομιδή. Ο χρόνος ωρίμανσης των καρπών αβοκάντο εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων, σημαντικότεροι από τους οποίους είναι η ποικιλία, το είδος του υποκειμένου (σπορόφυτο – κλωνικό), οι επικρατούσες κλιματικές συνθήκες, οι καλλιεργητικοί χειρισμοί και το μικροκλίμα της περιοχής της καλλιέργειας. Λαμβάνοντας υπόψιν τις παραπάνω παραμέτρους η ενδεδειγμένη αναλογία δείγματος καρπών για την διενέργεια του εργαστηριακού ελέγχου της ωρίμανσης είναι τουλάχιστον δείγμα 6 καρπών ανά καλλιέργεια και ανά ποικιλία. (“Κλειδί’ η Σωστή Συγκομιδή Για Ποιοτικά Αβοκάντο - Χανιώτικα Νέα” n.d.)

3.5 Ασθένειες και Εχθροί

3.5.1 Ασθένειες

Στο αβοκάντο προβλήματα από παθογόνα που μπορεί να προκύψουν είναι συνήθως αντιμετώπισιμα από τον παραγωγό. Επιγραμματικά οι ασθένειες που προσβάλλουν το αβοκάντο είναι:

1. Σηψιρριζίες, *Phytophthora cinnamomi* ή σπανιότερα από τον βασιδιομύκητα *Armillaria mellea*.
2. Ανδρομυκώσεις, *Verticillium albo-atrum*.
3. Έλκη κορμού, *Phytophthora* και *Dothiorella gregaria*.
4. Προσβολές φύλλων και καρπών από *Dothiorella gregaria*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Cercospora purpurea*, *Sphaceloma perseae*.
5. Ίωση, *Sunblotch viroid*.

Ωστόσο εντοπίζονται δύο ασθένειες που επηρεάζουν σημαντικά την καλλιέργεια του αβοκάντο σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι ασθένειες αυτές είναι δύσκολο να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά από τους παραγωγούς. Για την ακρίβεια αυτές είναι η σήψη των ριζών από τον ωμούκητα *Phytophthora cinnamomi*, που κατατάσσεται ως η πιο σημαντική ασθένεια του αβοκάντο παγκοσμίως και το *Sunblotch viroid* (ASBVd). Για παράδειγμα στο Μεξικό κατά περιοχές έχει προσβληθεί έως και 90% των δένδρων, στη Καλιφόρνια το 60-90%, στην Ανδαλουσία της Ισπανίας το 40% και στην Νότια Αφρική το 20% των φυτειών αβοκάντο. (Καβρουλάκης n.d.)

Το *Phytophthora cinnamomi*, (Οικ. *Peronosporaceae*) προσβάλλει τα ριζικά τριχίδια και τα ριζίδια, που είναι υπεύθυνα για την πρόσληψη του νερού και των θρεπτικών συστατικών και ως επακόλουθο αυτού είναι η δημιουργία σήψης. Δημιουργείται μαύρισμα των ριζιδίων, τα οποία στη συνέχεια γίνονται εύθραυστα, μέχρι που τελικά νεκρώνονται. Το πρώτο σύμπτωμα που γίνεται αντιληπτό, είναι η ανάπτυξη φύλλων μικρότερων από το φυσιολογικό (μικροφυλλία) και ασθενικού χρώματος (χλωρωτικά), αυτό συμβαίνει λόγω της ανικανότητας σωστής πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων. Επίσης τα φύλλα εμφανίζονται μαραμένα και συχνά ακολουθεί φυλλόπτωση, με μικρή επανεμφάνιση νεαρής βλάστησης. Με αποτέλεσμα τα δένδρα του αβοκάντο που έχουν μολυνθεί με το *P. cinnamomi* υποβαθμίζονται σημαντικά και συνήθως αργά ή γρήγορα νεκρώνονται. (Καβρουλάκης n.d.)

Ο περιορισμός της εξάπλωσης και η διαχείριση του παθογόνου *P. cinnamomi* μπορεί να γίνει με συνδυαστικό προγραμματισμό μέτρων που αφορά τη χρήση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού, τη λήψη συγκεκριμένων καλλιεργητικών μέτρων και τέλος την επέμβαση με χημικά φυτοπροστατευτικά. Θα πρέπει να τονιστεί ότι στην Ελλάδα δεν έχει δοθεί η σχετική έγκριση. Σε παγκόσμια κλίμακα οι πιο δοκιμασμένες αποτελεσματικές πρακτικές στην αντιμετώπιση του *P. cinnamomi* θεωρείται η χρήση ανθεκτικών υποκειμένων. Πλέον τα εμπορικά υποκείμενα αβοκάντο που είναι ανθεκτικά στο *P. cinnamomi*, είναι τα Duke 7, Toro Canyon και Dusa. (Καβρουλάκης n.d.)

Η ασθένεια *Sunblotch viroid* οφείλεται στο ιοειδές ASBVd (Avsunviroid). Συχνά, η μετάδοση του ιοειδούς *Sunblotch* συμβαίνει κυρίως κατά τον εμβολιασμό, όταν χρησιμοποιούνται μολυσμένα σπορόφυτα ή μοσχεύματα. Στις φυτείες επίσης μεταδίδεται από τη γύρη και τους μολυσμένους σπόρους, όπως ακόμα και από συμφύσεις που δημιουργούνται φυσιολογικά στις ρίζες μεταξύ διαφορετικών δένδρων αλλά και τα γεωργικά εργαλεία κατά την διαδικασία του κλαδέματος. (Καβρουλάκης n.d.)

Το *Sunblotch viroid* παρουσιάζει συμπτώματα ευρέος φάσματος, ωστόσο ενδέχεται να μην εκδηλωθούν καθόλου συμπτώματα σε κάποια δένδρα, όμως μπορεί να εκφραστούν σε υπερκείμενο εμβόλιο. Η ασθένεια επηρεάζει όλες τις ποικιλίες αβοκάντο και προσβάλλει τις καλλιέργειες παγκοσμίως. Τα συμπτώματα σε πιο σοβαρές λοιμώξεις εμφανίζονται ως κίτρινες, κοκκινωπές ή πορφυρές διαμήκεις ραβδώσεις ή ευρείες κηλίδες που έχουν βυθιστεί στο εξωτερικό δέρμα του καρπού. Οι ραβδώσεις είναι πιο έντονες από το άκρο του στελέχους μέχρι τη μέση και συχνά είναι τόσο έντονες, ώστε καταλήγει ο καρπός είναι πολύ στρεβλωμένος. Οι βαθιές κίτρινες ραβδώσεις που παρατηρούνται επιδερμικά στο αβοκάντο από το ASBVd, είναι από τα τυπικά συμπτώματα της νόσου. (Saucedo-Carabez et al. 2014)

Σε κάποιες περιπτώσεις τα συμπτώματα στο φύλλο περιλαμβάνουν αποχρωματισμένες περιοχές και χρωματικά ξεθωριασμένες φλέβες και μίσχους. Επίσης στο φλοιό των παλαιότερων κλαδιών δημιουργούνται ορθογώνια μοτίβα ρωγμών, συχνά αναφέρονται ως "δέρμα αλιγάτορα", όπως ενδεχομένως να παρατηρούνται κίτρινες ζώνες ή ραβδώσεις σε μερικούς νεαρούς βλαστούς ή μίσχους. Επιπρόσθετες επιπτώσεις του ιοειδούς περιλαμβάνουν ελάττωση της απόδοσης της καλλιέργειας, την μείωση της ποσότητας και της ποιότητας των αβοκάντο, όπως και μειωμένη ενεργητικότητα του δέντρου. Το *Sunblotch viroid* μπορεί να αντιμετωπιστεί με εφαρμογή υγιούς, ελευθέρου από μολύσματα, πιστοποιημένου πολλαπλασιαστικού υλικού, όπου αυτό είναι άλλωστε και το πρώτο βήμα για την καθιέρωση υγιεινών οπωρώνων και υψηλών αποδόσεων. (Saucedo-Carabez et al. 2014)

3.5.2 Εχθροί

Όπως κάθε καλλιέργεια έτσι και το αβοκάντο έχει εντομολογικούς εχθρούς που προκαλούν ζημιές στις καλλιέργειες. Επιγραμματικά τα έντομα που προσβάλλουν το αβοκάντο είναι:

1. Λεπιδόπτερα: *Sabulodes caberata*, Οικ. *Geometridae*, *Amorbia essigana* και *Argyrotaenia citrana*, Οικ.: *Tortricidae*.
2. *Heliorthrips haemorrhoidalis*, Οικ. *Thripidae*.
3. Διάφορα κοκκοειδή και κολεόπτερα.
4. Ακάρεα όπως *Oligonychus punicae* και *Eotetranychus sexmaculatus*.

Εντούτοις το αβοκάντο στις Ελληνικές καλλιέργειες έχει έναν μόνο εντομολογικό εχθρό. Τον θρίπα των θερμοκηπίων *Heliothrips haemorrhoidalis*, Οικ. *Thripidae*. Το έντομο αυτό ανήκει σε ένα πολυφάγο είδος (τρέφεται με φύλλα, αλλά και καρπούς) και προσβάλλει κυρίως τους ώριμους καρπούς στα εσπεριδοειδή, καλλωπιστικά και το αβοκάντο. Στο αβοκάντο συναντάται στο εσωτερικό της κόμης των δέντρων, διότι χρειάζεται ένα περιβάλλον προστατευμένο, χωρίς υψηλή θερμοκρασία, ηλιοφάνεια καθώς και ξηρασία. Κατά συνέπεια οι ζημιές που προκαλεί είναι μόνο αισθητικές, οι οποίες παρατηρούνται στο εξωτερικό του καρπού, όμως συμβάλουν στην ποιοτική υποβάθμισή του. Πιο συγκεκριμένα προκαλεί εσχάρωση, εξαιτίας των απομυζήσεων και της ωστοκίας των θριπών, δευτερογενώς μπορεί να προκαλέσει την ανάπτυξη καπνιάς (εξαιτίας των αποχωρημάτων), χάλκινη απόχρωση στην περιφέρεια των αναπτυσσόμενων καρπών και ανάπτυξη φελλώδους ιστού, στην περίπτωση μεγάλης προσβολής παρατηρείται σχάση του φλοιού.

Για την καταπολέμηση της προσβολής από θρίπα είναι πολύ σημαντικός ο έγκαιρος εντοπισμός της και η λήψη μέτρων αντιμετώπισης. Τα μέτρα αντιμετώπισης που προτείνονται είναι, η ρύθμιση της άρδευσης, καθώς και της λίπανσης, επίσης παρακολούθηση κάθε 7 με 10 ημέρες, της τρυφερής βλάστησης, των νεαρών καρπών, των ανεπτυγμένων καρπών κυρίως στο εσωτερικό της κόμης, για τυχόν προσβολές από τον θρίπα. Ακόμα θα πρέπει να γίνεται συγκομιδή των καρπών που προσβάλλονται αρχικά, εφαρμογή εγκεκριμένου σκευάσματος και το κυριότερο αποφυγή αλόγιστης χρήσης εντομοκτόνων για να μην υπάρξει ανάπτυξη ανθεκτικότητας. (Βαρίκου et al. n.d.)

4 Ποικιλίες αβοκάντο

4.1 Τύπου Μεξικού

1. Bacon

Δένδρο πολύ υψηλό και ορθόκλαδο, πολύ ανθεκτικό στο ψύχος. Οι καρποί του ωριμάζουν από Νοέμβριο έως Φεβρουάριο. Ο καρπός είναι μικρού έως μεσαίου μεγέθους 170-340 gr., ωοειδής, εύγευστος, με λεπτό και λείο φλοιό που διαχωρίζεται ευκολά από την σάρκα του. Έχει αντοχή στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς, ενώ η συγκομιδή του γίνεται αμέσως μετά την ωρίμανση. Συναντάται στην Καλιφόρνια σε περιοχές που δεν ευδοκιμούν οι ποικιλίες Hass και Fuerte. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

2. Duke

Δένδρο υψηλό, ορθόκλαδο, ζυηρό, παρουσιάζει μεγάλη ανθεκτικότητα στο ψύχος, στους ανέμους, όπως και στο ωμούκητα *Phytophthora cinnamomi*. Η ωρίμανση των καρπών είναι από Σεπτέμβριο μέχρι Νοέμβριο. Ο καρπός είναι μικρού έως μεσαίου μεγέθους (200-300 gr), εύγευστος, απιοειδής, με φλοιό σχετικά λεπτό και λείος, με μεσαίου μεγέθους σπέρμα. Συνηθίζεται να χρησιμοποιείται για υποκείμενο.

3. Ganter

Η ποικιλία αυτή διαθέτει μικρούς καρπούς βάρους 110-250 gr. με σπέρμα μεσαίου μεγέθους, ο φλοιός του είναι λείος, λεπτός, καλής ποιότητας, όμως παρουσιάζει μειωμένη ανθεκτικότητα στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. Η περίοδος ωρίμανσης των καρπών είναι από Οκτώβριο με Δεκέμβρη. Χρησιμοποιείται σε μικρή κλίμακα για υποκείμενο.

4. Mexicola

Παραγωγική ποικιλία, ενώ παρουσιάζει ανθεκτικότητα στις υψηλές θερμοκρασίες. Η ωρίμανση των καρπών είναι τον Αύγουστο με τον Οκτώβριο. Έχει μικρού μεγέθους καρπούς (90-150 gr.), απιοειδής σφαιρικού σχήματος. Ο φλοιός είναι λεπτός σκούρος και αποχωρίζεται εύκολα από την σάρκα. Είναι εξαιρετικά γευστικός καρπός, με γεύση που θυμίζει γλυκάνισο.

5. Tora-Tora

Ο καρπός του είναι μικρού μεγέθους (150-280 gr), ασύμμετρος, απιοειδής και ο φλοιός του είναι λείος, στιλπνός, σκούρου χρώματος. Όχι τόσο εύγευστος. Η ωρίμανση του πραγματοποιείται κατά τον Σεπτέμβριο μέχρι Δεκέμβριο. Χρησιμοποιείται συχνά ως υποκείμενο. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

6. Zutano

Ποικιλία με ζυηρά δένδρα, ορθόκλαδα, παραγωγικά, όπως και ανθεκτικά στις χαμηλές θερμοκρασίες. Επειδή είναι ψηλό δένδρο επηρεάζεται από τους ισχυρούς ανέμους. Η ωρίμανση πραγματοποιείται από Οκτώβριο μέχρι Δεκέμβριο. Ο καρπός είναι μικρός (170-280 gr.), απιοειδής, σχετικά μέτριας ποιότητας με ανθεκτικότητα στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς, ενώ ο φλοιός είναι λείος, λεπτός, γυαλιστερός πράσινου χρώματος και αχλαδοειδούς σχήματος. Ο καρπός είναι μέτριας προς φτωχής ποιότητας, συνίσταται να γίνεται πιο αργά γίνεται η συγκομιδή για πιο εύγευστους καρπούς. Παρουσιάζει ευαισθησία

στο μύκητα *Phytophthora cinnamomi*. Σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται ως δέντρο επικονίασης για την Hass. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

4.2 Τύπου Γουατεμάλας

1. Anaheim

Ποικιλία με ψηλά δένδρα, ορθόκλαδα, με μεγάλη ευαισθησία στις χαμηλές θερμοκρασίες. Η ωρίμανση πραγματοποιείται τον Ιούνιο με Σεπτέμβριο. Ο καρπός είναι μεγάλος (350-670 gr.), ελλειπτικού σχήματος, ομοίως και το σπέρμα του είναι μεγάλο. Ο φλοιός είναι παχύς, λείος και αποχωρίζεται αρκετά εύκολα από την σάρκα. Είναι μέτριας έως καλής ποιότητας ο καρπός, όπως και αρκετά ανθεκτικός στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. Το αρνητικό στοιχείο που διέπει αυτήν την ποικιλία, είναι η μεγάλη ευαισθησία στις χαμηλές θερμοκρασίες και ότι το μεγάλο μέγεθος του καρπού. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

2. Hass

Από τις πιο εμπορικές ποικιλίες που αντιπροσωπεύουν ζωνρά δένδρα, ορθόκλαδα, με μέτρια ανοικτή βλάστηση. Παρουσιάζει ευαισθησία στο ψύχος. Η ωρίμανση των καρπών πραγματοποιείται από Απρίλιο μέχρι Σεπτέμβριο. Ο καρπός είναι μεσαίου μεγέθους (140-340 gr), ωοειδούς έως απιοειδούς σχήματος. Ο φλοιός είναι παχύς, με σκούρο πράσινο χρώμα όταν βρίσκεται επάνω στο δένδρο, εντούτοις γίνεται μαύρο όταν ωριμάσει και αποχωρίζεται πολύ ευκολά από την σάρκα. Το μαύρο χρώμα είναι χρήσιμο για τους καταναλωτές ώστε να γνωρίζουν πότε είναι ο καρπός έτοιμος για κατανάλωση. Το σπέρμα είναι μικρού μεγέθους. Ο καρπός είναι εξαιρετικής ποιότητας, με γεύση «καρυδιού». Ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι ο καρπός έχει την ικανότητα να διατηρηθεί στο δένδρο για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επίσης παρουσιάζει ανθεκτικότητα στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς, χωρίς όμως να μειώνεται η ποιότητα του. (Μαυρογιαννόπουλος 2004) Ωστόσο είναι ευαίσθητή στις χαμηλές θερμοκρασίες, εκτός από αυτό παρουσιάζει ευαισθησία στην αλατότητα, στα ακάρεα και στον θρίπα *Heliothrips haemorrhoidalis*. Η Hass είναι εξαιρετική ποικιλία, καθώς θεωρείται ως η καλύτερη σε ποιότητα ποικιλία αβοκάντο, ενώ έχει την μεγαλύτερη περίοδο συγκομιδής. (G. S. Bender, n.d.)

3. Hickson

Ζωνρά δένδρα, ορθόκλαδα, παρουσιάζουν παρενιαυτοφορία. Η ωρίμανση πραγματοποιείται Νοέμβριο με Δεκέμβριο, όμως είναι αρκετά ευαίσθητα στο ψύχος. Ο καρπός είναι μεσαίου έως μεγάλου μεγέθους (450 με 550 gr.), αντσειδής, με παχύ φλοιό, σχετικά τραχύ και εύθραυστο. Είναι καρπός καλής ποιότητας και η σάρκα έχει ελαφρώς κιτρινωπό χρωματισμό, ενώ το σπέρμα είναι μικρό.

4. MacArthur

Ποικιλία με ζωνρά δένδρα σταθερής παραγωγής. Παρουσιάζει λιγότερη ευαισθησία σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ποικιλίες τύπου Γουατεμάλας. Η ωρίμανση των καρπών γίνεται κατά την περίοδο Ιούλιο με Σεπτέμβριο και συνηθώς παρατηρείται πρόωρη καρπόπτωση. Το μέγεθος του καρπού είναι μεσαίο έως μεγάλο 280-450 gr., καμπανοειδούς σχήματος ενώ ο φλοιός είναι παχύς και τραχύς. Το μέγεθός του σπέρματος ποικίλει από μικρό μέχρι και μεγάλο. Είναι καλής ποιότητας καρπός, με μεγάλη ανθεκτικότητα στις μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις.

5. Nabal

Τα δένδρα αυτής της ποικιλίας χαρακτηρίζονται από ζωηρότητα και αρκετά μεγάλο ύψος, με ακανόνιστη καρποφορία. Παρουσιάζει ευαισθησία στις χαμηλές θερμοκρασίες. Η περίοδος ωρίμανσης είναι από Ιούλιο με Οκτώβριο. Διαθέτει μεγάλου μεγέθους καρπούς (330-670 gr), στρογγυλού σχήματος, με το σπέρμα του να είναι μικρό. Ο φλοιός είναι μεσαίου πάχους, λείος και αποχωρίζεται εύκολα από την σάρκα. Ήταν από τις πιο σημαντικές ποικιλίες στην Καλιφόρνια, διότι ότι είναι εξαιρετικής ποιότητας, όμως έχει αντικατασταθεί λόγω περιορισμένων αποδόσεων. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

6. Puebla

Ο καρπός του Puebla έχει σκούρο σχεδόν μαύρο χρώμα. Η υφή της επιδερμίδας του καρπού είναι ομαλή και είναι βρώσιμη. Κάτω από την λεπτή επιδερμίδα έχουν μια λαμπερή, κρεμώδη σάρκα που είναι βουτυρώδης, λεία και πλούσια σε γεύση. Η γεύση του χαρακτηρίζεται σαν γήινη γεύση με μια υποκείμενη γλυκύτητα. Ο σπόρος του είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με τον σπόρο της Hass και ωριμάζει στην αρχή της άνοιξης. Η Puebla είναι μια μικρή ποικιλία αβοκάντο, που έχει στενή σχέση με το πιο γνωστό Hass. Η σκουρόχρωμη αυτή ποικιλία έχει όμως υποβαθμιστεί από τη δημοτικότητα άλλων, οι πιο ανθεκτικών ποικιλιών και ο αριθμός των καλλιεργούμενων δένδρων έχει μειωθεί σημαντικά. Κάποτε θεωρούνταν το καλύτερο από όλα τα αβοκάντο τύπου Γουατεμάλας. Η ποικιλία Puebla ήταν μια από τις λίγες ποικιλίες που ευθύνονται για την ακμάζουσα βιομηχανία αβοκάντο που υπάρχει στη νότια Καλιφόρνια. ("Puebla Avocados Information, Recipes and Facts" n.d.)

7. Lamb Hass

Η Lamb Hass είναι μια καλοκαιρινή ποικιλία που αναπτύχθηκε για να επεκτείνει την καλλιεργητική περίοδο του Hass. Αρχικά είχε ονομαστεί BL122. Μοιάζει με την Hass σε κάποια χαρακτηριστικά, έχει ωσειδές σχήμα, το σπέρμα είναι μικρό έως μεσαίου μεγέθους, ο φλοιός του είναι εύκολο να ξεφλουδίζει και έχει την ίδια μεγάλη απαλή, κρεμώδη γεύση αλλά και την γεύση «καρυδιού» όπως η ποικιλία Hass. Πλεονεκτήματα της Lamb Hass είναι ότι έχουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην πτώση των καρπών από τον άνεμο, είναι λιγότερο επιρρεπή στα ηλιακά εγκαύματα / ακτινοβολία, καθώς επίσης παρουσιάζει μεγάλη ανθεκτικότητα στις μετακινήσεις και τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. (G. Bender and Advisor, n.d.) Επίσης ο καρπός είναι μεγαλύτερος σε σύγκριση με την ποικιλία Hass. (G. S. Bender, n.d.)

8. Reed

Ο James S. Reed Ranch στο Carlsbad της Καλιφόρνιας το 1948, βρήκε την ποικιλία Reed ως δενδρύλλια. Από τον J.S. Reed θεωρήθηκε ότι είναι διασταύρωση μεταξύ των ποικιλιών Anaheim και Nabal και οι δύο ανήκουν στο Τύπο Γουατεμάλας. (G. S. Bender, n.d.) Ο καρπός είναι στρογγυλός και σχετικά μεγάλος από 340-750 gr, με κάπως μεγάλο σπέρμα. Η επιδερμίδα είναι πράσινου χρώματος, παχιά και σχεδόν λεία, με ελαφρώς κοκκώδης επιφάνεια, που αποκολλάται εύκολα από την σάρκα. Ο καρπός είναι καλής ποιότητας, με βουτυρώδη πλούσια γεύση που θυμίζει καρύδι ("Reed Avocados Information, Recipes and Facts" n.d.), η σάρκα στην επιφάνεια κοπής δεν σκουραίνει όπως συμβαίνει για παράδειγμα στη Hass. Τα φρούτα έχουν αντοχή στις μετακινήσεις και καλή διάρκεια ζωής. Οι καρποί συλλέγονται από τον Ιούλιο μέχρι το Σεπτέμβριο, αλλά μπορεί να παραμείνουν στο δέντρο

σε κάποιες καλλιέργειες μέχρι τα μέσα Νοεμβρίου. (G. S. Bender, n.d.) Η Reed παρουσιάζει ανθεκτικότητα στο ψυχός κάτω από -1°C . Επίσης μαζί με τις ποικιλίες αβοκάντο Zutano και Fuerte, η επιδερμίδα παραμένει πράσινη ακόμα και όταν ο καρπός είναι ώριμος. (Meadows n.d.)

4.3 Υβρίδια ποικιλιών τύπου Γουατεμάλας και Μεξικού

1. Fuerte

Ποικιλία με δένδρα ζωηρά, πλαγιόκλαδα, που παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες, όπως το ίδιο συμβαίνει και με τις ποικιλίες του τύπου Μεξικού. Φαίνεται να έχει τάση για παρενιαυτοφορία, και κατά αυτόν τον λόγο παρουσιάζει ακανόνιστη παραγωγή. Έχει ιδιαίτερη ευαισθησία στις έντονες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις (χαμηλές θερμοκρασίες ή πολύ υψηλές) κατά την διάρκεια της άνθησης. Η περίοδος ωρίμανσης των καρπών είναι από τον Δεκέμβριο έως τον Μάρτιο. Ο καρπός είναι μικρού μέχρι μεσαίου μεγέθους (170-400 gr), απιοειδής, και ο φλοιός είναι μεσαίου πάχους, εξωτερικά είναι λείος, δερματώδης, ελκυστικού πράσινου χρώματος, που αποχωρίζεται σχετικά ευκολά από τη σάρκα. Το σπέρμα είναι μικρό. Η σάρκα δεν παρουσιάζει ταχύ μαύρισμα μετά τον τεμαχισμό (όπως συμβαίνει στη Hass) και η ποιότητα της είναι εξαιρετική. Ο καρπός διαθέτει πολύ μεγάλη ανθεκτικότητα στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς συσκευασίας, μεταφοράς και αποθήκευσης σε χαμηλές θερμοκρασίες. Σε γενικές γραμμές θεωρείται μια από τις σπουδαιότερες εμπορικές ποικιλίες του κόσμου. (Μαυρογιαννόπουλος 2004) Πριν η ποικιλία Hass αποκτήσει την δημοτικότητα που έχει, η πρώτη στις προτιμήσεις των καταναλωτών ήταν η Fuerte κατά την διάρκεια του πρώτου μισού του αιώνα. (G. S. Bender, n.d.)

2. Ettinger

Χαρακτηρίζεται από μεγάλη ζωηρότητα στο φύλλωμα της, αρκετά παραγωγική ποικιλία με ορθόκλαδα δένδρα. Με υψηλή ανθεκτικότητα στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (ομοίως και η ποικιλία Bacon), όπως και στους ανέμους. Οι καρποί ωριμάζουν τον Οκτώβριο με Νοέμβριο. Το μέγεθος του καρπού είναι μικρό έως μεσαίο (170-300 gr), απιοειδής, ο φλοιός του είναι λαμπερού πράσινου χρώματος, μαλακός, δερματώδης, με ελαφρώς ανώμαλη επιφάνεια, που αποχωρίζεται εύκολα από την σάρκα, η οποία είναι ανοικτού κιτρίνου χρώματος και εξαιρετικής ποιότητας. Το σπέρμα του καρπού είναι μεγάλο και δεν είναι προσκολλημένο με την σπερματική κοιλότητα. Τέλος ο καρπός δεν μπορεί να διατηρηθεί πολύ στο δένδρο.

3. Rincon

Ποικιλία με δένδρα χαμηλού ύψους, παραγωγικά, με ανοικτής βλάστησης φύλλωμα. Παρουσιάζει αρκετή ευαισθησία στο ψύχος. Επειδή παράγει αρκετούς καρπούς εκτός εποχής, δεν είναι εύκολο να οριστεί με σαφήνεια συγκεκριμένη περίοδο ωρίμανσης του καρπού. Οι καρποί συγκομίζονται από Μάρτιο μέχρι Μάιο. Ο καρπός είναι μικρός (140-280 gr), σχήματος απιοειδής έως στρογγυλός. Ο φλοιός είναι μεσαίου πάχους, λείος, ενώ το σπέρμα είναι αρκετά μεγάλο. Επίσης παρουσιάζει μειωμένη αντοχή στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς και η ποιότητα του χαρακτηρίζεται μέτρια.

4.4 Τύπου Δυτικών Ινδιών

1. Fuchsia

Παραγωγική ποικιλία, πρώιμη, με ευαισθησία στο ψύχος. Η περίοδος συγκομιδής είναι Ιούλιο με Αύγουστο. Ο καρπός είναι ενδιάμεσου μεγέθους (280-500 gr), απιοειδής έως επιμήκης και εύγευστος. Ο φλοιός είναι ανοιχτόχρωμος και λείος. Το σπέρμα είναι ανάλογο του μέγεθους του καρπού, ενδιάμεσου μεγέθους.

2. Pollock

Ποικιλία ζηηρού φυλλώματος, πλαγιόκλαδο, μέτριας παραγωγής (όχι αρίστης παραγωγής), με ευαισθησία στο ψύχος. Η περίοδος συγκομιδής των καρπών είναι από τον Ιούλιο μέχρι το Σεπτέμβριο. Φέρει μεγάλου έως πολύ μεγάλου μεγέθους καρπούς (500-1100 gr), είναι επιμήκης έως απιοειδής. Ο φλοιός είναι λείος και στιλπνός, ενώ η σάρκα του είναι κίτρινου χρώματος εξαιρετικής γεύσης. Στην Φλόριντα είναι πρώιμη ποικιλία.

4.5 Υβρίδια ποικιλιών τύπου Γουατεμάλας και Δυτικών Ινδιών:

1. Booth 7

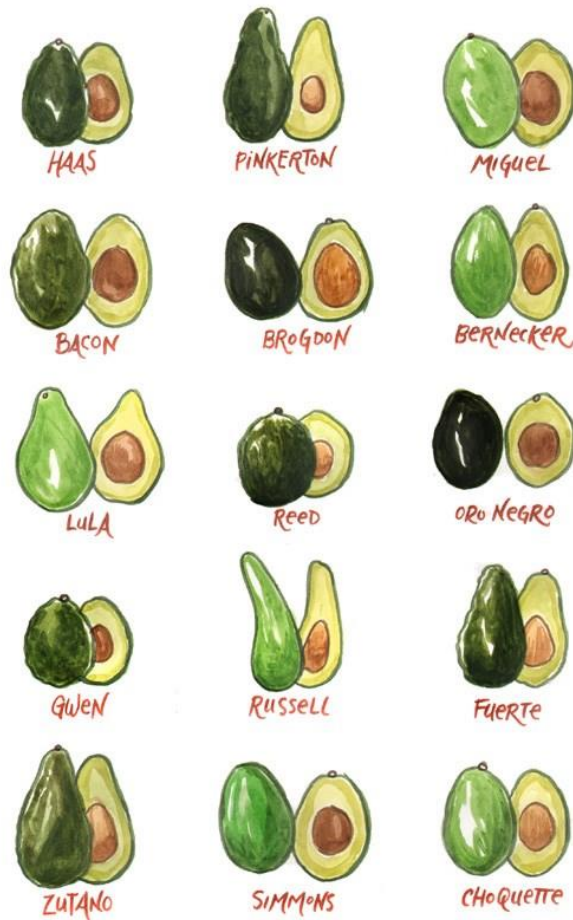
Παραγωγική ποικιλία με πλαγιόκλαδα δένδρα, που εμφανίζει παρενιαυτοφορία. Η περίοδος ωρίμανσης των καρπών είναι από τον Οκτώβριο μέχρι τον Δεκέμβριο. Έχει μεσαίου μεγέθους καρπούς (280-500 gr), σχήματος στρογγυλού με αντσειδής. Ο φλοιός του είναι παχύς, στιλπνός, σκληρός, σχετικά λείος, χρώματος σιλβο-πράσινου. Η σάρκα είναι ανοικτού κίτρινου χρώματος και γευστική. Το σπέρμα είναι και αυτό μεσαίου μεγέθους.

2. Lula

Ποικιλία που χαρακτηρίζεται από μεγάλη ζηηρότητα στο φύλλωμα, ταχείας ανάπτυξης, ορθόκλαδο, εμφανίζει τάση για ανάπτυξη αυξημένου ύψους. Παρουσιάζει μεγάλη ανθεκτικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες, όμως είναι αρκετά επιρρεπή σε τραυματισμούς από ισχυρούς ανέμους λόγω του ύψους που μπορεί να αποκτήσει. Είναι ευπαθές στο μύκητα *Sphaceloma perseae*. Η ωρίμανση των καρπών είναι κατά την περίοδο από Οκτώβριο μέχρι Ιανουάριο. Παράγει καρπούς μεσαίου έως μεγάλου μεγέθους (400-700 gr), απιοειδής και συχνά εμφανίζει μακρύ λαιμό και μεγάλο σπέρμα. Ο φλοιός είναι σχεδόν λείος, ανοικτού σιλβοπράσινου χρώματος, ενώ η σάρκα παρουσιάζει μια ανοιχτόχρωμη κιτρινωπή χροιά, εξαιρετικής γεύσης. Στη Φλόριντα είναι μια από τις αρκετά καλλιεργούμενες ποικιλίες.

3. Monroe

Παραγωγική ποικιλία με πλαγιόκλαδα δένδρα. Οι καρποί ωριμάζουν από τον Νοέμβριο μέχρι τον Ιανουάριο. Παράγει μεγάλους έως πολύ μεγάλους καρπούς (670-850 gr). Το σχήμα του καρπού είναι ελλειπτικό και λοξά επίπεδος ως προς την μία πλευρά του κορυφαίου τμήματός του. Ο φλοιός παρουσιάζει ένα σκούρο σιλβοπράσινο χρωματισμό ελαφρώς σαγρέ υφής, μετρίου πάχους και μαλακός. Η σάρκα είναι εξαιρετικής ποιότητας, απαλής / ελαφριάς κίτρινης απόχρωσης και το σπέρμα είναι ενδιάμεσου μεγέθους.



Εικόνα 5: Σκίτσο με διάφορες ενδεικτικές ποικιλίες αβοκάντο.

4.6 Παγετός

Ο παγετός ανάλογα με την ένταση του, μπορεί να προκαλέσει ζημιές στα άνθη, τους καρπούς, τους νεαρούς βλαστούς ή ακόμα και σε ολόκληρο το δέντρο. Στις καλλιεργούμενες ποικιλίες υπάρχουν αξιόλογες διαφορές στην ανθεκτικότητα τους στις χαμηλές θερμοκρασίες. Από τις ανθεκτικότερες ποικιλίες θεωρούνται οι Duke, Tora-Tora, Mexicola και κάπως λιγότερο ανθεκτικές οι Puebla και Fuerte. Οι ώριμοι καρποί, επειδή έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε λιπαρά, είναι ανθεκτικότεροι στις χαμηλές θερμοκρασίες από τους νεαρούς καρπούς και τα άνθη.

Οι ανθικές καταβολές μόλις αρχίσουν να διογκώνονται τα μάτια αλλά και σε όλα τα στάδια της εξέλιξής τους μέχρι το άνθος, είναι ευαίσθητες στους παγετούς και μια πτώση της θερμοκρασίας κάτω από τους $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, μπορεί να καταστρέψει και να μηδενίσει την αναμενομένη παραγωγή. Στους καρπούς που έχουν επηρεασθεί από χαμηλές θερμοκρασίες, εμφανίζονται τα παρακάτω συμπτώματα: κοκκινοκάστανος εξωτερικός χρωματισμός και στις ποικιλίες με λεπτή επιδερμίδα καφέ σκούρες κηλίδες. Οι ίνες της σάρκας παίρνουν καστανό χρώμα χωρίς όμως να υστερούν σε γεύση. Αν η ένταση του παγετού συνεχιστεί και ενταθεί, οι ίνες γίνονται μαύρες και η σάρκα καστανή και μαλακή. Όταν συμβεί αυτό οι επηρεασμένοι καρποί έχουν δυσάρεστη γεύση και θεωρούνται ακατάλληλοι για κατανάλωση. Επίσης μπορεί να συμβεί και πάγωμα ποδίσκου, με επακόλουθο την πτώση του καρπού. Γενικά, οι παγετόπληκτοι καρποί πέφτουν γρήγορα. Καμία φορά όμως είναι δυνατό να παραμείνουν

πάνω στο δένδρο όμως ξεχωρίζουν εύκολα από τους υγιείς αφού εμφανίζουν κηλίδες των κατεστραμμένων ιστών που γίνονται ξερές και φελλώδεις. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

4.7 Άνεμοι

Τα δένδρα του αβοκάντο ζημιώνονται ιδιαίτερα από τους ανέμους και γι' αυτό για την εγκατάσταση δενδροκομείων αβοκάντο θα πρέπει να αποφεύγονται θέσεις που είναι εκτεθειμένες χωρίς την πρόβλεψη ανεμοθραυστών. Περιοχές με συχνούς ανέμους αποτελούν δυσμενές περιβάλλον για την καρπόδεση (ιδίως για την ποικιλία Fuerte). Επίσης εκτός από την καρπόδεση υπάρχει και επιβράδυνση της βλάστησης.

Ζεστοί και ξηροί άνεμοι, όταν πνέουν κατά την διάρκεια της άνθησης, είναι δυσμενείς για την επιτυχημένη καρπόδεση. Όταν επικρατούν ισχυροί άνεμοι περιοδικά ή σε άτακτα χρονικά διαστήματα κατά την περίοδο που τα δένδρα έχουν καρπούς προκαλούν ζημιές. Το μέγεθος της ζημίας εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης που βρίσκεται ο καρπός, όπου επακόλουθο αυτού είναι να εμφανίζονται σημάδια πάνω στον καρπό, να μωλωπίζονται ή να σπάει ο ποδίσκος με αποτέλεσμα την πτώση.

Δένδρα που είναι ασθενικά και δεν έχουν στη διάθεσή τους αρκετή υγρασία και θρεπτικά στοιχεία, υποφέρουν πολύ περισσότερο στους ανέμους από ότι θα συνέβαινε κανονικά. Γι' αυτό η διατήρηση ενοϊκής υγρασίας και θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος, ιδιαίτερα κατά την περίοδο της άνθησης, μειώνει πολύ τα δυσμενή αποτελέσματα από τους ανέμους που φυσούν την εποχή εκείνη. Οι ανεμοθραύστες από πυκνοφυτεμένα δένδρα ή αλλά φυτά με τα κατάλληλα χαρακτηριστικά, παρέχουν αρκετή προστασία. (Μαυρογιαννόπουλος 2004)

5 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Η ποιότητα μπορεί να οριστεί ως «το σύνολο των χαρακτηριστικών ενός προϊόντος που το ξεχωρίζει από ένα άλλο του ίδιου είδους και το οποίο καθορίζει τη ζήτηση και την αποδοχή του από τον καταναλωτή». Τα κριτήρια της ποιότητας διαφέρουν ανάλογα με το είδος του προϊόντος, τον τρόπο κατανάλωσης του, τις απαιτήσεις της αγοράς και από τους τρόπους εκτίμησης των κριτηρίων. Αυτό σημαίνει ότι διαφοροποιούνται για τον ερευνητή, τον έμπορο, τον παραγωγό, τον βιομήχανο και τον καταναλωτή. Για διευκόλυνση του εμπορίου μεταξύ Ευρώπης και τη Β. Αμερικής θεσπίστηκαν κοινά κριτήρια ποιότητας για την για την πλειονότητα των αγροτικών προϊόντων. (Πάσσαμ et al. 2015)

Για τους καταναλωτές η εκτίμηση της ποιότητας είναι υποκειμενική. Ενώ τα κριτήρια που συνήθως λαμβάνονται υπόψιν από τους καταναλωτές, περιλαμβάνουν την υγιή όψη του προϊόντος, δηλαδή την εμφάνιση του, την συνεκτικότητα και το ποσοστό πίεσεως της σάρκας, που προσδιορίζει το βαθμό ωρίμανσης. Η γεύση επηρεάζει την μετέπειτα συμπεριφορά του καταναλωτή αν θα ξαναγοράσει το ίδιο προϊόν. Επίσης το μέγεθος είναι ένα από τα κριτήρια που εντάσσονται στα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η προτίμηση του μεγέθους διαφοροποιείται ανάλογα με την αγορά και τον τρόπο κατανάλωσης του προϊόντος. Η εμπορική αξία του προϊόντος μπορεί να επηρεαστεί από το σχήμα που εκπροσωπεί η εκάστοτε ποικιλία. (Πάσσαμ et al. 2015)

Ακόμα ένα άλλο κριτήριο εκτίμησης της ποιότητας είναι το χρώμα και η στιλπνότητα. Κυρίως το χρώμα σε πληθώρα περιπτώσεων αποτελεί το πιο σημαντικό ποιοτικό κριτήριο. Η αιτία αυτού είναι ότι το χρώμα αντικατοπτρίζει την κατάσταση της υγείας του προϊόντος, . Οι καταναλωτικές προτιμήσεις που αφορούν το χρώμα και την στιλπνότητα ενδέχεται να διαφοροποιούνται ανάλογα με τον προορισμό του αγοραστικού κοινού που απευθύνεται. Λόγου χάρη στην Ευρώπη υπάρχει μια τάση προτίμησης στους καρπούς του αβοκάντο με φλοιό πράσινου χρώματος, λείο και στιλπνό, όπως είναι οι ποικιλίες Fuerte και Pinkerton. Απεναντίας στην Αμερική η επιλογή του αγοραστικού κοινού στρέφεται σε καρπούς με ιώδες και σκούρου χρώματος, με τραχύ φλοιό, όπως είναι η ποικιλία Hass. (Πάσσαμ et al. 2015)

Το χρώμα αποτελεί ένα από τα πλέον διαδεδομένα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φρούτων και των λαχανικών, τόσο στη βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων, όσο και στην έρευνα. Η εμφάνιση είναι μία από τις σημαντικότερες αισθητικές ιδιότητες ποιότητας των φρούτων και των λαχανικών. Η ποιότητα δεν είναι ένα ενιαίο και σαφώς καθορισμένο χαρακτηριστικό αλλά περιλαμβάνει πολλές ιδιότητες και χαρακτηριστικά. Αποτελείται από ένα σύνολο ποιοτικών χαρακτηριστικών συμπεριλαμβάνοντας το χρώμα, την υφή, το μέγεθος, το σχήμα, τη στιλπνότητα και την απουσία σημαδιών και χτυπημάτων. Καθώς το χρώμα είναι η πρώτη παράμετρος ποιότητας που αξιολογείται από τους καταναλωτές, είναι κρίσιμο κριτήριο για την αγορά του προϊόντος. Τυχόν ελαττώματα που ενδέχεται να εντοπιστούν στην επιδερμίδα, όπως η ανίχνευση βλαβών, είναι σημαντικά στον έλεγχο της ποιότητας φρούτων και λαχανικών, αλλά και για την ταξινόμηση τους σε διαφορετικές ποιότητες. (Pathare, Orapa, and Al-Said 2013) Πιο συγκεκριμένα, από τους παράγοντες διαφοροποίησης της φυσιολογίας του χρώματος μπορούν να εντοπιστούν τυχόν προβλήματα μη ορθής θρέψης, περιβαλλοντικές συνθήκες ανάπτυξης, παρουσία χημικών κατάλοιπων, μετασυστατικών τραυματισμών και παρουσία μόλυνσης. (Πάσσαμ et al. 2015)

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες, η σωστή λίπανση και άρδευση, το στάδιο συλλογής και οι μετασυστατικοί χειρισμοί έχουν επιπτώσεις στη διαφοροποίηση της γεύσης. Επίσης

κριτήρια του προσδιορισμού της ποιοτικής εκτίμησης των καρπών είναι η συγκέντρωση που παρουσιάζουν τα ποσοστά των ολικών διαλυτών στερεών (Total dissolved solids-TDS) και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα. (Πάσσαμ et al. 2015)

Το άρωμα συχνά συσχετίζεται με την ποιότητα των καρπών. Οι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί, σε συνδυασμό με μεταχειρίσεις που αφορούν την ανάπτυξη του καρπού, έχουν ενεργό ρόλο στην εκδήλωση δυσάρεστων οσμών. Κατά την αποθήκευση ελαιωδών καρπών όπως είναι το αβοκάντο οι συνθήκες περιβάλλοντος συμβάλουν στην οξείδωση των λιπιδίων. Αυτό οφείλεται στα υψηλά επίπεδα θερμοκρασίας, υγρασίας και οξυγόνου, που έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία δυσάρεστων οσμών (τάγγισμα). Όπως και η συντήρηση καρπών σε περιβάλλοντα που περιχέουν υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα και χαμηλά επίπεδα οξυγόνου, προάγουν την αναερόβια αναπνοή και την έκλυση πτητικών ουσιών που έχει ως συνέπεια την έκλυση δυσάρεστων οσμών στους καρπούς ή την δημιουργία μη αναπτυγμένης διαμόρφωσης του αρώματος και των αιθερίων ελαίων κατά τη συντήρησή τους. (Πάσσαμ et al. 2015)

Η υφή συνδέεται άμεσα με τον γονότυπο της κάθε ποικιλίας, τον βαθμό ωρίμανσης και την περιεκτικότητα της σε νερό (κυρίως για φυλλώδη λαχανικά, κόνδυλοι και βολβοί). Το μαλάκωμα των καρπών ευθύνεται σε μεταβολικές αλλαγές στα κυτταρικά τοιχώματα των ιστών και την απώλεια σπαργής των κυττάρων. Αυτό φυσικά έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας τους. (Πάσσαμ et al. 2015)

Επιπρόσθετα η θρεπτική αξία των φρούτων και των λαχανικών αποτελεί ένα ακόμα κριτήριο ποιότητας. Παλιότερα δεν δινόταν αξιόλογη προσοχή σε αυτό το χαρακτηριστικό κατά την επιλογή του κάθε προϊόντος. Αντίθετα σήμερα με την συνεχή ενημέρωση και γνώση της σπουδαιότητας των θρεπτικών στοιχείων (βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία που προσδίδουν φαρμακευτικές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες), δίδεται επιπλέον προσοχή σε αυτό το χαρακτηριστικό. Τέλος δεν πρέπει να υπάρχουν υπολείμματα φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, ύπαρξη μολύνσεων (π.χ. μύκητες), φυσικών τοξικών ουσιών (π.χ. οι μυκοτοξίνες), νιτρικών (κυρίως στα λαχανικά), διότι μετασυλλεκτικά επιδρούν δυσμενώς στην ποιότητά των προϊόντων, υποβαθμίζοντας την, ενώ παράλληλα θέτουν σε κίνδυνο την υγεία του καταναλωτή. (Πάσσαμ et al. 2015)

Ανακεφαλαιώνοντας η ποιότητα των τροφίμων εκτιμάται σε πρώτη φάση από την εμφάνιση που περιλαμβάνει το χρώμα, τη γυαλάδα, το μέγεθος και δεύτερον, την υφή, την περιεκτικότητα σε συνολικά διαλυτά στερεά- total soluble solids (TSS) και την τιτλοδοτούμενη οξύτητα. Αυτοί οι παράμετροι έχουν την ικανότητα να παρέχουν σημαντικές πληροφορίες τόσο στους ερευνητές, όσο και στους καταναλωτές κατά την επιλογή των τροφίμων. Ο ρόλος του χρώματος στην αντίληψη άλλων χαρακτηριστικών ποιότητας τροφίμων είναι σημαντικός, αλλά πρέπει να γίνεται χρήση αντικειμενικών παραμέτρων χρώματος για την πρόβλεψη χαρακτηριστικών ποιότητας, όπως είναι η γεύση και η θρεπτική αξία των τροφίμων. Δεδομένου του αυξανόμενου ενδιαφέροντος των καταναλωτών που αφορά την σωστή διατροφή και την πρόληψη της ανθρώπινης υγείας, απαιτούνται εμπειριστωμένες μελέτες για τη διερεύνηση της πρόβλεψης της διατροφικής ποιότητας βάση αντικειμενικής μη καταστροφικής μέτρησης της εμφάνισης χρώματος. (Pathare, Opara, and Al-Said 2013)

6 Αιθυλένιο

Η πρώτη δημοσίευση ότι το αιθυλένιο (C_2H_4) είναι ένα φυσικό προϊόν των φυτικών ιστών έγινε από τον H.H. Cousins το 1910. Το 1934 ο R. Gane και οι συνεργάτες του αναγνώρισαν, κάνοντας χρήση χημικών μεθόδων, ότι το αιθυλένιο αποτελεί φυσικό προϊόν του μεταβολισμού των φυτών και εξαιτίας των δραστικών επιπτώσεών του στα φυτά χαρακτηρίστηκε ως ορμόνη. Χαρακτηριστικό των αρχικών μελετών για το αιθυλένιο είναι η έλλειψη χημικών τεχνικών για την ποσοτικοποίηση του και επειδή υπήρχε η πεποίθηση ότι η αυξίνη είναι η κύρια ορμόνη των φυτών, στο αιθυλένιο προσκομίσθηκε δευτερεύοντας φυσιολογικός ρόλος. Ωστόσο μετά την εισαγωγή της αέριας χρωματογραφίας στην έρευνα του αιθυλενίου το 1959, η σπουδαιότητα του επαναπροσδιορίστηκε ξανά και αναγνωρίστηκε η φυσιολογική του σημασία ως φυτοαυξητικού ρυθμιστή (Burg & Thimann 1959). (Lincoln, Zeiger, and Θάνος 2012)

Το αιθυλένιο (C_2H_4) είναι η πιο απλή α-ολεφίνη με $M.B.=28$ και είναι ελαφρύτερο από τον αέρα. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος μέτρησής του είναι η αέρια χρωματογραφία. Η παραγωγή του αιθυλενίου αυξάνεται κατά τη διάρκεια της αποκοπής του φύλλου, κατά την γήρανση του άνθους και κατά την ωρίμανση του καρπού. Επίσης διάφοροι τύποι τραυματισμών καθώς και φυσιολογικές καταπονήσεις όπως για παράδειγμα οι πλημμύρες, διάφορες ασθένειες, μολύνσεις από παθογόνα, οι χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες καθώς και η ξηρασία μπορούν να επάγουν τη βιοσύνθεση του αιθυλενίου. (Lincoln, Zeiger, and Θάνος 2012)

Το αιθυλένιο αποτελεί την απλούστερη οργανική ένωση η οποία παράγεται από φυτικούς ιστούς και ασκεί τη φυσιολογική του δράση σε αέρια μορφή. Είναι προϊόν του μεταβολισμού και παράγεται από όλους σχεδόν τους φυτικούς ιστούς αλλά και από ορισμένους μικροοργανισμούς. Είναι μια σημαντική φυσική φυτική ορμόνη που προωθεί διάφορες διεργασίες της ανάπτυξης αλλά και την ωρίμανση των καρπών. Το αιθυλένιο έχει την ικανότητα να επηρεάζει πληθώρα διαφορών αποκρίσεων - λειτουργιών στα φυτά, όπως είναι η φύτευση, η αύξηση των σπερμάτων, η διαφοροποίηση των κυττάρων και η επέκτασή τους, η αποκοπή των φύλλων και των ανθέων, και γενικότερα την γήρανση. Επιπλέον επηρεάζει και κάποιες διεργασίες (αποκρίσεις) στις βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις όπως για παράδειγμα της επιναστίας. (Θάνος 2017) Το αιθυλένιο και οι υψηλές συγκεντρώσεις των αυξινών επάγουν την επιναστία. (Lincoln, Zeiger, and Θάνος 2012)

Επιναστία (epinasty) ονομάζεται το φαινόμενο της προς τα κάτω κύρτωσης των φύλλων που συμβαίνει όταν η προσαξονική (άνω, adaxial) πλευρά του μίσχου αυξάνεται γρηγορότερα από την απαξονική (κάτω, abaxial) πλευρά. (Lincoln, Zeiger, and Θάνος 2012) Πιο συγκεκριμένα αυτό συμβαίνει όταν στα κύτταρα δημιουργείται ταχύτερη ανάπτυξη στην επάνω πλευρά του κεντρικού άξονα του μίσχου, σε σύγκριση με την κάτω πλευρά. Όπως και δημιουργία αμβλείας γωνίας μεταξύ του άξονα του φύλλου και του στελέχους. (Θάνος 2017) Τότε τα φύλλα κάμπτονται προς τα κάτω, χωρίς όμως να συνοδεύεται από το σύμπτωμα της μάρανσης. (Ζωάκη-Μαλισιόβα, n.d.)

Στους φυτικούς ιστούς παράγεται από το αμινοξύ μεθειονίνη το οποίο μετατρέπεται σε S-αδενοσυλ-μεθειονίνη (SAM). Από το SAM σχηματίζεται 1-αμινο-κυκλοπροπάνιο-1-καρβοξυλικό οξύ (ACC) ενώ η μετατροπή του ACC σε αιθυλένιο γίνεται από ένα ένζυμο την οξειδάση (οξειδάση του ACC) που βρίσκεται δεσμευμένο στις κυτταρικές μεμβράνες. Η δράση του συγκεκριμένου ενζύμου είναι αυτή που καθορίζει το ρυθμό παραγωγής του

αιθυλενίου. Για αυτό το λόγο ο έλεγχος αυτής της δράσης είναι το κομβικό σημείο της βιοσύνθεσης του αιθυλενίου. Το τελευταίο στάδιο απαιτεί την παρουσία οξυγόνου και περιλαμβάνει τη δράση του ενζύμου αμινοκυκλοπροπυλοκαρβοξυοξειδάση (ACO AC(C) Oxidase), γνωστού και ως «ένζυμο σχηματισμού αιθυλενίου» (EFE, Ethylene Forming Enzyme). Η βιοσύνθεση του αιθυλενίου επηρεάζεται από την ύπαρξη ενδογενούς ή εξωγενούς αιθυλενίου. Η ACS αυξάνεται όταν υπάρχουν υψηλά επίπεδα αυξινών και ιδιαίτερα του ινδολαιθανικού οξέος (IAA, Indole Acetic Acid) αλλά και υψηλά επίπεδα κυτοκινινών. Επίσης η ACS παρεμποδίζεται από το αμπισικό οξύ. (“Αιθέριο - Βικιπαίδεια” n.d.)

Η παραγωγή αιθυλενίου σηματοδοτεί συγκεκριμένα στάδια της ανάπτυξής τους, όπως η βλάστηση και η ωρίμανση των καρπών, η απόρριψη των φύλλων και ο μαρασμός των ανθών. Πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για τον έλεγχο της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα, που παράγεται κατά την ωρίμανση, αφού στη (σχετικά) υψηλή θερμοκρασία ωρίμανσης (20 °C) παρατηρήθηκαν αυξημένα επίπεδα CO₂ ως και 10% σε 24 ώρες. Το αιθυλένιο μπορεί να γίνει να αντιληπτό από διαμεμβρανικές πρωτεΐνες διμερών σύμπλοκων. Περιβαντολλογικοί και άλλοι εξωτερικοί παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν τη βιοσύνθεση αιθυλενίου ως φυτικής ορμόνης. (“Αιθέριο - Βικιπαίδεια” n.d.)

Το αιθυλένιο ως φυτορμόνη διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ρύθμιση πολλών φυσιολογικών λειτουργιών στην αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών αλλά κυρίως έχει επίδραση στην ωρίμανση και την γήρανση των φυτικών ιστών. Το αέριο είναι φυσιολογικώς ενεργό σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις και η παρουσία του στους χώρους αποθήκευσης - συντήρησης ευθύνεται κατά ένα μεγάλο μέρος για τη φυσιολογική φθορά των οπωροκηπευτικών προϊόντων. Η φθαρτότητα των προϊόντων σχετίζεται με την ευαισθησία των ιστών στο αιθυλένιο και κυρίως με την επικράτηση συνθηκών (θερμοκρασίας, καταπόνησης) που ενισχύουν τη δράση του αιθυλενίου. Η παραγωγή αιθυλενίου επηρεάζεται από το στάδιο ωριμότητας, αλλά και από τη μεταχείριση του προϊόντος (θερμοκρασία, συγκέντρωση οξυγόνου και CoA), τη παρουσία παθογόνων οργανισμών (μυκήτων) και από τις μηχανικές ζημιές των καρπών. (Θάνος 2017)

Το αιθυλένιο έχει την ικανότητα να παίζει θετικό, αλλά και αρνητικό ρόλο στη μετασυστασιακή ζωή των οπωροκηπευτικών προϊόντων. Παίζει θετικό ρόλο ως προς την ομοιόμορφη ωρίμανση και αρνητικό ρόλο ως προς την επιτάχυνση της γήρανσης. Είναι φυτική ορμόνη ωρίμανσης, γηρασμού και αποκοπής φύλλων και καρπών. Δρα κατευθείαν στο DNA του φυτικού κυττάρου, ενεργοποιώντας πολλά γονίδια και προάγει το σχηματισμό διαφόρων ενζύμων. Προσκολλάται σε ειδικούς υποδοχείς στις μεμβράνες, αυξάνοντας την αναπνοή των κυττάρων, τη διαπερατότητα των μεμβρανών, τη διάσπαση της χλωροφύλλης και την ανάπτυξη ερυθρού χρώματος σε καρπούς. Με αυτό τον τρόπο δράσης, επιταχύνει την ωρίμανση και τη γήρανση των φυτικών ιστών οδηγώντας σε περιορισμένη μετασυστασιακή διάρκεια ζωής στο ράφι. Το αιθυλένιο σαν παράγοντας ωρίμανσης, δεν θεωρείται ότι δρα μόνο του. Όπως οι περισσότερες διαδικασίες της αύξησης και ανάπτυξης έτσι και η υψηλή συγκέντρωση του αιθυλενίου προωθεί την ωρίμανση ενώ η γιββερελλίνη και οι κυτοκινίνες την καθυστερούν σε μερικές περιπτώσεις. (“Open EClass TEI Θεσσαλίας | Μορφολογία - Φυσιολογία Φυτών” n.d.)

Στο τελευταίο στάδιο της ανάπτυξης του καρπού, εκτελούνται διάφορες ποιοτικές μεταβολές που καθορίζουν την ωρίμανση του καρπού. Οι κύριες μεταβολές που

παρατηρούνται είναι χαλάρωση των ιστών της σάρκας του καρπού, υδρόλυση των αποταμιευτικών ουσιών και της δομικής κυτταρίνης, μεταβολή στη θέση των χρωστικών, ελάττωση των φαινολικών ουσιών, όπως και περιοδικές μεταβολές αναπνευστικής δραστηριότητας. Για παράδειγμα, καρποί όπως το αβοκάντο και η μπανάνα δείχνουν χαρακτηριστικές μεταβολές στην αναπνοή. Η χαλάρωση των ιστών του καρπού οφείλεται στην υδρόλυση των πηκτινών, όπως και των πολυμερών και της κυτταρίνης. Αποτέλεσμα της υδρόλυσης των αποταμιευτικών υδατανθράκων είναι η παραγωγή διαλυτών σακχάρων που προκαλούν τη γλυκιά γεύση του καρπού. (“Open EClass TEI Θεσσαλίας | Μορφολογία - Φυσιολογία Φυτών” n.d.) Κλιμακτηριακοί (climacteric) καρποί όπως μήλα, μπανάνες, αβοκάντο και τομάτες, παρουσιάζουν μια παροδική «έκρηξη» της παραγωγής του αιθυλενίου αμέσως μετά την άνοδο της αναπνοής. (Lincoln, Zeiger, and Θάνος 2012)

Από τις μεταβολές που παρουσιάζουν οι καρποί του αβοκάντο, στην αναπνευστική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της ωρίμασης φαίνεται ότι η αναπνοή ελαττώνεται αρχικά, ενώ παρατηρείται απότομη αύξηση (κλιμακτήριο αναπνοή), και καταλήγει να ελαττώνεται πάλι. Σε καρπούς όπως το αβοκάντο η κλιμακτήριος αναπνοή δεν πραγματοποιείται πριν από το κόψιμο του καρπού. (“Open EClass TEI Θεσσαλίας | Μορφολογία - Φυσιολογία Φυτών” n.d.) Τα μήλα, τα αχλάδια και το αβοκάντο είναι παραδείγματα φρούτων που απελευθερώνουν αιθυλένιο κατά την ωρίμανση. Το αιθυλένιο είναι υπεύθυνο για τις αλλαγές στην υφή, το μαλάκωμα, το χρώμα και άλλες διαδικασίες που εμπλέκονται στην ωρίμανση.

Η βιοσύνθεση του αιθυλενίου αρχίζει από τη μετατροπή της μεθειονίνης (ενός αμινοξέος) σε S-αδενοσυλμεθειονίνη (που συμβολίζεται συντομογραφικά SAM, S-Adenosyl Methionine, ή Adomet, Adenosyl methionine) με το ένζυμο αδενοσυλομεθειονοτρανσφεράση. Έπειτα, η SAM μετατρέπεται σε 1-αμινοκυκλοπροπυλομεθανικό οξύ (ACC, από το 1-Amino-1CarboxylCyclopropane, δηλαδή 1-αμινο-1-καρβοξυκυκλοπροπάνιο, μια εναλλακτική ονομασία) με το ένζυμο 1-αμινοκυκλοπροπυλοκαρβοξυσυνθετάση (ACS, AC(C) Synthetase). (“Αιθέριο - Βικιπαίδεια” n.d.)

6.1 Βιοσύνθεση του αιθυλενίου

Το αμινοξύ μεθειονίνη αποτελεί τον πρόδρομο μεταβολίτη του αιθυλενίου, ενώ το 1-αμινοκυκλοπροπυλο-1-καρβοξυλικό οξύ (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, ACC) δρα ως ενδιάμεσος μεταβολίτης για τη μετατροπή της μεθειονίνης σε αιθυλένιο. Η ACC οξειδάση (ACC oxidase) είναι αυτή που καταλύει το τελευταίο βήμα στη βιοσύνθεση του αιθυλενίου, δηλαδή στη μετατροπή του ACC σε αιθυλένιο. Όταν γίνει εφαρμογή του ACC εξωγενώς σε φυτικούς ιστούς, η παραγωγή του αιθυλενίου αυξάνεται σημαντικά.

Η παρατήρηση αυτή δείχνει ότι η σύνθεση του ACC είναι συνήθως το περιοριστικό βιοσυνθετικό βήμα στην παραγωγή του αιθυλενίου από τους φυτικούς ιστούς. Το σύνολο της ποσότητας του ACC που βρίσκεται στους ιστούς δεν μετατρέπεται σε αιθυλένιο. Η σύζευξη του ACC μπορεί να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον έλεγχο της βιοσύνθεσης του αιθυλενίου, σε ανάλογο βαθμό με τη σύζευξη της αυξίνης και των κιτοκινίνων. (Lincoln, Zeiger, and Θάνος 2012) Η βιοσύνθεση του αιθυλενίου μπορεί να διεγερθεί από ποικιλία παραγόντων, όπως είναι το αναπτυξιακό στάδιο, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, άλλες φυτικές ορμόνες καθώς και φυσικοί και χημικοί τραυματισμοί. Η βιοσύνθεση του αιθυλενίου

επίσης διαφοροποιείται κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, φτάνοντας κατά την διάρκεια της ημέρας στο μέγιστο και αντιστοίχως στο ελάχιστο τη νύχτα. (Lincoln, Zeiger, and Θάνος 2012)

Κατά την ωρίμανση των καρπών, η ταχύτητα της βιοσύνθεσης ACC και του αιθυλενίου αυξάνεται. Η ενζυμική ενεργότητα τόσο της ACC οξειδάσης όσο και της ACC συνθάσης αυξάνονται, όπως επίσης και τα επίπεδα mRNA ορισμένων γονιδίων που κωδικοποιούν τα ένζυμα αυτά. Ωστόσο με την εφαρμογή του ACC σε ανώριμους καρπούς, αυξάνεται ελάχιστα η παραγωγή του αιθυλενίου, φαινόμενο που υποδηλώνει ότι η αύξηση της ενεργότητας της ACC οξειδάσης αποτελεί το περιοριστικό βήμα στην ωρίμανση. (Lincoln, Zeiger, and Θάνος 2012)

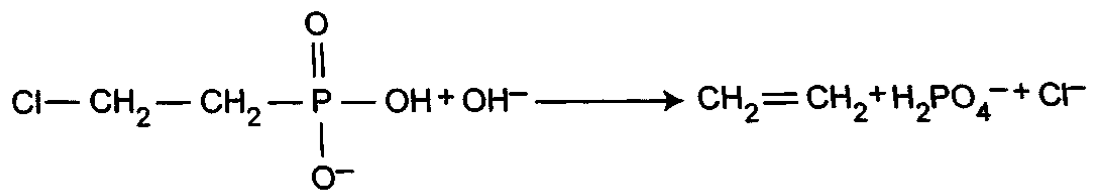
Επίσης η βιοσύνθεση του αιθυλενίου αυξάνεται σε συνθήκες καταπόνησης όπως ξηρασία, αφθονία νερού, ασφυξίας ριζικού συστήματος, ψύχος, έκθεση σε όζον και μηχανικούς τραυματισμούς. Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, το αιθυλένιο παράγεται από τη συνηθισμένη βιοσυνθετική οδό και έχει αποδειχθεί ότι η αυξημένη παραγωγή αιθυλενίου οφείλεται (τουλάχιστον ένα μέρος της) στην αύξηση της μεταγραφής του mRNA της ACC συνθάσης.

Το αιθυλένιο προωθεί την ωρίμανση ορισμένων καρπών. Ο όρος ωρίμανση του καρπού αναφέρεται στις αλλαγές του καρπού που τον καθιστούν έτοιμο για κατανάλωση. Τέτοιες χαρακτηριστικές αλλαγές συμπεριλαμβάνουν το μαλάκωμα του καρπού εξαιτίας της ενζυμικής διάσπασης των κυτταρικών τοιχωμάτων, την υδρόλυση του αμύλου, τη συσσώρευση σακχάρων και την εξαφάνιση των οργανικών οξέων και των φαινολικών ουσιών, όπως είναι οι ταννίνες. Από την πλευρά του φυτού, η ωρίμανση του καρπού σημαίνει ότι τα σπέρματα είναι έτοιμα για διασπορά. Η διασπορά των οποίων επιτυγχάνεται με την κατανάλωση τους από ζώα. Οπού αυτό σημαίνει ότι η ωριμότητα και εδωδιμότητα θα μπορούν να ταυτιστούν σημασιολογικά. Ωστόσο για σπέρματα που εξαρτώνται από μηχανικούς ή άλλους τρόπους διασποράς, η ωρίμανση του καρπού μπορεί να σημαίνει ξήρανση ακολουθούμενη από κάποιου είδους ανοίγματος ή σχίσιμο του ώριμου καρπού. Επίσης στην περίπτωση φυτών που έχουν ξεχωριστά αρσενικά και θηλυκά άνθη στο ίδιο φυτικό άτομο (μόνοικα είδη), το αιθυλένιο έχει την δυνατότητα να αλλάξει το φύλο των αναπτυσσομένων ανθέων. (Lincoln, Zeiger, and Θάνος 2012)

6.2 Ethrel

Το αιθυλένιο ρυθμίζει πληθώρα φυσιολογικών διεργασιών στην ανάπτυξη των φυτών, είναι μια από τις ευρύτερα χρησιμοποιούμενες φυτικές ορμόνες στη γεωργία. Η φυσική βιοσύνθεση του αιθυλενίου στα φυτά μπορεί να διεγερθεί με την χρήση αυξινών και ACC. Το αιθυλένιο στην αέρια μορφή του είναι πολύ δύσκολο να εφαρμοστεί στον αγρό. Αυτό γίνεται εξαιτίας της υψηλής ταχύτητας διάχυσης που έχει το αιθυλένιο. Για αυτό το λόγο γίνεται χρήση της ουσίας ethephon ή 2-χλωρο-αιθυλο-φωσφονικό οξύ (2-chloroethylphosphonic acid). Το ethephon είναι ρυθμιστής ανάπτυξης φυτών (plant growth regulator), έτσι με τον μεταβολισμό του από το φυτό, μετατρέπεται σε αιθυλένιο. Το εμπορικό όνομα που του σκευάσματος που χρησιμοποιήθηκε είναι Ethrel. Ο τρόπος εφαρμογής είναι μέσω ψεκάσματος σαν υδατικό διάλλειμα ώστε να υπάρχει γρήγορη απορρόφηση από το φυτό. Η έκλυση του αιθυλενίου γίνεται με αργό ρυθμό μέσω της χημικής αντίδρασης που φαίνεται στην Εικόνα 6 επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο στην ορμόνη να εκδηλώσει την επίδρασή της.

(Lincoln, Zeiger, and Θάνος 2012) Είναι ουσία χαμηλής τοξικότητας και μετά την χρήση μεταβολίζεται με ταχείς ρυθμούς σε αιθυλένιο. (“Ethephon - Wikipedia” n.d.)



Εικόνα 6: Αντίδραση μετατροπής του 2-χλωρο-αιθυλο-φωσφορικού οξέως (Ethephon) σε αιθυλένιο.

6.2.1 Γενικές χρήσεις του Ethephon

Το Ethephon χρησιμοποιείται συχνά σε καλλιέργειες σιταριού, καφέ, καπνού, βαμβακιού και ρυζιού για να βοηθήσει τους καρπούς του φυτού να ωριμάσουν πιο γρήγορα. Επίσης χρησιμοποιείται για την απώλεια του πράσινου χρώματος (degreening) σε καρπούς μήλου, τομάτας και εσπεριδοειδών. Μια ακόμη ευρεία του χρήση είναι στις καλλιέργειες ανανά για την έναρξη της αναπαραγωγικής ανάπτυξης του, για τον συγχρονισμό της άνθισης, καθώς και για την ταχύτερη προώθηση της αποκοπής των ανθέων και των καρπών. Ακόμα μπορεί να ψεκαστεί σε ώριμους πράσινους καρπούς ανανά ώστε φύγει το πράσινο χρώμα και να ικανοποιηθούν οι καταναλωτικές απαιτήσεις του προϊόντος. Στο βαμβάκι, την κερασιά και την καρυδιά χρησιμοποιείται για την επαγωγή της αραίωσης των καρπών. Στην αγγουριά χρησιμοποιείται για την επαγωγή του φυλοκαθορισμού, την αποτροπή της αυτοεπικονίασης, ώστε να υπάρξει αύξηση της παραγωγής, και για την προώθηση της πλευρικής ανάπτυξης και δημιουργίας συμπαγών ανθοφόρων βλαστών. (“Ethephon - Wikipedia” n.d.) (Lincoln, Zeiger, and Θάνος 2012)

6.2.2 Αναστολή παραγωγής αιθυλενίου - προβλήματα χρήσης Ethephon

Για την αναστολή της παραγωγής του αιθυλενίου έχουν κατασκευαστεί θάλαμοι συντήρησης όπου μέσω της ελεγχόμενης ατμόσφαιρας μπορούν να διατηρήσουν τους καρπούς και να καθυστερήσουν την ωρίμανση. Η αναστολή της βιοσύνθεσης του αιθυλενίου επιτυγχάνεται μέσω της χαμηλής συγκέντρωσης O₂, της χαμηλής θερμοκρασίας και της υψηλής συγκέντρωσης CO₂ από 3% έως 5% όπου αποτρέπει τη δράση του αιθυλενίου ως προωθητή της ωρίμανσης. Επίσης οι θάλαμοι ελεγχόμενης ατμόσφαιρας συχνά κάνουν χρήση χαμηλής πίεσης (κενού) για την αφαίρεση αιθυλενίου και οξυγόνου, ώστε να μειωθεί η ταχύτητα της ωρίμανσης και να εμποδιστεί η υπερωρίμανση. (Lincoln, Zeiger, and Θάνος 2012) (Blakey et al. 2012)

Από την εφαρμογή του Ethephon σε καρπούς μάνγκο βρέθηκε ότι μειώνεται δραστικά η ενεργότητα του υπεροξειδίου της δισμουτάσης (superoxide dismutase) καθώς και η δραστικότητα της καταλάσης (catalase) ενώ παράλληλα αυξάνεται η δράση της υπεροξειδάσης του ασκορβικού άλατος (ascorbate peroxidase), της υπεροξειδωσης των λιπιδίων (lipid peroxidation) και της συγκέντρωσης του υπεροξειδίου του υδρογόνου (H₂O₂). (Blakey et al. 2012)

Στην έρευνά του ο Blakey (Blakey et al. 2012) το 2012 βρήκε ότι σε καρπούς αβοκάντο μετά την εφαρμογή Ethephon παρατηρείται σημαντική αύξηση στην παραγωγή αιθυλενίου, στον ρυθμό αναπνοής, στην υπεροξειδωση των λιπιδίων (lipid peroxidation) ενώ η D-

mannoheptulose (D-μαννοεπτουλόζη) μειώθηκε σημαντικά. Συμπεραίνεται ότι οι καρποί αβοκάντο μπορούν να υποστούν σημαντικές φυσιολογικές αλλαγές καθώς και σημαντική απώλεια ποιότητας σε μικρό χρονικό διάστημα, η οποία επιδεινώνεται από την έκθεση στο αιθυλένιο. Η πλειονότητα των διαταραχών μετά την συγκομιδή οφείλεται άμεσα ή έμμεσα στο αιθυλένιο. Οι καρποί αβοκάντο είναι επιρρεπείς σε πιθανή απώλεια της ποιότητας τους μετά από λίγες μόνο ώρες ακατάλληλου χειρισμού, ιδιαίτερα εάν έχουν εκτεθεί σε Ethephon, λόγω της αυξημένης παραγωγής αιθυλενίου και της απώλειας της D-mannoheptulose, γεγονός που μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο φυσιολογικών διαταραχών και επομένως απώλεια ποιότητας των καρπών. (Blakey et al. 2012) (Lincoln, Zeiger, and Θάνος 2012)

7 Πλαστικό φιλμ

Η χρήση πλαστικών φιλμ για συσκευασία φρούτων επινοήθηκε από τον Ben-Yehoshua. Κατά την μέθοδο αυτή γίνεται ατομική συσκευασία των καρπών με περιτύλιγμα σε πλαστικό film ειδικής σύνθεσης. Οπού χρησιμοποίησε πολύ μικρού πάχους φιλμ διαφόρων πολυμερών του πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας (HDPE), για ατομική συσκευασία φρούτων. Αυτή η μεθοδολογία έδωσε ώθηση στην χρησιμοποίηση πλαστικών φιλμ στη συσκευασία φρούτων, καθώς προσφέρει βελτιωμένες συνθήκες και διατηρεί την ποιότητα του προϊόντος. Η μέθοδος αυτή προσφέρει οφέλη όπως περιορισμό της απώλειας υγρασίας, χωρίς να αλλοιώνεται η γεύση και το άρωμα των καρπών. Επιπλέον επιτυγχάνεται παράταση της ζωής των καρπών, διατηρώντας τα ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως είναι η εμφάνιση, το χρώμα και η συνεκτικότητα της σάρκας. (ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ 2003)

Η ατομική συσκευασία συμβάλλει στην δημιουργία τροποποιημένης ατμόσφαιρας έχοντας ως αποτέλεσμα την αύξηση της αντίστασης στην κίνηση των υδρατμών κατά 1375%, του CO₂ κατά 72%, του O₂ κατά 233% και του αιθυλενίου (C₂H₄) κατά 25%. Παράλληλα περιορίζονται οι απώλειες της υγρασίας (14 φορές) ενώ δεν επηρεάζατε η διάχυση των CO₂, O₂ και C₂H₄. Το αποτέλεσμα της εφαρμογής ατομικής συσκευασίας με πλαστικό φιλμ είναι η δημιουργία ενός κορεσμένου μικροπεριβάλλοντος περιμετρικά του καρπού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την διατήρηση του για παρατεταμένο χρονικό διάστημα, ως επακόλουθο της μείωσης της αναπνευστικής διαδικασίας. Στα μη κλιμακηρικά φρούτα ο κύριος παράγοντας για την καθυστέρηση της υπερωρίμανσης αυτών, είναι ο σχηματισμός μιας κορεσμένης ατμόσφαιρας, η οποία επιτυγχάνει την μείωση της διαπνοής, τη διατήρηση της συνεκτικότητας και της μεταβολικής δραστηριότητας. (ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ 2003)

Η χρήση πλαστικού φιλμ χρησιμοποιείται, εκτός από ατομική χρήση σε φρούτα, για εφαρμογή σε κάλυψη ολόκληρης συσκευασίας ή για την δημιουργία μικρών συσκευασιών (με διάτρητο ή μη πλαστικό φιλμ). Επομένως η συντήρηση φρούτων και λαχανικών με χρήση πλαστικού φιλμ, προσφέρει καλύτερη υγιεινή και υγιές περιβάλλον λόγω της απομόνωσης από εξωτερικούς παράγοντες. Καθώς επίσης προσφέρει προστασία από τους μετασυστακτικούς χειρισμούς, όπως τριβές και χτυπήματα. Ακόμα παρατηρείται παράταση του χρόνου συντήρησης ακόμα και εκτός ψυγείου, ενώ εντός του ψυγείου προστατεύονται από εμφάνιση καταπόνησης από το ψύχος. Η εξάπλωση προ-υπάρχοντων μυκήτων ευνοείται από την υψηλή συγκέντρωση υγρασίας, αλλά το πλαστικό φιλμ εμποδίζει την εξέλιξη δευτερευόντων προσβολών. (ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ 2003)

Το πλαστικό φιλμ χρησιμοποιείται για την επιμήκυνση της ζωής διαφόρων φρούτων. Τυλίγοντας τον κάθε καρπό ξεχωριστά δίνεται η δυνατότητα να συνεχιστούν οι φυσιολογικές λειτουργίες του καρπού, ελαττώνεται η απώλεια βάρους, επιμηκύνεται η διάρκεια ζωής του και η ποιότητά του. Συνήθως φρούτα που προορίζονται για να τυλιχθούν με πλαστικό φιλμ, θα πρέπει μετασυστακτικά να έχουν υποστεί επέμβαση με μυκητοκτόνο. Στην περίπτωση που δεν γίνει αυτή η επέμβαση μεταξύ της φλούδας και του πλαστικού φιλμ δημιουργείται ευνοϊκό μικροπεριβάλλον για την ανάπτυξη μυκήτων. Η διαδικασία της κάλυψης των καρπών με πλαστικό φιλμ για παρατεταμένη συντήρηση, συνήθως γίνεται σε κάθε καρπό ξεχωριστά, αν και υπάρχουν και συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας που τυλίγουν μικρό αριθμό καρπών. Πρώτου καλυφθούν τα φρούτα με πλαστικό φιλμ, συνιστάται να γίνεται επέμβαση με Γιββεριλλίνη ώστε να επιβραδύνεται η γήρανση του φλοιού. (“Η ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΩΝ ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΩΝ” n.d.)

Φοιτητές του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Morelia στο Μεξικό, έχουν αναπτύξει ένα προστατευτικό φιλμ που μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της διάρκειας ζωής του αβοκάντο, χρησιμοποιώντας άγρια χόρτα και φυτικά έλαια. Η παραγωγή προστατευτικών φιλμ είναι μία από τις μεθόδους που έχει ξεκινήσει να χρησιμοποιείται για τη διατήρηση των τροφίμων, ωστόσο η χρήση φυτικών ελαίων δίνει στο υλικό αυτό μια παρασιτοκτόνο ιδιότητα. Η ανάπτυξη του πανεπιστημίου ξεχωρίζει για τον λόγο ότι χρησιμοποιήθηκε ένα είδος άγριου χόρτου (ζιζάνιο), όπου συνήθως αντιπροσώπευε οικονομικές απώλειες στις καλλιέργειες, λόγω της ζημιόγону επίδρασης προς την καλλιέργεια μειώνοντας την παραγωγή. Το φιλμ αναμινύεται με φυτικά εκχυλίσματα του *Leonotis nepetifolia*. Έχει υψηλή περιεκτικότητα δευτερογενών μεταβολιτών που αναστέλλουν τη μικροβιακή ανάπτυξη διαφόρων ειδών βακτηρίων και μυκήτων. Οπότε η χρήση των εκχυλισμάτων αυτού του φυτού στην παρασκευή πράσινων φυτοφαρμάκων θα μπορούσε να αποτελέσει εναλλακτική λύση στη χρήση χημικών ουσιών που ενέχουν κίνδυνο για την υγεία και το περιβάλλον. (“Mexican Students Develop a Protective Film for Avocados” n.d.)

Οι μεξικανοί φοιτητές το χρησιμοποίησαν για να σταματήσουν την ανάπτυξη της ανθράκωσης, μια ασθένεια των φυτών που επηρεάζει τα φρούτα αβοκάντο, γεγονός που τους επέτρεψε να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των φρούτων έως και 21 ημέρες περισσότερο. Επιπλέον, δίνουν αξία στο άγριο χόρτο που θεωρήθηκε ότι ήταν επεμβατική και προκαλούσε απώλειες στους αγρότες. Σε μια δήλωση, το Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Morelia ανέφερε ότι το αβοκάντο ήταν ένας από τους καρπούς με μεγάλη γεωργική σημασία στο Μεξικό, το οποίο εξάγει περίπου 260 χιλιάδες τόνους αυτού του φρούτου ετησίως. Η Michoacan είναι ο κύριος παραγωγός αβοκάντο παγκοσμίως. Ανέφεραν επίσης ότι η εργασία αυτή θα συμβάλει στη βελτίωση της παραγωγής και της πώλησης αβοκάντο, πράγμα που θα ωφελήσει τους παραγωγούς. (“Mexican Students Develop a Protective Film for Avocados” n.d.)

8 Φαινολικές ενώσεις

Οι φαινολικές ενώσεις είναι δευτερογενής μεταβολίτες που χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη τουλάχιστον ενός αρωματικού δακτυλίου (C_6H_6) που περιέχει ένα ή περισσότερα υδροξύλια. Η σύνθεση δευτερογενών μεταβολιτών συνδέεται στενά με την ύπαρξη και την λειτουργία θεμελιωδών αμυντικών μηχανισμών που είναι αναγκαίοι για την επιβίωση των φυτικών ειδών.

Διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην κατασκευή της φυτικής βιομάζας και απαρτίζουν περίπου το 40% του οργανικού άνθρακα. Εξαιτίας της μεγάλης ανθεκτικότητάς τους στην αποδόμηση (κυρίως του πολυμερούς της λιγνίνης) αποτελούν το περιοριστικό βήμα στην ολοκλήρωση του κύκλου του άνθρακα. Οι περισσότερες φαινολικές ενώσεις έχουν ως πρόδρομο μόριο τη φαινυλαλανίνη. Ο κύριος τρόπος σύνθεσης των φαινολικών ενώσεων είναι η βιοσυνθετική οδός του σικιμικού οξέος. Μέσω αυτής μετατρέπονται τα απλά ενδιάμεσα μόρια υδατανθράκων της γλυκόλυσης και του κύκλου των φωσφοπεντοζών σε αρωματικά αμινοξέα. Το πρώτο βήμα της σύνθεσης είναι η συμπύκνωση δύο βασικών φωσφορυλιωμένων πρωτογενών μεταβολιτών (φωσφοενολοπυροσταφυλικό οξύ και 4-φωσφοερυθρόζη). Οι απλές φαινολικές ενώσεις βιοσυντίθενται μέσω της απαμίνωσης της φαινυλαλανίνης. Η αντίδραση αυτή καταλύεται από την αμμωνιακή λυάση της φαινυλαλανίνης. (Καραμπουρνιώτης, Λιακόπουλος, and Νικολακόπουλος Δ 2012)

Η μεθοδολογία για την μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας που ακολουθήθηκε ανήκει στην κατηγορία Single Electron Transfer (SET). Η οποία βασίζεται στην ιδιότητα των αντιοξειδωτικών να μεταφέρουν ένα ηλεκτρόδιο σε 1 οξειδωτικό αντιδραστήριο με αποτέλεσμα αυτό να ανάγεται. Ακολουθεί η αλλαγή του χρώματος του δείγματος. Το ποσοστό της αλλαγής του χρώματος εξαρτάται από την συγκέντρωση των αντιοξειδωτικών που υπάρχουν στο δείγμα. Επίσης η αντιοξειδωτική ικανότητα είναι ίση με την αναγωγική ικανότητα. Η εφαρμογή πολλαπλών SET μεθόδων για την μέτρηση της μείωσης της ικανότητας ενός αντιοξειδωτικού οδηγεί συχνά σε εξαιρετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ των αποτελεσμάτων τους. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν μεθοδολογίες όπως είναι η: FRAP, χρήση αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu, DPPH και TEAC.

Για την μέτρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας ακολουθήθηκε η διαδικασία μεθοδολογίας των ολικών φαινόλων με χρήση του αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu. Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιεί φωτομετρική τεχνική η οποία βασίζεται στην οξείδωση των φαινόλων με ταυτόχρονη αναγωγή του φωσφορομολυβδενικού και φωσφοροβόλφραμικού οξέος από τα οποία αποτελείται το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu (FC).

8.1 Folin-Ciocalteu

Για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολικών ενώσεων χρησιμοποιείται η μέθοδος Folin-Ciocalteu. Είναι μία φωτομετρική τεχνική που εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό του ολικού φαινολικού περιεχομένου και βασίζεται στην “αναγωγική δράση”, παρουσία πολυφαινολικών ομάδων. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ευρέως αφού επιτρέπει την εκτίμηση του συνόλου των πολυφαινολικών ενώσεων. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των ολικών φαινόλων γίνεται με τη βοήθεια πρότυπης καμπύλης γαλλικού οξέως. Οι συγκεντρώσεις των ολικών φαινολικών στα εκχυλίσματα οι οποίες έχουν προσδιοριστεί με βάση το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu και δεν αποτελούν απόλυτες τιμές των ποσοτήτων

των φαινολών στο εκχύλισμα. Για την ακρίβεια βασίζονται στην αναγωγική τους ικανότητα που αναφορικά είναι ισοδύναμη με την αναγωγική ικανότητα του γαλλικού οξέως. Πιο συγκεκριμένα εκτιμάται η αναγωγική ικανότητα πρότυπου διαλύματος γαλλικού οξέος και εκφράζεται η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών του άγνωστου εκχυλίσματος ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος (Gallic acid equivalents – GAE). (Huang, Boxin, and Prior 2005)

Πλεονεκτήματα της μέθοδος Folin-Ciocalteu είναι ότι το αντιδραστήριο είναι εμπορικά διαθέσιμο, και είναι προκαθορισμένη η διαδικασία που ακολουθείται. Επιπλέον η απορρόφηση σε μεγάλο μήκος κύματος (730 nm), έχει την ικανότητα να ελαχιστοποιεί την πιθανότητα εσφαλμένων αποτελεσμάτων λόγω της καταμέτρησης και των χρωστικών του δείγματος αφού πολλά οργανικά δείγματα περιέχουν χρωστικές ουσίες. Επίσης είναι μια γενικά αποδεκτή τεχνική που εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό αντιοξειδωτικών ενώσεων τροφικής προελεύσεως σε όλο τον κόσμο. Και τέλος είναι μια διαδικασία που έχει δημιουργηθεί μια μεγάλη βάση δεδομένων με συγκρίσιμα αποτελέσματα. (Huang, Boxin, and Prior 2005)

Θα πρέπει να σημειωθεί πως για αξιόπιστα αλλά και προβλέψιμα αποτελέσματα απαιτείται να είναι σωστή αναλογία του όγκου μεταξύ του αντιδραστηρίου και του αλκαλίου. Σημαντικό είναι να τηρηθεί ο βέλτιστος χρόνος της αντίδρασης και θερμοκρασίας για την ανάπτυξη του χρώματος. Η οπτική πυκνότητα λ_{max} είναι στα 765 nm. Χρήση γαλλικού οξέος ως πρότυπο για την έκφραση των αποτελεσμάτων. (Prior, Wu, and Schaich 2005)

8.2 Αμμωνιακή λυάση της φαινυλαλανίνης (PAL)

Η αμμωνιακή λυάση της φαινυλαλανίνης (Phenylalanine ammonia-lyase - PAL) είναι ένα ένζυμο που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον μεταβολισμό των φαινολικών ενώσεων. Η δραστηριότητα και η έκφραση του γονιδίου της PAL ρυθμίζονται από πληθώρα παραγόντων βιοτικών και αβιοτικών, όπως είναι οι ορμόνες, τα επίπεδα θρεπτικών ουσιών, το φως (μέσω της δράσης του στο φυτόχρωμα), η μόλυνση από μύκητες, οι τραυματισμοί και άλλες καταπονήσεις. (Καραμπουρνιώτης, Λιακόπουλος, and Νικολακόπουλος Δ 2012) (Καράταγλης 1999) Από την επίδραση κάποιου ή κάποιων από τους παραπάνω παράγοντες προκαλείται αντιγραφή του αγγελιοφόρου RNA που κωδικοποιεί την πρωτεΐνη PAL με συνέπεια την αύξηση της σύνθεσής της (PAL) που έχει σαν αποτέλεσμα την σύνθεση φαινολικών συστατικών. (Καράταγλης 1999)

Η φαινυλαλανίνη μέσω της απόσπασης ενός μορίου αμμωνίας σχηματίζει το cis-κινναμωμικό οξύ, η αντίδραση αυτή καταλύεται από το ένζυμο της PAL. Από την παραπάνω αντίδραση φαίνεται πως το προϊόν της PAL είναι το κινναμωμικό οξύ, ένα απλό C₆ φυτικό φαινολικό συστατικό, που ονομάζεται και φαινυλοπροπάνιο αφού στο μόριό του περιλαμβάνει ένα βενζοϊκό δακτύλιο (C₆) και μια C₃ πλευρική αλυσίδα. (Καράταγλης 1999) Βασικός αναστολέας της PAL είναι το κινναμωμικό οξύ δηλαδή το προϊόν της. Η PAL είναι “φωτοελεγχόμενο” και “φωτοεπαγόμενο” ένζυμο που καταλύει το αρχικό στάδιο στην διαδικασία παραγωγής των φαινυλοπροπανοειδών. (Παντελίδης 2010)

Η ρύθμιση της δραστηριότητας της PAL στα φυτά είναι πολύπλοκη αφού υπάρχουν πολλά γονίδια που την κωδικοποιούν ενώ από αυτά τα γονίδια κάποια εκφράζονται σε ορισμένους μόνο ιστούς ή κάτω από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Μέσω της δραστηριότητας της PAL ξεκινάει η διαδικασία για την παραγωγή λιγνίνης (φαινολική ένωση που ενισχύει τα κυτταρικά τοιχώματα, διευκόλυνση την κίνηση του νερού, προστατεύει τους

πολυσακχαρίτες του τοιχώματος). Το τελικό προϊόν της διαδικασίας είναι η κωνιφερυλική, η συναπυλική και η κουμαρυλική αλκοόλη που είναι δομικές μονάδες για την σύνθεση της λιγνίνης. (Παντελίδης 2010) Η ειδική δράση της PAL αυξάνεται όταν αρχίζει και η παραγωγή της λιγνίνης στον πυρήνα του καρπού, και αυξάνεται όσο παράγεται συνεχώς η λιγνίνη και εναποτίθεται στους πυρήνες των καρπών. Η PAL εμπλέκεται σε 5 μεταβολικά μονοπάτια. Αυτά τα μονοπάτια είναι: ο μεταβολισμός τυροσίνης, ο μεταβολισμός φαινυλαλανίνης, ο μεταβολισμός αζώτου, η βιοσύνθεση φαινυλοπροπανοειδών και η βιοσύνθεση αλκαλοειδών.

9 β-γαλακτοσιδάση

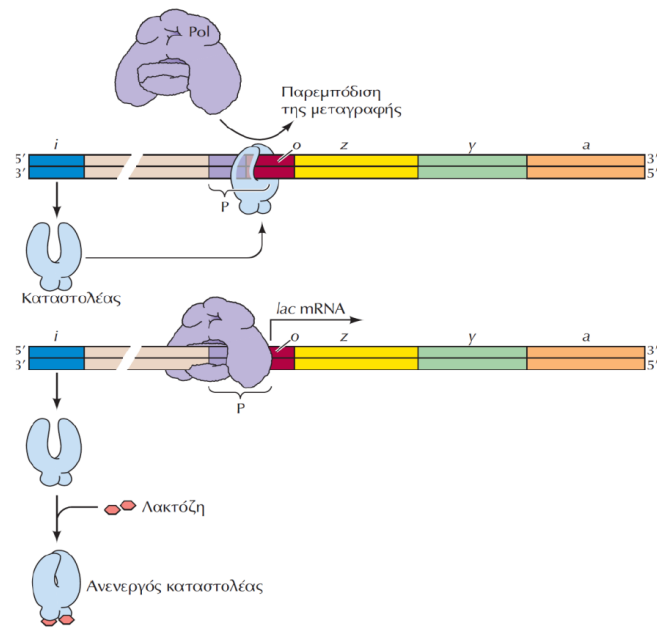
Η β-γαλακτοσιδάση (β-gal) είναι μια υδρολάση η οποία υπάρχει στα λυσοσώματα. Είναι ένα ένζυμο που διασπά το γλυκοσιδικό δεσμό μεταξύ γαλακτόζης και γλυκόζης. Η δραστηριότητά της μεγιστοποιείται σε όξινο pH 3-5 ενώ παράλληλα εξαρτάται από το είδος, το όργανο, το υπόστρωμα και το ρυθμιστικό διάλυμα. ("SA-β-Gal - Βικιπαίδεια" n.d.)

Η β-γαλακτοσιδάση επιδρά στο μαλάκωμα του ιστού της σάρκας δηλαδή στην ωρίμανση και στην σύσφιξη των μορίων του ιστού. Κατά την διάρκεια της ωρίμανσης το μαλάκωμα των καρπών περιλαμβάνει μία σειρά από προγραμματισμένες μεταβολές των πολυσακχαριτών του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος και του μεσοκυττάριου χώρου, οι οποίες έχουν σαν αποτέλεσμα την αποδυνάμωση. Στην διάρκεια των μεταβολών αυτών αποδομούνται οι πολυσακχαρίτες, αλλάζουν οι δεσμοί που τους συνδέουν με αποτέλεσμα τη διόγκωση των συστατικών του τοιχώματος και τη μείωση της μεταξύ τους πρόσφυσης. Συνήθως συνοδεύεται από την μείωση της επιφάνειας επαφής των κυττάρων και με την αύξηση των περιοχών με αέρα ανάμεσα στα κύτταρα. (Πάσσαμ et al. 2015)

Τα κυτταρικά τοιχώματα αποτελούνται κυρίως από τους πολυσακχαρίτες κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και η πηκτίνη. Οι πολυσακχαρίτες αυτοί αποικοδομούνται με την δράση κυτταρινολυτικών και πηκτινολυτικών ενζύμων όπως είναι η πηκτινομεθυλεστεραση (PME), η πολυγαλακτουρονάση, η (1-4)-γλουκανάση και η β-γαλακτοσιδάση με αποτέλεσμα το γρηγορότερο μαλάκωμα των καρπών. (Καραγιάννης 2018)

9.1 Ρυθμιζόμενη μεταγραφή στο οπερόνιο της λακτόζης

Στην περίπτωση που υπάρχει αρνητική ρύθμιση του οπερονίου lac. Το γονίδιο i κωδικοποιεί έναν καταστολέα. Όταν δεν υπάρχει λακτόζη όπως φαίνεται στο επάνω τμήμα στην Εικόνα 7 προσδένεται στον χειριστή (o) εμποδίζοντας έτσι την RNA πολυμεράση από την μεταγραφή των τριών δομικών γονιδίων του οπερονίου (z: β-γαλακτοσιδάση, γ: περμεάση, a: τρανσακετυλάση). Όταν υπάρχει λακτόζη όπως φαίνεται στο κάτω τμήμα στην Εικόνα 7, αυτή προσδένεται στον καταστολέα και τον εμποδίζει να προσδεθεί στον χειριστή, με αποτέλεσμα την επαγωγή της έκφρασης του οπερονίου. (Παναγιωτίδης 2014)



Εικόνα 7: Ρυθμιζόμενη μεταγραφή στο οπερόνιο της λακτόζης

Αυτή η διαταραχή στην δομή του κυτταρικού τοιχώματος και της μεσοκυτταρικής περιοχής γίνεται ενζυμικά ή μη ενζυμικά. (όπως για παράδειγμα με την αντικατάσταση του Ca^{2+} με H^+). Τα ένζυμα που μπορούν να προσβάλλουν το τοίχωμα είναι οι σελλουλάσες, ημισελλουλάσες (γαλακτοσιδάσες, γλυκοσιδάσες κ.ά.) αλλά και τα πηκτινολυτικά ένζυμα. Στην περίπτωση των ημισελλουλασών, η δράση της γαλακτοσιδάσης αυξάνεται κατά την διάρκεια της ωρίμανσης. Όμως η μείωση της συνεκτικότητας δεν δικαιολογείται μόνο με τη δράση του ενζύμου αυτού. Όμως πιστεύεται ότι η δράση της γαλακτοσιδάσης διευκολύνει τη μετέπειτα δράση των πηκτινολυτικών ενζύμων. (Πάσσαμ et al. 2015)

Συμπερασματικά, η β-γαλακτοσιδάση επιδρά στο μαλάκωμα της σάρκας, στην ωρίμανση και στην σύσφιξη των μορίων του ιστού. Μέσω των επεμβάσεων έγινε σύγκριση της επίδρασης της β-γαλακτοσιδάσης κατά την ωρίμανση των καρπών σε σχέση με τις διαφορετικές επεμβάσεις του πειράματος.

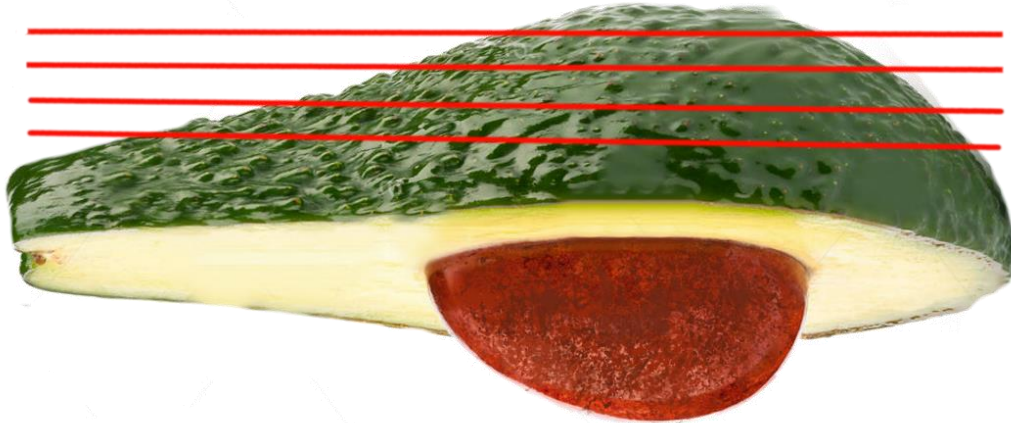
10 Προπειραματική μελέτη

Στη προπειραματική μελέτη, έγινε συλλογή αβοκάντο από διάφορα σημεία πώλησης φρούτων από Χανιά και Ηράκλειο, διαφορετικών ποικιλιών και σταδίου ωρίμανσης. Η μελέτη αυτή αποσκοπούσε στην ανάλυση ποιοτικών χαρακτηριστικών σε καρπούς αβοκάντο. Αυτά αφορούν τον προσδιορισμό, σε λεπτές φλούδες επιδερμίδας και ενδοδερμίδας, του χρώματος του καρπού, περιεκτικότητα χλωροφύλλης και συνεκτικότητας σάρκας. Κατά αυτόν τον τρόπο δίδεται η ευκαιρία να μελετήσουμε τις παραμέτρους που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν το κύριο μέρος του πειράματος. Επίσης μέσω της προπειραματικής μελέτης θα εξαχθούν συμπεράσματα για τις σωστότερες επεμβάσεις οι οποίες θα δίνουν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Τις ημέρες των μετρήσεων αναλόγως το χρονικό περιθώριο της διαθεσιμότητας των μηχανημάτων, πραγματοποιούντουσαν μετρήσεις σε τρεις με έξι καρπούς ανά μέρα.



Εικόνα 8: Καρπός της ποικιλίας Zutano

Οι αναλύσεις αφορούσαν την μέτρηση χρωστικών με τη χρήση μηχανήματος Colorimeter, την μέτρηση χλωροφύλλης με χρήση μηχανήματος SPAD, την μέτρηση φθορισμού χλωροφύλλης (Fluorescence) για την ανάλυση της φωτοσύνθεσης με χρήση μηχανήματος Chlorophyll meter. Όλες οι παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε επιδερμικά και ενδοδερμικά τμήματα (με εγκάρσιες τομές) των καρπών. Πιο συγκεκριμένα έγινε αναγνώριση και διαχωρισμός ανά ποικιλία, όπως και τις φορές που υπήρχε διαφορετικό στάδιο ωρίμανσης στους συλλεγμένους καρπούς, ταξινομήθηκαν από το νεαρότερο προς το ωριμότερο.



Εικόνα 9: Σχηματική απεικόνιση εγκάρσιων τομών σε καρπό αβοκάντο.

Αρχικά έγινε διαχωρισμός του κάθε καρπού σε δυο μέρη, κάνοντας καθετή τομή μέχρι το σπέρμα. Στη συνέχεια, το σπέρμα αφαιρέθηκε και απομακρύνθηκε από τον καρπό, με σκοπό να πραγματοποιηθούν εγκάρσιες τομές πάχους λίγων χιλιοστών (περίπου 0,5 cm), αρχίζοντας από την επιδερμίδα έως την ενδοδερμίδα (από εξωτερικά προς εσωτερικά του καρπού), μέχρις η τελευταία λωρίδα (slice) σάρκας (λεπτή φλούδα ενδοδερμίδας) να είναι ενιαία, πρώτου φανεί η επιφάνεια του σπέρματος. Στην πρώτη τομή λαμβάνεται δείγμα μόνο από την επιδερμίδα, παράλληλα με αυτό, κόβεται το ίδιο επιδερμικό δείγμα από την αντίστοιχη απέναντι πλευρά του μισού καρπού. Όστε στη συνέχεια να ενωθούν οι δύο πλευρές από την επιδερμίδα και ενδοδερμίδα αντίστοιχα, για να είναι σωστότερες οι μετρήσεις της επιδερμίδας. Ύστερα στις επόμενες τομές οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν ανά λωρίδα. Στα πρώτα στάδια της προ πειραματικής μελέτης, οι εγκάρσιες κοπές πραγματοποιήθηκαν με χειρουργικό νυστέρι, όμως λόγω αδυναμίας σταθερότητας του πάχους σε όλη την έκταση της λωρίδας, στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε εργαλείο ξεφλουδίσματος φρούτων και λαχανικών, με διαμόρφωση του πάχους κοπής, ώστε να είναι η ποσότητα της σάρκας όσο χρειάζεται για να μπορούν να γίνουν οι μετρήσεις. Στην Εικόνα 9 βλέπουμε φωτογραφία από ένα καρπό αβοκάντο και οι γραμμές με κόκκινο χρώμα που δείχνουν τον τρόπο που έγιναν είναι οι εγκάρσιες τομές. Οι παραπάνω διαδικασίες πραγματοποιήθηκαν για τις μετρήσεις με το SPAD, το Fluorescence και το Colorimeter.





Εικόνα 10: Εγκάρσιες τομές σε καρπούς αβοκάντο Zutano (πάνω) και Hass (κάτω), abaxial (αριστερά), adaxial (δεξιά)

Οι μετρήσεις στα μηχανήματα Colorimeter, SPAD και Fluorescence, διεξήχθησαν στην επάνω (adaxial) και στην κάτω (abaxial) επιφάνεια και σε σημεία κατά μήκος του δείγματος. Οι μετρήσεις γινόντουσαν με προσοχή ώστε τα σημεία δειγματοληψίας σε κάθε λωρίδα, να είναι ακριβώς τα ίδια σε κάθε μέτρηση. Επίσης κάθε λωρίδα αβοκάντο που κοβόταν, κατευθείαν τυλιγόταν με πλαστική μεμβράνη, καλύπτοντας την εξολοκλήρου. Ο λόγος για την κάλυψη με την μεμβράνη είναι διττός. Πρώτον για την αποφυγή μαυρίσματος του ιστού και δεύτερον για να παραμένει καθαρό το εκάστοτε μηχανήμα που χρησιμοποιήθηκε. Με αυτό τον τρόπο αποφεύχθηκε η «μόλυνση» των δειγμάτων ιστού από το ένα δείγμα στο άλλο, αφού αυτό θα αλλοίωνε τα αποτελέσματα. Στην Εικόνα 10 φαίνονται οι εγκάρσιες τομές που πραγματοποιήθηκαν σε καρπούς στην προπαρασκευαστική μελέτη.

10.1 Μέτρηση χλωροφύλλης με SPAD

Για την μέτρηση της χλωροφύλλης χρησιμοποιήθηκε ο μετρητής χλωροφύλλης SPAD-502 της Konica Minolta. Το συγκεκριμένο όργανο έχει την δυνατότητα να λαμβάνει γρήγορες μετρήσεις χλωροφύλλης χωρίς να καταστρέφει το φύλλο, αντικαθιστώντας τις παραδοσιακές μεθόδους μέτρησης της χλωροφύλλης σε φύλλα (χημική εκχύλιση). Το SPAD είναι ένα απλό, φορητό διαγνωστικό όργανο με το οποίο μπορεί να μετρηθεί η σχετική περιεκτικότητα της χλωροφύλλης των φύλλων, δηλαδή το ποσοστό χρωστικής της χλωροφύλλης (πράσινη χρωστική) στα φύλλα. (Süß et al. n.d.)

Ο προσδιορισμός στην συγκέντρωση της χλωροφύλλης γίνεται μετρώντας την απορρόφηση του φωτός από τα φύλλα σε ερυθρό και υπέρυθρο φως. Το φως εκπέμπεται από δύο λυχνίες LED με μέγιστα μήκη κύματος στα 650 nm και 940 nm. Όταν το φως διέρχεται από το φύλλο, μια ορισμένη ποσότητα φωτός διέρχεται μέσω του φύλλου και το μεταδιδόμενο φως χτυπά στον δέκτη και μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα όπου και γίνεται η μέτρηση. Στην συνέχεια, η συσκευή ποσοτικοποιεί τη σχετική ποσότητα χλωροφύλλης ανάλογα με την τιμή που δίνει ο αισθητήρας μέτρησης του φωτός. Η συσκευή αυτή διευκολύνει πολύ την διαδικασία μέτρησης της χλωροφύλλης, αφού είναι μη καταστρεπτική μέθοδος και προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση χρόνου. Για την σωστή χρήση του SPAD πριν από την έναρξη των μετρήσεων πρέπει να γίνει βαθμονόμηση (calibration) του οργάνου. Η διαδικασία των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την τις οδηγίες του κατασκευαστή. (Süß et al. n.d.) (JIANG et al. 2017) Η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη των φύλλων είναι ένας έμμεσος δείκτης της υγείας και της θρεπτικής κατάστασης του φυτού και

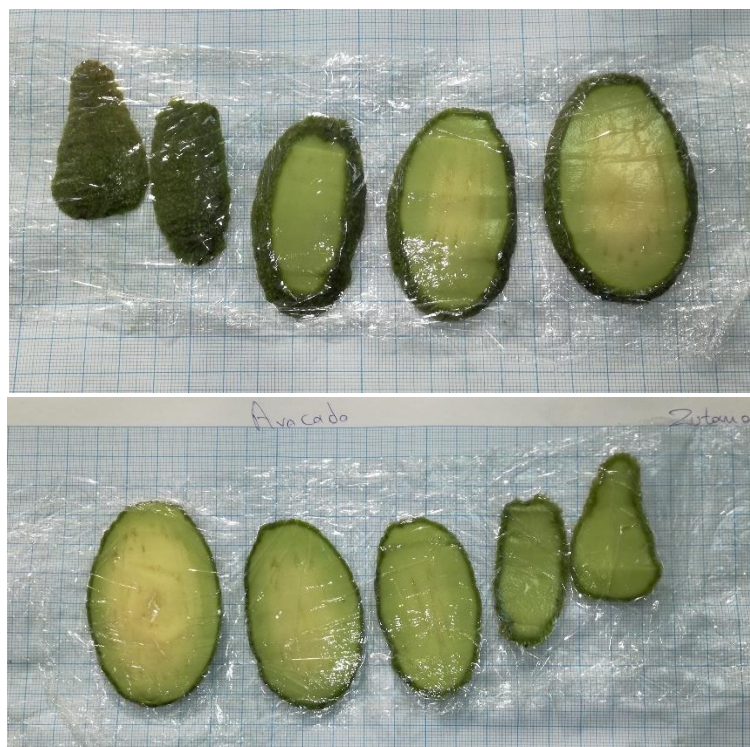
είναι η πιο σημαντική φωτοσυνθετική χρωστική ουσία. (Μαυρογιαννόπουλος 2004) (JIANG et al. 2017)

10.2 Μέτρηση χλωροφύλλης με Fluorescence

Η μέτρηση της χλωροφύλλης με την χρήση του Fluorescence επιτυγχάνεται μετρώντας την ένταση και την κατανομή του μήκους κύματος του φάσματος εκπομπών μετά από διέγερση από ένα συγκεκριμένο φάσμα φωτός. Η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη στα φύλλα είναι ένας έμμεσος δείκτης της κατάστασης υγείας και της θρέψης του φυτού. Οι παραδοσιακές μέθοδοι για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη περιλαμβάνουν μια καταστρεπτική χημική εκχύλιση και μια μη καταστρεπτική μέτρηση του φθορισμού της χλωροφύλλης. Η μέθοδος υπολογισμού περιεκτικότητας χλωροφύλλης με χημική εκχύλιση είναι κοπιαστική και χρονοβόρα, ενώ παραμένει ακατάλληλη για συνεχή παρακολούθηση μεμονωμένων φυτών εξαιτίας του ζημιογόνου τρόπου μέτρησης αν και δίδει άμεσα αποτελέσματα ενώ παράλληλα απαιτεί ακριβά όργανα μέτρησης. (Liang et al. n.d.)

10.3 Μέτρηση χρώματος με Colorimeter

Το χρώμα είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό όσο αφορά τα κριτήρια ποιότητας στις βιομηχανίες τροφίμων και βιολογικών επεξεργασιών και επηρεάζει την επιλογή και τις προτιμήσεις των καταναλωτών. Η μέτρηση χρώματος μπορεί να γίνει με δύο βασικούς τρόπους: οπτική αξιολόγηση και οργανική ανάλυση. Το χρώμα διέπεται από τις χημικές, βιοχημικές, μικροβιακές και φυσικές αλλαγές που εμφανίζονται κατά την ανάπτυξη, την ωρίμανση, τον χειρισμό και τη μεταποίηση μετά τη συγκομιδή. Η μέτρηση χρώματος των προϊόντων διατροφής έχει χρησιμοποιηθεί ως έμμεσο μετρό χαρακτηριστικών ποιότητας. Ενώ αποτελεί έναν απλό και γρήγορο τρόπο που μπορεί να συσχετιστεί άμεσα με άλλες φυσικοχημικές ιδιότητες. (Pathare, Opara, and Al-Said 2013) Με το Colorimeter γίνεται ο προσδιορισμός του χρώματος του καρπού. Μετράει την απορρόφηση συγκεκριμένων μηκών κύματος φωτός δείγματος ουσίας, συνήθως με μήκος κύματος 400-700 nm.



Εικόνα 11: Εγκάρσιες τομές σε καρπούς αβοκάντο Zutano *adaxial* (πάνω), *abaxial* (κάτω) τυλιγμένοι με ενιαία μεμβράνη για την μέτρηση με το Colorimeter.

Το χρώμα είναι μετρήσιμο από την άποψη της έντασης και του μήκους κύματος. Οι κυρίες χρωστικές που επηρεάζουν την ποιότητα του χρώματος είναι οι λιποδιαλυτές χλωροφύλλες (fat-soluble chlorophylls), καροτενοειδή (carotenoids), υδατοδιαλυτές ανθοκυανίνες (water-soluble anthocyanins), φλαβονοειδή (flavonoids) και μπεταλαΐνες (betalains). Η ωρίμανση των φρούτων είναι μια γενετικά προκαθορισμένη περίπλοκη διαδικασία που κορυφώνεται με δραματικές αλλαγές στην υφή, το χρώμα, τη γεύση και το άρωμα. Κατά την ωρίμανση, η χλωροφύλλη διασπάται και άλλες χρωστικές όπως π.χ. στη ντομάτα τα καροτενοειδή και κυρίως λυκοπένιο, συσσωρεύονται στην επιφάνεια των καρπών. (Pathare, Opara, and Al-Said 2013)

Οι Lang και Hübert (2012) ανέφεραν την ανάπτυξη ενός δείκτη ωριμότητας χρώματος για τα μήλα με βάση την επίδραση μείωσης του αιθυλενίου, προκαλώντας αλλαγές χρώματος σε μεταλλικά ιόντα (μπλε μολυβδαίνιο), και έδειξε ότι η αλλαγή χρώματος συσχετίζεται με την ποσότητα αιθυλενίου που εκπέμπεται από ένα μόνο φρούτο ή με χρόνο έκθεσης σε ατμόσφαιρα που περιέχει αιθυλένιο. Το χρώμα είναι επίσης ένας δείκτης της σοβαρότητας της θερμικής επεξεργασίας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της αντίστοιχης υποβάθμισης της ποιότητας που προκύπτει από την έκθεση στη θερμότητα. (Lang and Hübert 2012)

Το Colorimeter (χρωματόμετρο) μετράει το χρώμα των πρωτογενών πηγών ακτινοβολίας που εκπέμπουν φως, όπως και δευτερευόντων πηγών ακτινοβολίας, οι οποίες είναι εκείνες που αντανακλούν ή αναμεταδίδουν το εξωτερικό φως. Το Colorimeter είναι από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα όργανα στη μέτρηση χρωμάτων των τροφίμων για μετρήσεις ελέγχου ποιότητας, πιθανώς λόγω της ευκολίας χρήσης και ερμηνείας των χρωμάτων. (Pathare, Opara, and Al-Said 2013)

Με βάση τα τρία είδη κωνίων στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ανθρώπινου οφθαλμού, τα όργανα μέτρησης χρώματος έχουν αναπτυχθεί με τρία φίλτρα που λειτουργούν όπως κάθε ένας από τους τρεις τύπους κωνίων. Το Colorimeter δίνουν μετρήσεις που μπορούν να συσχετιστούν με την ανθρώπινη αντίληψη του οφθαλμού-εγκεφάλου και να δώσουν απευθείας τριχρωματικές τιμές (L, a και b). Ένα τριχρωματικό χρωματόμετρο έχει τρία βασικά στοιχεία: την πηγή φωτισμού, τον συνδυασμό φίλτρων που χρησιμοποιούνται για την τροποποίηση της κατανομής ενέργειας του προσπίπτοντος φωτός και τον φωτοηλεκτρικό ανιχνευτή που μετατρέπει το ανακλώμενο φως σε ηλεκτρικό σήμα. Οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται σε ένα τριχρωματικό (tristimulus) χρωματόμετρο είναι συνήθως συγκριτικές.

10.3.1 Ποσοτικοποίηση του χρώματος

Το Minolta Colorimeter χρησιμοποιεί το τροποποιημένο σύστημα CIE που βασίζεται σε κλίμακες CIELAB, οι οποίες είναι συστήματα μέτρησης χρωματικών αντιθέσεων που χρησιμοποιούνται συνήθως στη βιομηχανία τροφίμων. Οι συντεταγμένες CIELAB (L-a-b) διαβάζονται απευθείας. Θεωρήθηκε ο ομοιόμορφος χώρος (uniform space in which two colour coordinates) CIELAB στον οποίο μετρήθηκαν οι συντεταγμένες χρώματος, a και b, καθώς και ένας δείκτης φωτεινότητας L. Το χρωματόμετρο Colorimeter καθώς και ο χρωματικός χώρος CIELAB έχουν αναδειχθεί ως η κυρίαρχη επιλογή μεταξύ των ερευνητών για αντικειμενική μέτρηση και ανάλυση χρώματος. (Pathare, Opara, and Al-Said 2013)

Η παράμετρος a παίρνει θετικές τιμές για ερυθρές αποχρώσεις και αρνητικές τιμές για πράσινες, ενώ το b παίρνει θετικές τιμές για κίτρινες αποχρώσεις και αρνητικές τιμές για γαλαζοπράσινες. Το L είναι μια μέτρηση κατά προσέγγιση της φωτεινότητας, η οποία είναι η ιδιότητα σύμφωνα με την οποία κάθε χρώμα μπορεί να θεωρηθεί ισοδύναμο με ένα μέλος της κλίμακας του γκρι, μεταξύ μαύρου και λευκού. Το χρώμα (C), που θεωρείται η ποσοτική ιδιότητα της πληρότητας του χρώματος, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του βαθμού διαφοράς μιας απόχρωσης σε σύγκριση με ένα γκρι χρώμα με την ίδια φωτεινότητας. Όσο υψηλότερες είναι οι τιμές χρώματος, τόσο υψηλότερη είναι η ένταση χρώματος των δειγμάτων που αντιλαμβάνονται οι άνθρωποι. (Pathare, Opara, and Al-Said 2013)

Ο Hertog (2002) μελέτησε την ωρίμανση του αβοκάντο κατά την αλλαγή του χρώματος από πράσινο σε μαύρο, με αποτέλεσμα οι αποχρώσεις (H) να μειώνονται με την πάροδο του χρόνου και να εφαρμόζουν επιτυχώς το μοντέλο στην αλλαγή χρώματος του αβοκάντο που περιγράφει την απόχρωση (H, σε βαθμό) ,με την πάροδο του χρόνου (t ημέρες).

$$H_t = H_{+\infty} + \frac{H_{-\infty} - H_{+\infty}}{1 + e^{kHt, (H_{-\infty} - H_0) / H_0 - H_{+\infty}}}, H_{-\infty}$$

$$= (1 + C) \cdot H_0$$

Εικόνα 12: Συνάρτηση αλλαγής χρώματος

Με τις δύο ασυμπτωτικές τιμές απόχρωσης (H_{∞} και $H_{-\infty}$) σε συν και πλην άπειρο χρόνο, η σταθερά ταχύτητας k_H (ανά ημέρα) και η αρχική τιμή απόχρωσης H_0 . (Hertog 2002)

10.4 Μέτρηση συνεκτικότητας σάρκας

Για τον προσδιορισμό της συνεκτικότητας σάρκας του αβοκάντο χρησιμοποιήθηκε το δυναμόμετρο CHATILLON και επιλέχθηκε το έμβολο των 8mm. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δείγματα καρπών από διαφορετικές ποικιλίες και σε διαφορετικά στάδια ωρίμανσης. Μετά την ολοκλήρωση των πρώτων δοκιμών αλλά και από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας έγινε κατανοητό ότι θα πρέπει να αφαιρεθεί ένα μικρό μέρος της επιδερμίδας. Η αφαίρεση της επιδερμίδας έγινε με νυστέρι, στο σημείο που γίνεται η μέτρηση (στο σημείο επαφής του οργάνου με τον καρπό), για πιο ορθά αποτελέσματα μετρήσεων της συνεκτικότητας. Έπειτα με την χρήση του δυναμόμετρου μετρήθηκε η αντίσταση του καρπού σε ασκούμενη πίεση και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε Kg /cm².



Εικόνα 13: Καρποί της ποικιλίας Hass σε διαφορετικά στάδια ωρίμανσης που χρησιμοποιήθηκαν για την προπαραστατική μελέτη.

10.5 Επέμβαση με 1-μεθυλοκυκλοπροπένιο (1-MCP)

Πραγματοποιήθηκε έρευνα για την χρήση του 1-μεθυλοκυκλοπροπένιο (1-MCP), το οποίο δρα ως ανασταλτικός παράγοντας παράγωγης και δέσμευσης (πρόσληψης) αιθυλενίου. Διερευνήθηκε η πιθανή εφαρμογή του στους καρπούς του αβοκάντο του κύριου μέρους του πειράματος της μεταπτυχιακής διατριβής, ώστε να γίνει μελέτη των συνέπειών που προκαλούνται στους καρπούς του αβοκάντο κατά την συντήρηση και την αποθήκευση των καρπών. Με την εφαρμογή του 1-MCP είναι δυνατόν να παρεμποδιστεί η διαδικασία ωρίμανσης μετά την συγκομιδή και να επεκταθεί η περίοδος αναμονής στο ράφι, είτε για εξαγωγή είτε για παραμονή στην αποθήκη εμπορίας για μακροπρόθεσμη πώληση, ενώ με την εφαρμογή Ethrel προκαλούνται τα αντίθετα αποτελέσματα. (Feng et al. 2000)

Το 1-methylcyclopropene (1-MCP) δρα παρεμποδίζοντας τους υποδοχείς του αιθυλενίου στους φυτικούς ιστούς και χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για τη διατήρηση της υφής και τη βελτίωση της μετασυλλεκτικής ζωής των προϊόντων. Χρησιμοποιείται κυρίως σε κλιμακτηριακούς καρπούς, με την περισσότερη εμπορική εφαρμογή του, στη συντήρηση των μήλων. Η εφαρμογή του 1-MCP επιδιώκει την παρεμπόδιση της δράσης του αιθυλενίου στα αποθηκευμένα προϊόντα. Η δραστηριότητα του έγκειται στην σύζευξη του 1-MCP στους

υποδοχείς αιθυλενίου στα κύτταρα με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της δράσης του αιθυλενίου. (Hershkovitz, Saguy, and Pesis 2005)

Η χρήση του 1-MCP γίνεται με επέμβαση απευθείας μετά συγκομιδή και πριν την αποθήκευση τους. Αυτό εφαρμόζεται σε προϊόντα στα οποία οι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί γίνονται μετά την αποθήκευση τους. Η εφαρμογή του γίνεται σε κλειστούς χώρους με κλειστό κύκλωμα ανακύκλωσης του αέρα. Χρησιμοποιείται με μορφή σκόνης, η οποία ερχόμενη σε επαφή με το νερό μετατρέπεται σε αέρια μορφή. Η επιτυχία της εφαρμογής του 1-MCP εξαρτάται από τη συγκέντρωση του αερίου, το χρόνο που θα πραγματοποιηθεί η επέμβαση, τη θερμοκρασία του χώρου και τέλος το στάδιο της ωρίμανσης του φυτικού ιστού. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε ώριμους καρπούς τα αποτελέσματα δεν είναι επαρκή. (Posbus 2016)

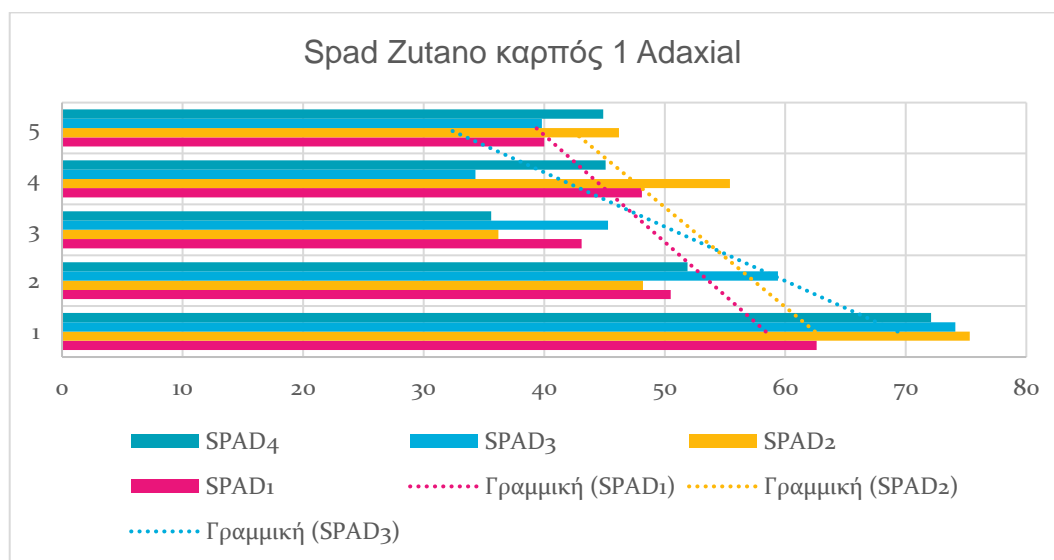
Η εμπορική ονομασία του 1-MCP είναι «Smartfresh» για χρήση σε φρούτα και λαχανικά, ενώ για καλλωπιστικά φυτά χρησιμοποιείται το «Ethylblock». Όμως δυστυχώς πάρα τις προσπάθειες που καταβλήθηκαν για την εύρεση του 1-MCP και την παραχώρηση και χρήση του στο εργαστήριο δεν μπόρεσε να βρεθεί έγκαιρα πριν περάσει το βέλτιστο χρονικό όριο για την εφαρμογή του στους καρπούς. Προϋπόθεση αυτού ήταν να γίνει εφαρμογή του πολύ νωρίτερα, πρώτου γίνει ο εφοδιασμός και η μεταφορά των αβοκάντο από το συσκευαστήριο των Χανίων στο Εργαστήριο Βιολογικών και Βιοτεχνολογικών Εφαρμογών του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου. Πιο συγκεκριμένα το χρονικό περιθώριο για επέμβαση με το 1-MCP ήταν λίγες μέρες αφότου οι καρποί είχαν κοπεί από το δέντρο. Συμφώνα με τις πληροφορίες από την εταιρία Agrosell, η μέγιστη χρονική απόσταση μεταξύ συγκομιδής και εφαρμογής για το αβοκάντο είναι από 3 έως 6 ημέρες και η θερμοκρασία εφαρμογής από 8 έως 5 °C. Για την επέμβαση με 1-MCP ο βέλτιστος χρόνος εφαρμογής είναι αμέσως μετά την συγκομιδή των καρπών ή εντός ολίγων ημερών, σε αντίθετη περίπτωση δεν θα παρουσιάσει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι καρποί που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα της μεταπτυχιακής διατριβής είχαν ημερομηνία συγκομιδής 31 Απριλίου οπότε δεν ήταν δυνατόν να γίνει η επέμβαση με 1-MCP. (Posbus 2016)

10.6 Αποτελέσματα προπειραματικής μελέτης

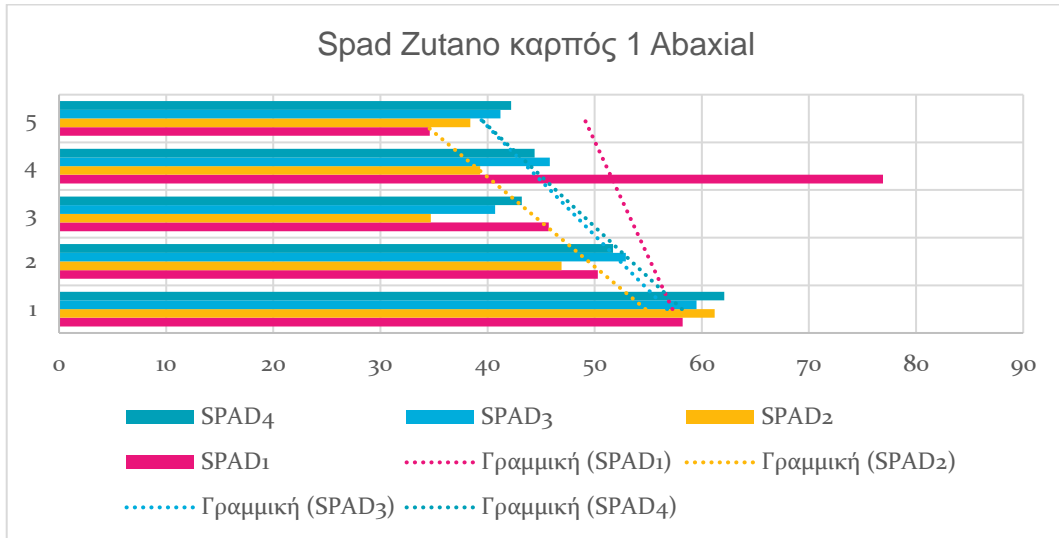
Στα αποτελέσματα της προπειραματικής μελέτης θα παρουσιαστούν μετρήσεις χλωροφύλλης με SPAD και Fluorescence καθώς και μετρήσεις χρώματος με το Colorimeter. Αυτές πραγματοποιήθηκαν σε λεπτές φλούδες επιδερμίδας και ενδοδερμίδας όπως περιγράφεται στην ενότητα Προπειραματική μελέτη. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα από 4 καρπούς ποικιλιών Zutano και Hass. Συνολικά μετρήθηκαν 15 καρποί στην προπειραματική μελέτη από τρεις διαφορετικές ποικιλίες (Zutano, Hass, Fuerte). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την ημέρα αγοράς των καρπών και μετά από 2 εβδομάδες παραμονής σε θάλαμο συντήρησης.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα SPAD καρπού 1 - ποικιλία: Zutano ημερομηνία μέτρησης 30/3/18 (Αγορά 30/3/2018)

Εγκάρσιες τομές καρπού	Adaxial (πάνω επιφάνεια)				Abaxial (κάτω επιφάνεια)			
	SPAD1	SPAD2	SPAD3	SPAD4	SPAD1	SPAD2	SPAD3	SPAD4
1	62,6	75,3	74,1	72,1	58,2	61,2	59,5	62,1
2	50,5	48,2	59,4	51,9	50,3	46,9	52,9	51,7
3	43,1	36,2	45,3	35,6	45,7	34,7	40,7	43,2
4	48,1	55,4	34,3	45,1	76,9	39,3	45,8	44,4
5	40	46,2	39,8	44,9	34,6	38,4	41,2	42,2



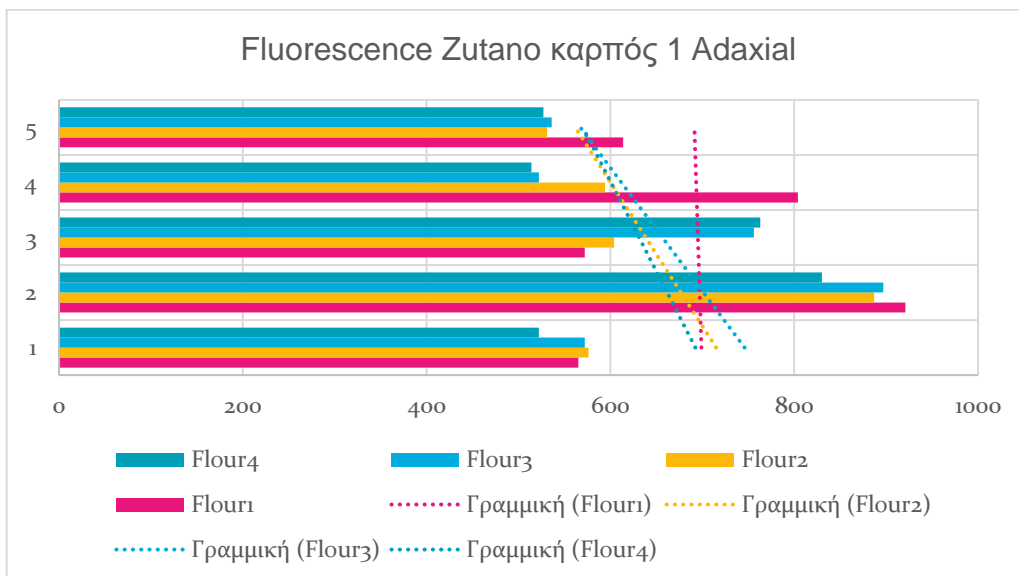
Γράφημα 1: Αποτελέσματα SPAD Zutano καρπός 1 Adaxial



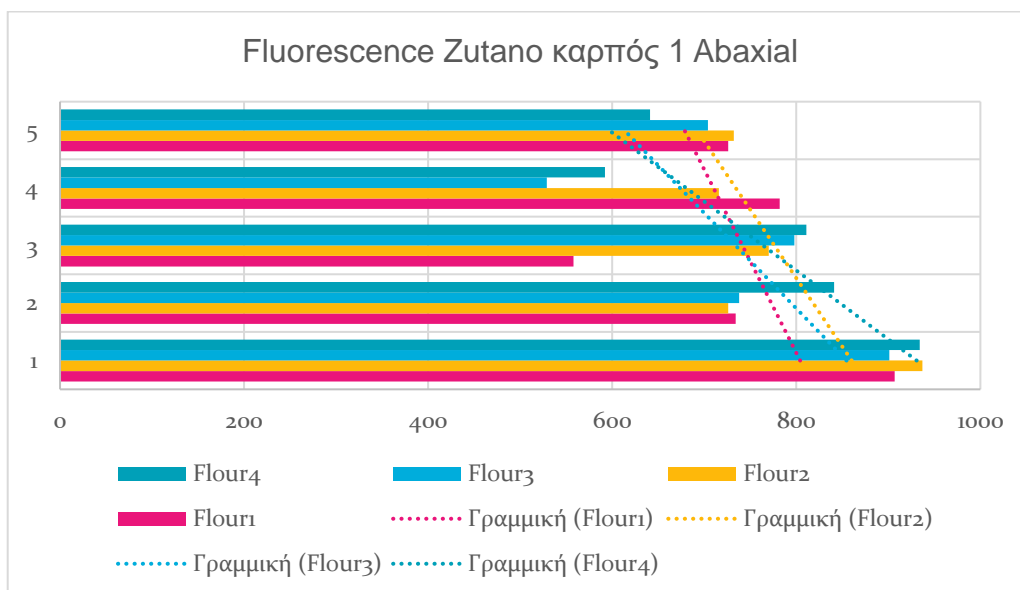
Γράφημα 2: Αποτελέσματα SPAD Zutano καρπός 1 Abaxial

Πίνακας 4: Αποτελέσματα Fluorescence καρπού 1 - ποικιλία: Zutano ημερομηνία μέτρησης 30/3/18 (Αγορά 30/3/2018)

Εγκάρσιες τομές καρπού	Adaxial (πάνω επιφάνεια)				Abaxial (κάτω επιφάνεια)			
	Flour1	Flour2	Flour3	Flour4	Flour1	Flour2	Flour3	Flour4
1	565	576	572	522	907	937	901	934
2	921	887	897	830	734	726	738	841
3	572	604	756	763	558	770	798	811
4	804	594	522	514	782	716	529	592
5	614	531	536	527	726	732	704	641



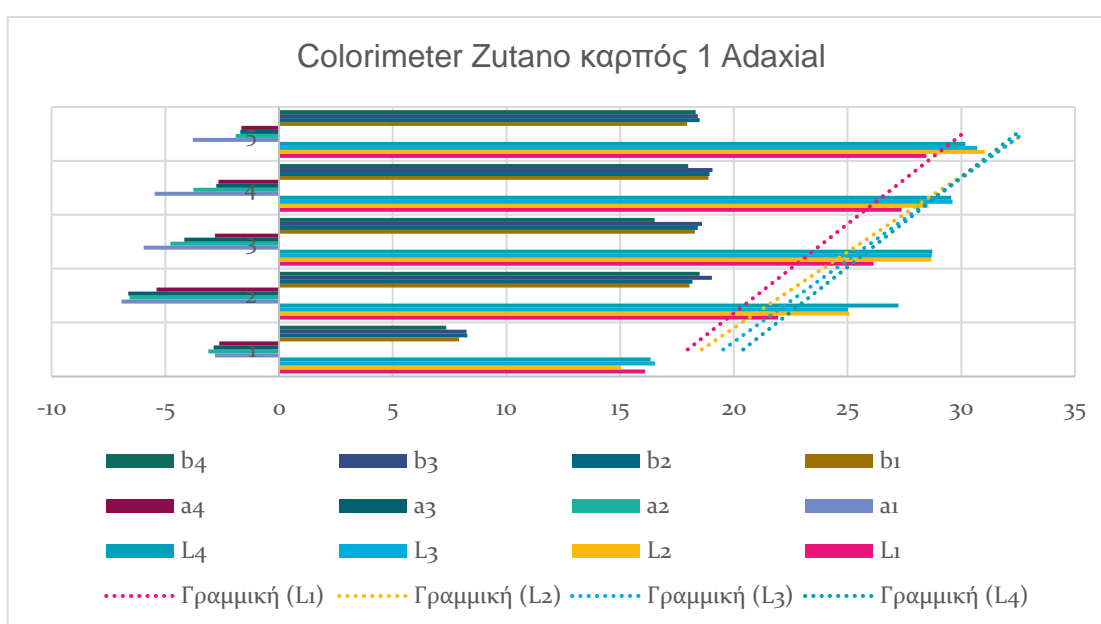
Γράφημα 3: Αποτελέσματα Fluorescence Zutano καρπός 1 Adaxial



Γράφημα 4: Αποτελέσματα Fluorescence Zutano καρπός 1 Abaxial

Πίνακας 5: Αποτελέσματα Colorimeter, adaxial (πάνω επιφάνεια) καρπού 1 - ποικιλία: Zutano ημερομηνία μέτρησης 30/3/18 (Αγορά 30/3/2018)

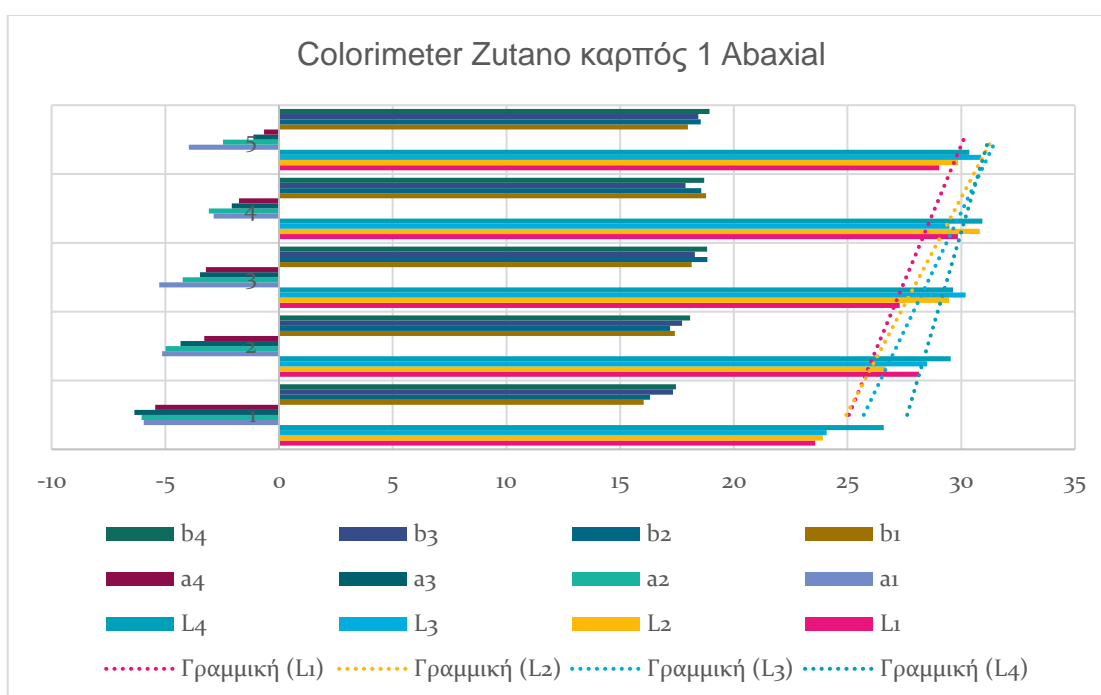
Εγκάρσιες τομές καρπού	L1	L2	L3	L4	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4
1	16,09	15,04	16,54	16,34	-2,81	-3,11	-2,87	-2,63	7,92	8,28	8,25	7,35
2	21,95	25,08	25,02	27,24	-6,92	-6,57	-6,63	-5,38	18,05	18,18	19,04	18,5
3	26,14	28,66	28,7	28,72	-5,95	-4,78	-4,17	-2,81	18,29	18,42	18,6	16,51
4	27,37	28,56	29,61	29,56	-5,47	-3,76	-2,76	-2,66	18,88	18,93	19,06	17,99
5	28,47	31,02	30,7	30,18	-3,79	-1,9	-1,7	-1,65	17,95	18,5	18,41	18,32



Γράφημα 5: Αποτελέσματα Colorimeter, Zutano καρπός 1 Adaxial

Πίνακας 6: Αποτελέσματα Colorimeter, abaxial (κάτω επιφάνεια) καρπού 1 - ποικιλία: Zutano ημερομηνία μέτρησης 30/3/18 (Αγορά 30/3/2018)

Εγκάρσιες τομές καρπού	L1	L2	L3	L4	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4
1	23,58	23,92	24,08	26,59	-5,95	-6,04	-6,36	-5,44	16,03	16,32	17,32	17,45
2	28,14	26,68	28,5	29,53	-5,14	-4,98	-4,33	-3,29	17,41	17,2	17,72	18,07
3	27,29	29,46	30,19	29,64	-5,27	-4,23	-3,47	-3,21	18,14	18,84	18,29	18,83
4	29,85	30,81	29,47	30,93	-2,88	-3,09	-2,08	-1,76	18,78	18,57	17,87	18,69
5	29,03	29,86	30,87	30,36	-3,97	-2,46	-1,13	-0,66	17,98	18,54	18,44	18,93

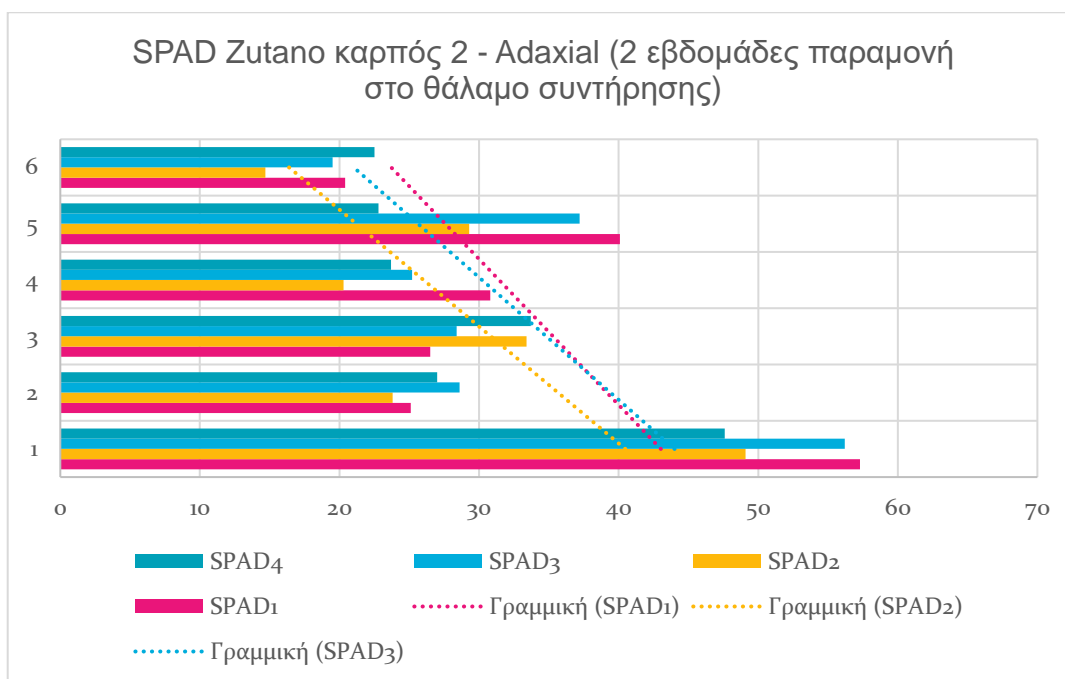


Γράφημα 6: Αποτελέσματα Colorimeter Zutano καρπός 1 Abaxial

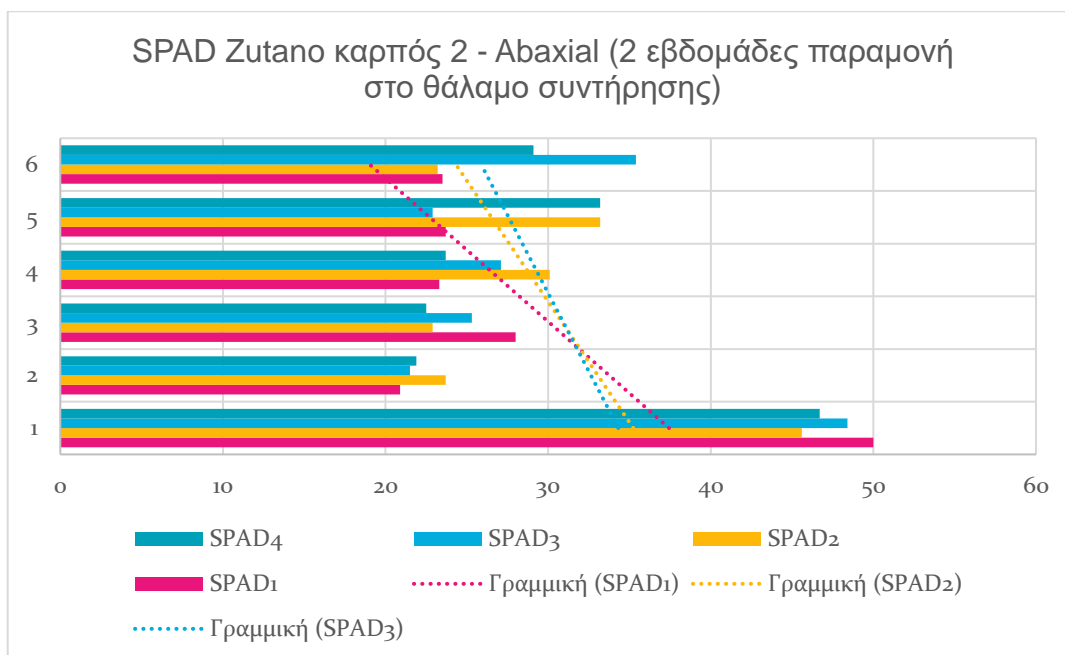
Πίνακας 7: Αποτελέσματα SPAD - ποικιλία: Zutano καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

Εγκάρσιες τομές καρπού	Αδaxial (πάνω επιφάνεια)				Αbaxial (κάτω επιφάνεια)			
	SPAD1	SPAD2	SPAD3	SPAD4	SPAD1	SPAD2	SPAD3	SPAD4
1	57,3	49,1	56,2	47,6	50	45,6	48,4	46,7
2	25,1	23,8	28,6	27	20,9	23,7	21,5	21,9
3	26,5	33,4	28,4	33,7	28	22,9	25,3	22,5

4	30,8	20,3	25,2	23,7	23,3	30,1	27,1	23,7
5	40,1	29,3	37,2	22,8	23,7	33,2	22,9	33,2



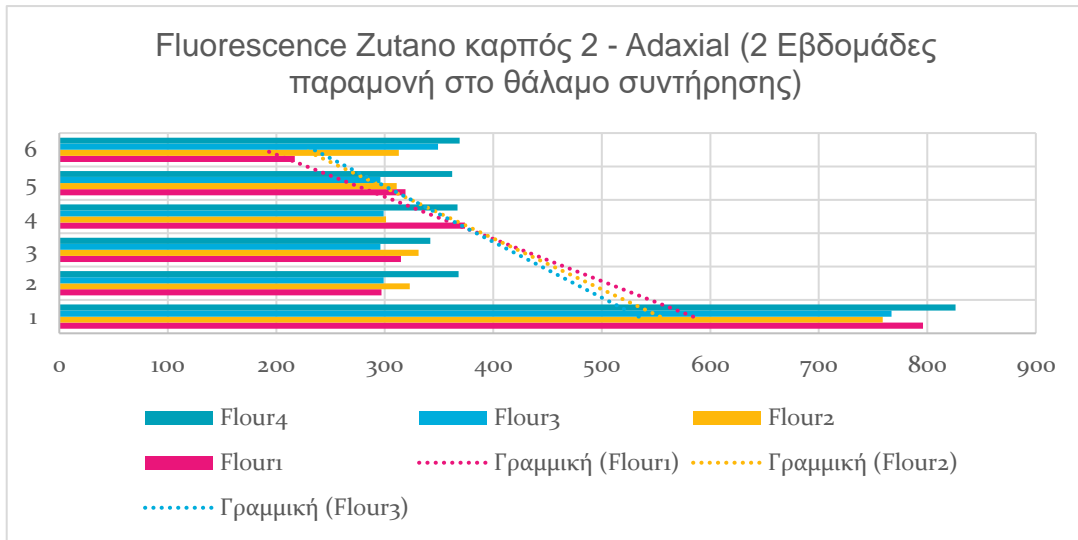
Γράφημα 7: Αποτελέσματα SPAD Zutano καρπός 2 - Adaxial (2 εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)



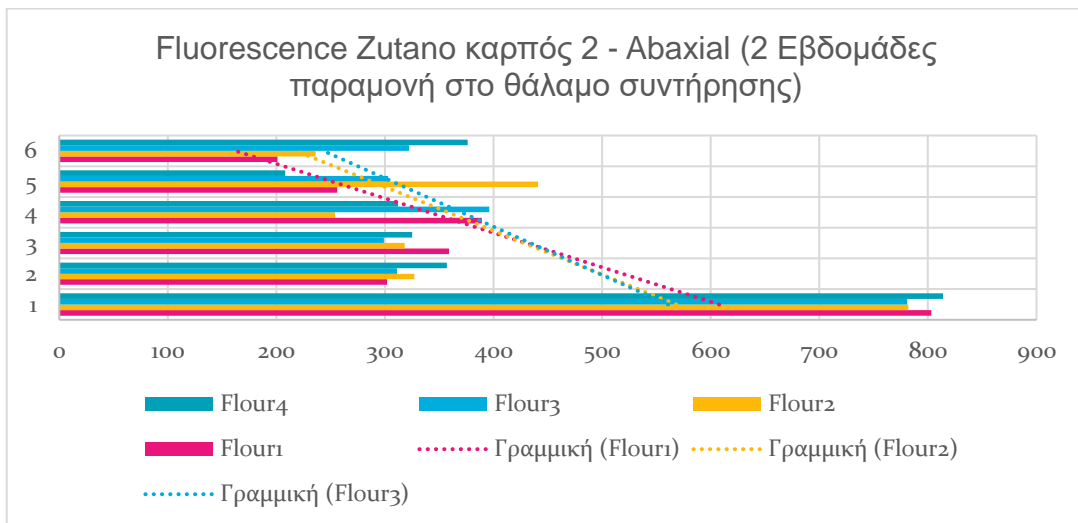
Γράφημα 8: Αποτελέσματα SPAD Zutano καρπός 2 - Abaxial (2 εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

Πίνακας 8: Αποτελέσματα Fluorescence - ποικιλία: Zutano καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

Εγκάρσιες τομές καρπού	Adaxial (πάνω επιφάνεια)				Abaxial (κάτω επιφάνεια)			
	Flour1	Flour2	Flour3	Flour4	Flour1	Flour2	Flour3	Flour4
1	796	759	767	826	803	782	781	814
2	297	323	299	368	302	327	311	357
3	315	331	296	342	359	318	299	325
4	374	301	299	367	389	254	396	312
5	319	311	296	362	256	441	303	208



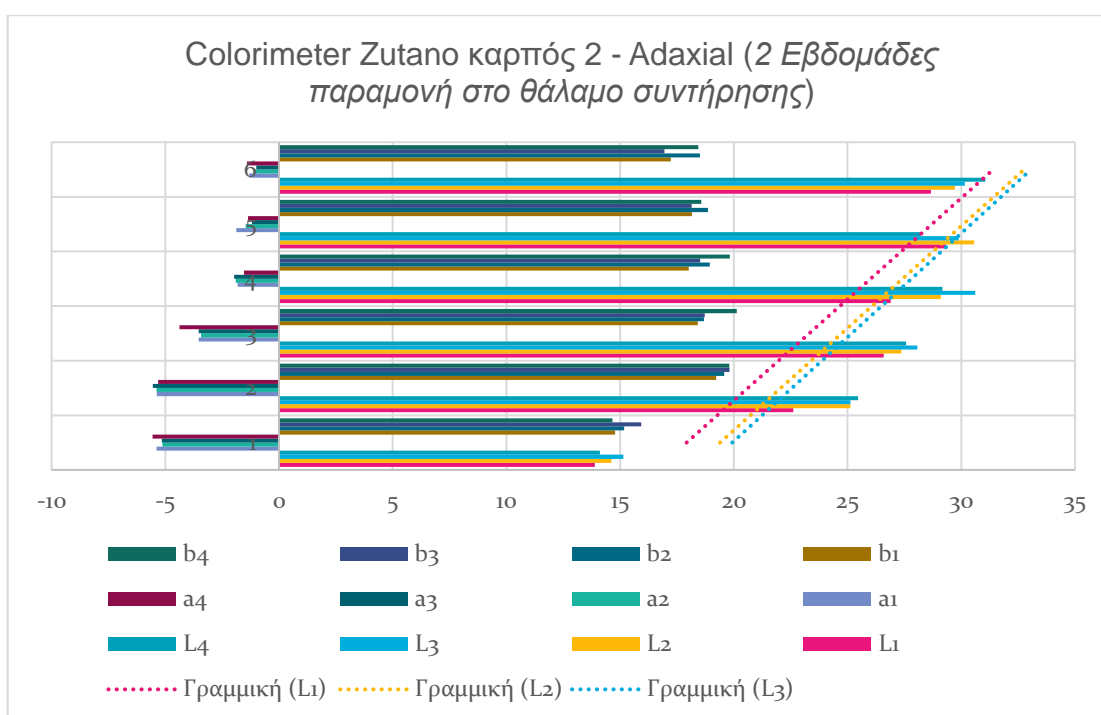
Γράφημα 9: Αποτελέσματα Fluorescence Zutano καρπός 2 - Adaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)



Γράφημα 10: Αποτελέσματα Fluorescence Zutano καρπός 2 - Abaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

Πίνακας 9 : Αποτελέσματα Colorimeter Adaxial - ποικιλία: Ζυτανο καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

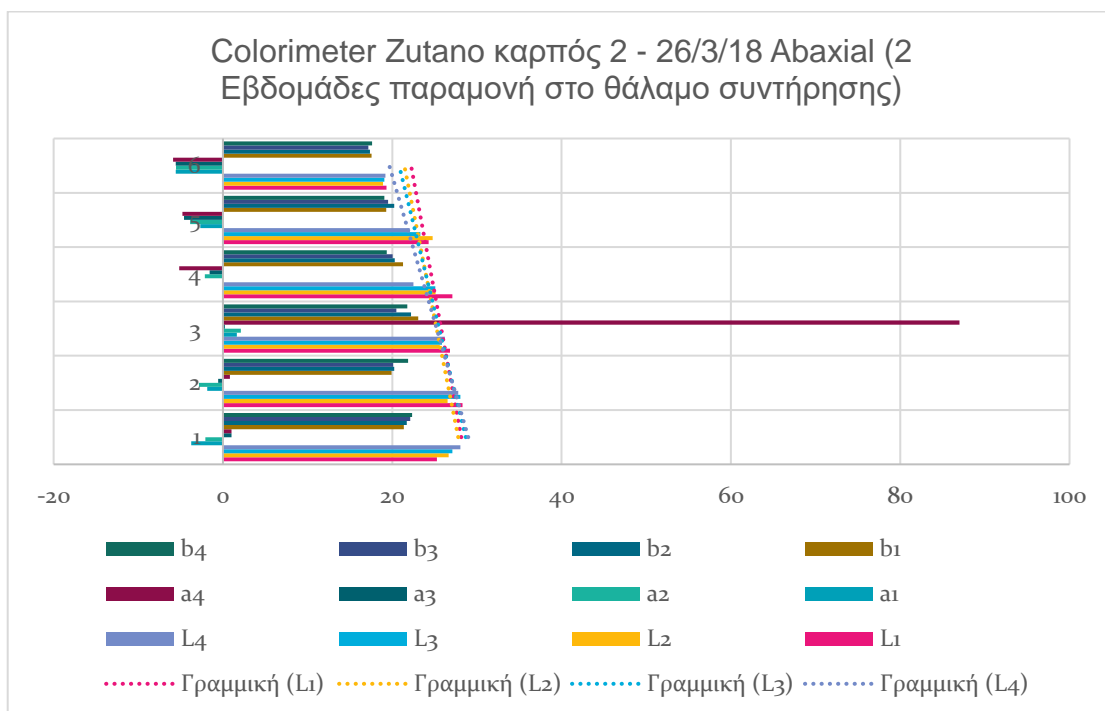
Εγκάρσιες τομές καρπού	L1	L2	L3	L4	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4
1	13,89	14,61	15,14	14,11	-5,39	-5,13	-5,15	-5,56	14,78	15,18	15,93	14,66
2	22,61	25,12	25,12	25,46	-5,37	-5,39	-5,55	-5,31	19,22	19,57	19,81	19,8
3	26,59	27,36	28,07	27,57	-3,53	-3,43	-3,53	-4,38	18,42	18,68	18,72	20,13
4	26,89	29,1	30,61	29,17	-1,82	-1,9	-1,97	-1,54	18,02	18,94	18,52	19,82
5	29,34	30,56	29,89	28,22	-1,88	-1,47	-1,18	-1,36	18,16	18,86	18,14	18,57



Γράφημα 11: Αποτελέσματα Colorimeter Zytano καρπός 2 - Adaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

Πίνακας 10 : Αποτελέσματα Colorimeter Abaxial - ποικιλία: Ζυτανο καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

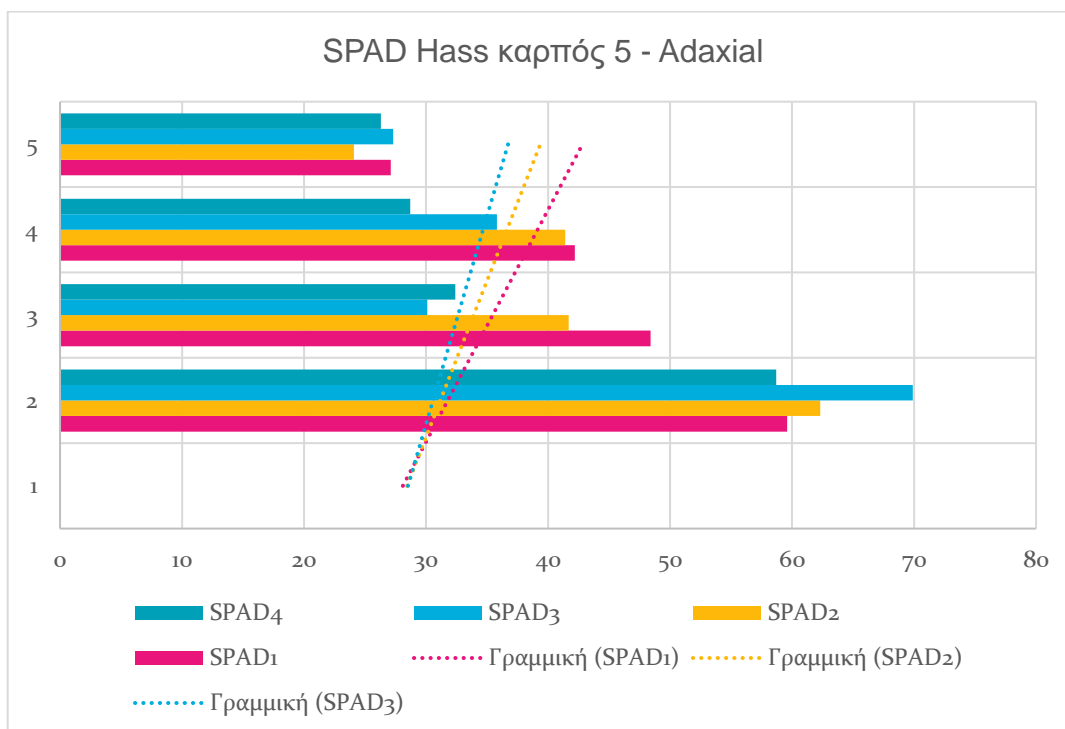
Εγκάρσιες τομές καρπού	L1	L2	L3	L4	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4
1	25,28	26,67	27,1	28,06	-3,74	-2,08	1	1	21,38	21,72	22,13	22,34
2	28,3	26,55	28,04	27,81	-1,86	-2,82	-0,58	0,81	19,92	20,24	20,12	21,86
3	26,81	25,61	25,86	26,23	1,64	2,11	0,23	87	23,06	22,21	20,48	21,78
4	27,1	25,12	25,09	22,51	-0,01	-2,14	-1,56	-5,16	21,26	20,29	20,04	19,35
5	24,3	24,78	23,33	22,07	-2,67	-3,88	-4,59	-4,78	19,29	20,23	19,5	19,07



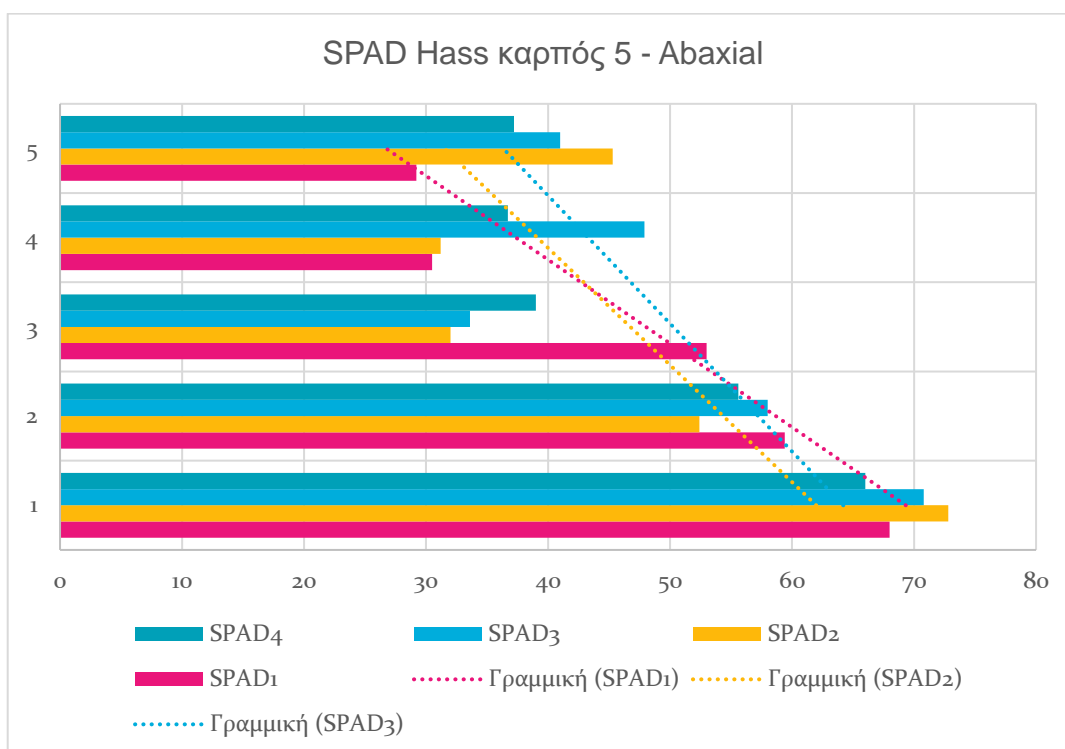
Γράφημα 12: Αποτελέσματα Colorimeter Zutano καρπός 2 - 26/3/18 Abaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

Πίνακας 11: Αποτελέσματα SPAD – ποικιλία Hass καρπός 5

Εγκάρσιες τομές καρπού	Adaxial (πάνω επιφάνεια)				Abaxial (κάτω επιφάνεια)			
	SPAD1	SPAD2	SPAD3	SPAD4	SPAD1	SPAD2	SPAD3	SPAD4
1	0	0	0	0	68	72,8	70,8	66
2	59,6	62,3	69,9	58,7	59,4	52,4	58	55,6
3	48,4	41,7	30,1	32,4	53	32	33,6	39
4	42,2	41,4	35,8	28,7	30,5	31,2	47,9	36,7
5	27,1	24,1	27,3	26,3	29,2	45,3	41	37,2



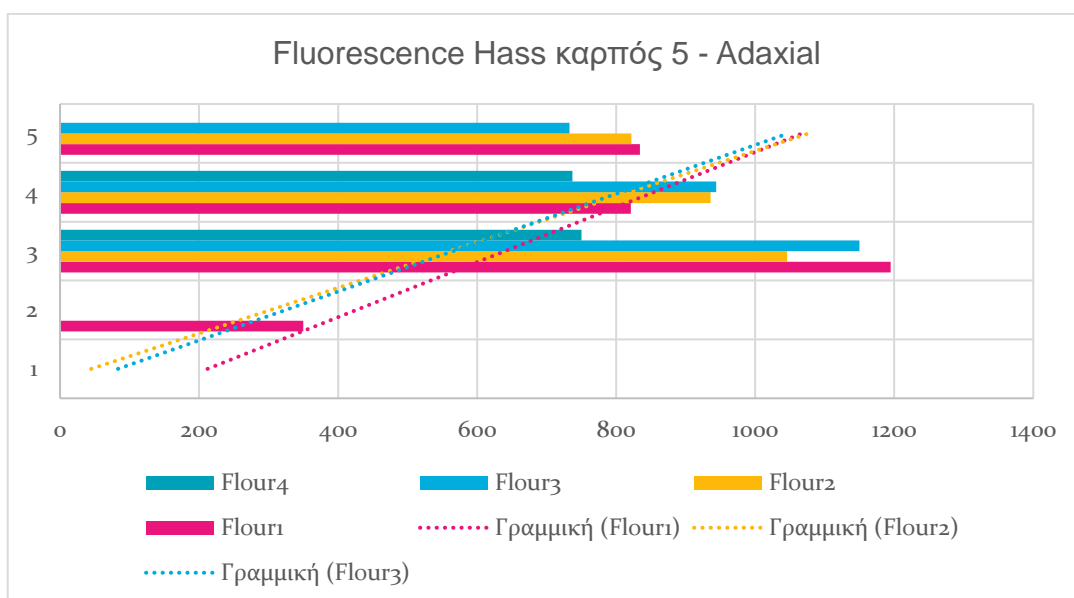
Γράφημα 13: Αποτελέσματα SPAD Hass καρπός 5 - Adaxial



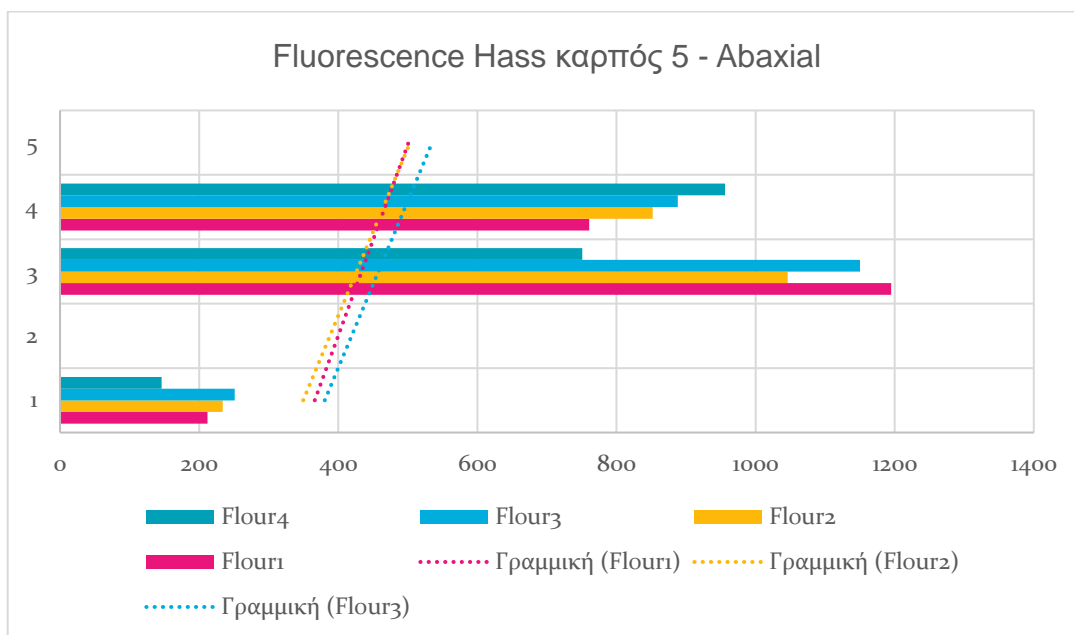
Γράφημα 14: Αποτελέσματα SPAD Hass καρπός 5 - Abaxial

Πίνακας 12: Αποτελέσματα Fluorescence – ποικιλία Hass καρπός 5

Εγκάρσιες τομές καρπού	Adaxial (πάνω επιφάνεια)				Abaxial (κάτω επιφάνεια)			
	Flour1	Flour2	Flour3	Flour4	Flour1	Flour2	Flour3	Flour4
1	0	0	0	0	212	234	251	146
2	350	0	0	0	0	0	0	0
3	1195	1046	1150	750	1195	1046	1150	751
4	821	936	944	737	761	852	888	956
5	834	822	733	0	0	0	0	0



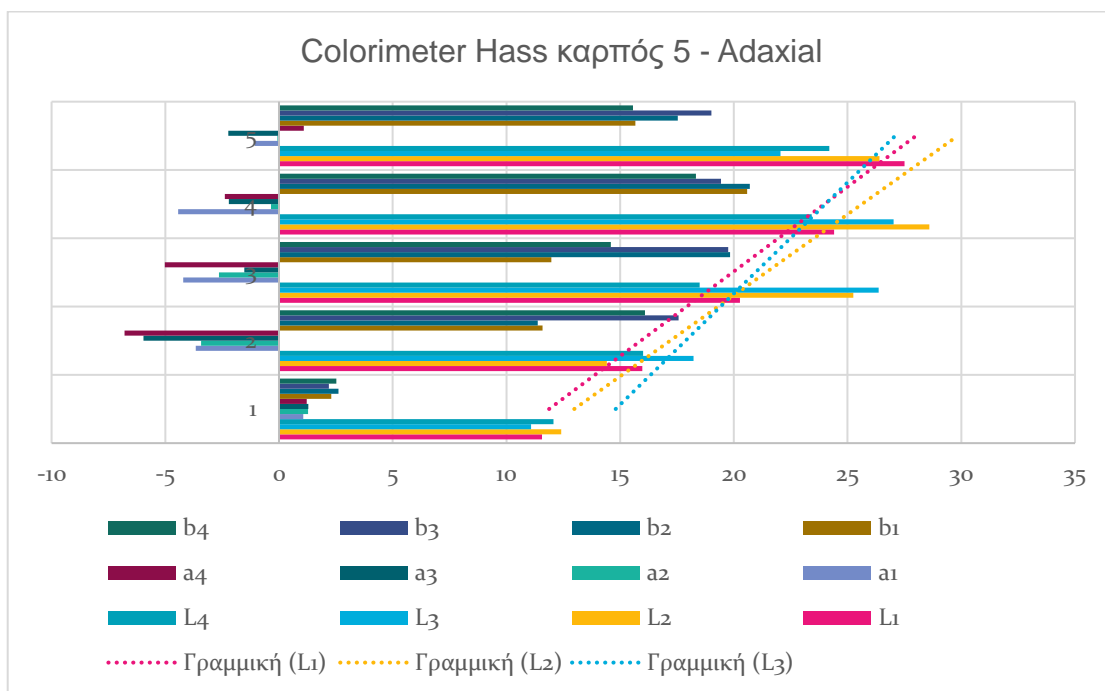
Γράφημα 15: Αποτελέσματα Fluorescence Hass καρπός 5 - Adaxial



Γράφημα 16: Αποτελέσματα Fluorescence Hass καρπός 5 - Abaxial

Πίνακας 13: Αποτελέσματα Colorimeter Adaxial – ποικιλία Hass καρπός 5

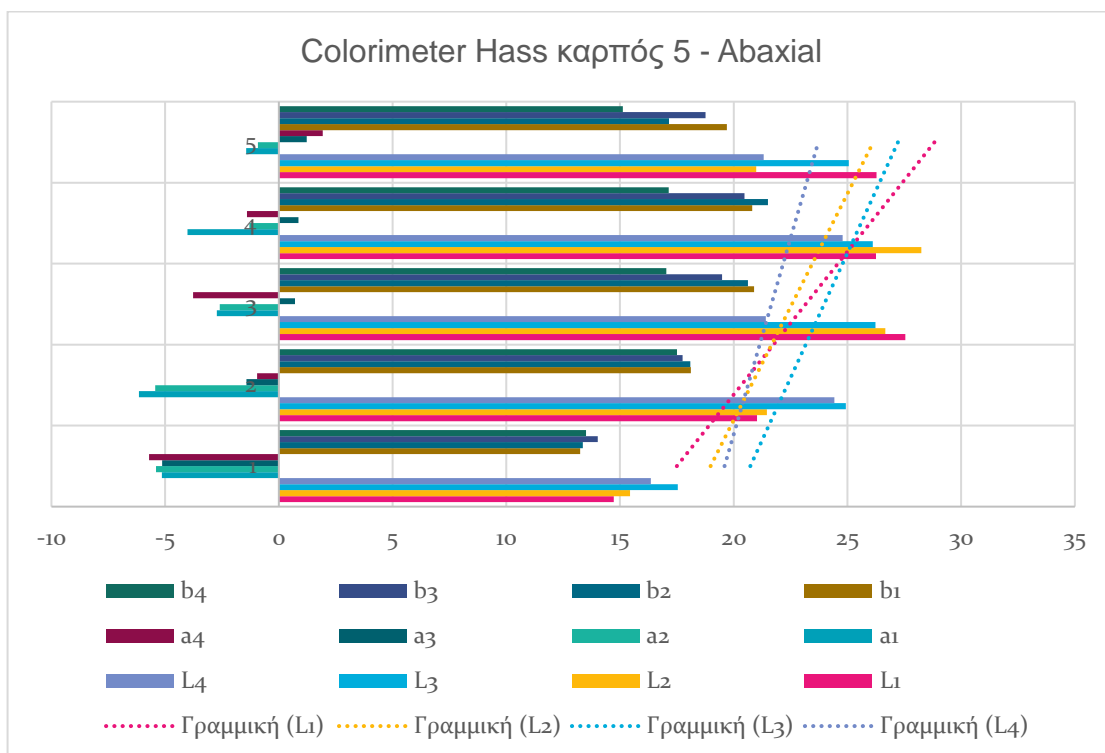
Εγκάρσιες τομές καρπού	L1	L2	L3	L4	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4
1	11,56	12,41	11,08	12,07	1,07	1,28	1,29	1,22	2,3	2,61	2,19	2,52
2	15,97	14,42	18,23	16,01	-3,66	-3,42	-5,96	-6,79	11,59	11,38	17,57	16,09
3	20,27	25,25	26,37	18,5	-4,21	-2,64	-1,52	-5,02	11,98	19,83	19,75	14,59
4	24,41	28,6	27,02	23,42	-4,43	-0,35	-2,21	-2,38	20,58	20,7	19,44	18,33
5	27,51	26,4	22,05	24,2	-1,07	-0,07	-2,23	1,09	15,67	17,53	19,01	15,56



Γράφημα 17: Αποτελέσματα Colorimeter Hass καρπός 5 – Adaxial

Πίνακας 14: Αποτελέσματα Colorimeter Abaxial – ποικιλία Hass καρπός 5

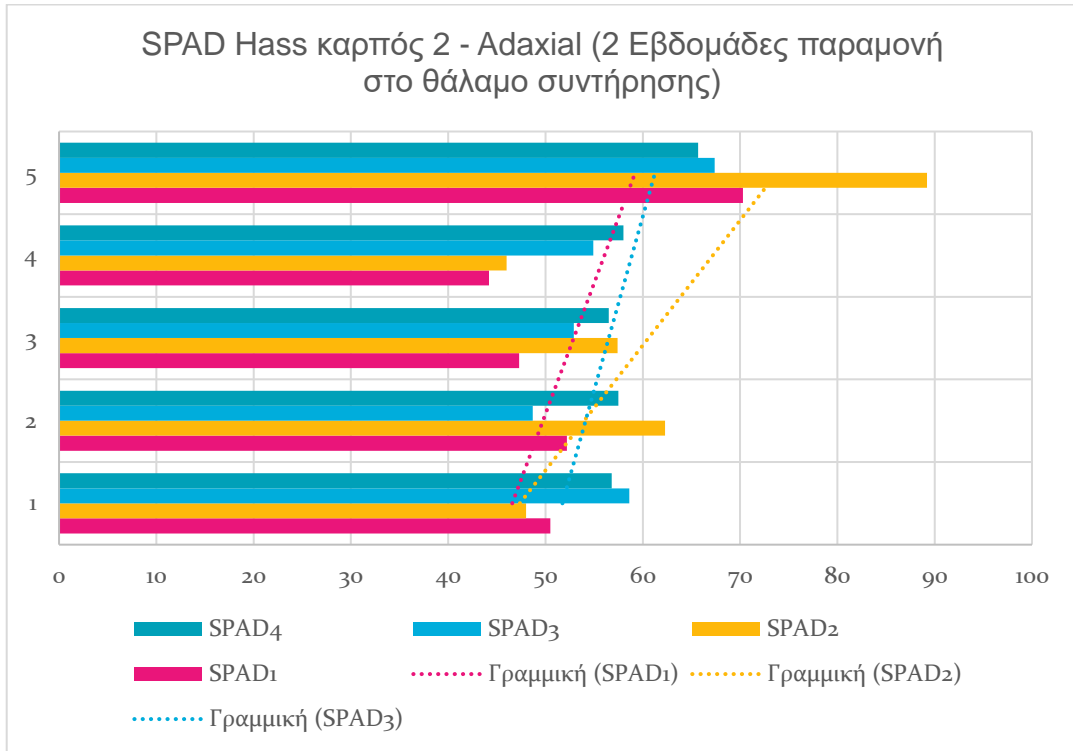
Εγκάρσιες τομές καρπού	L1	L2	L3	L4	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4
1	14,73	15,44	17,54	16,35	-5,14	-5,4	-5,13	-5,71	13,25	13,37	14,02	13,5
2	21,02	21,46	24,93	24,42	-6,15	-5,44	-1,42	-0,96	18,12	18,09	17,75	17,51
3	27,54	26,66	26,23	21,41	-2,73	-2,6	0,71	-3,77	20,9	20,62	19,49	17,04
4	26,25	28,25	26,12	24,79	-4,02	-1,3	0,86	-1,4	20,81	21,5	20,47	17,14
5	26,28	20,99	25,06	21,32	-1,44	-0,92	1,22	1,93	19,7	17,15	18,76	15,12



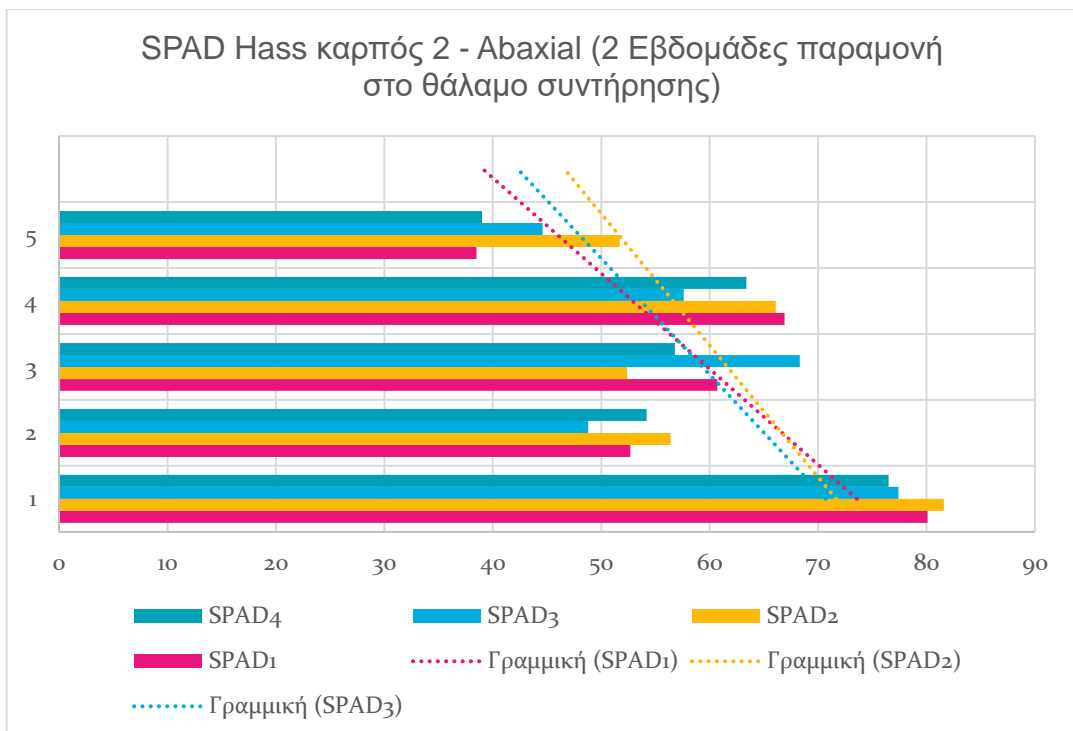
Γράφημα 18: Αποτελέσματα Colorimeter Hass καρπός 5 - Abaxial

Πίνακας 15: Αποτελέσματα SPAD ποικιλία - Hass καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

Εγκάρσιες τομές καρπού	Adaxial (πάνω επιφάνεια)				Abaxial (κάτω επιφάνεια)			
	SPAD1	SPAD2	SPAD3	SPAD4	SPAD1	SPAD2	SPAD3	SPAD4
1	50,5	48	58,6	56,8	80,1	81,6	77,4	76,5
2	52,2	62,3	48,7	57,5	52,7	56,4	48,8	54,2
3	47,3	57,4	52,9	56,5	60,7	52,4	68,3	56,8
4	44,2	46	54,9	58	66,9	66,1	57,6	63,4
5	70,3	89,2	67,4	65,7	38,5	51,7	44,6	39



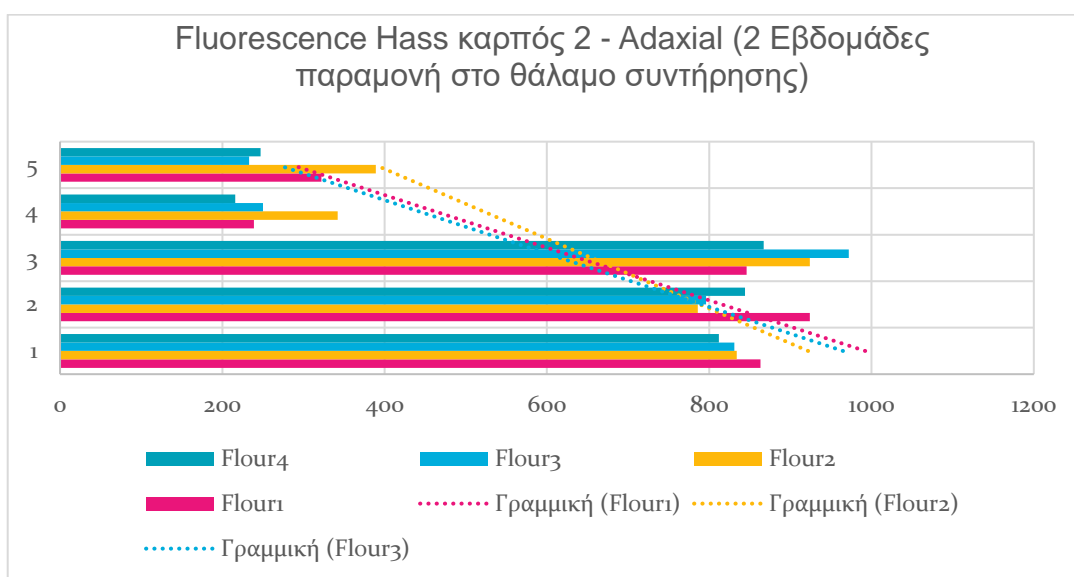
Γράφημα 19: Αποτελέσματα SPAD Hass καρπός 2 - Adaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)



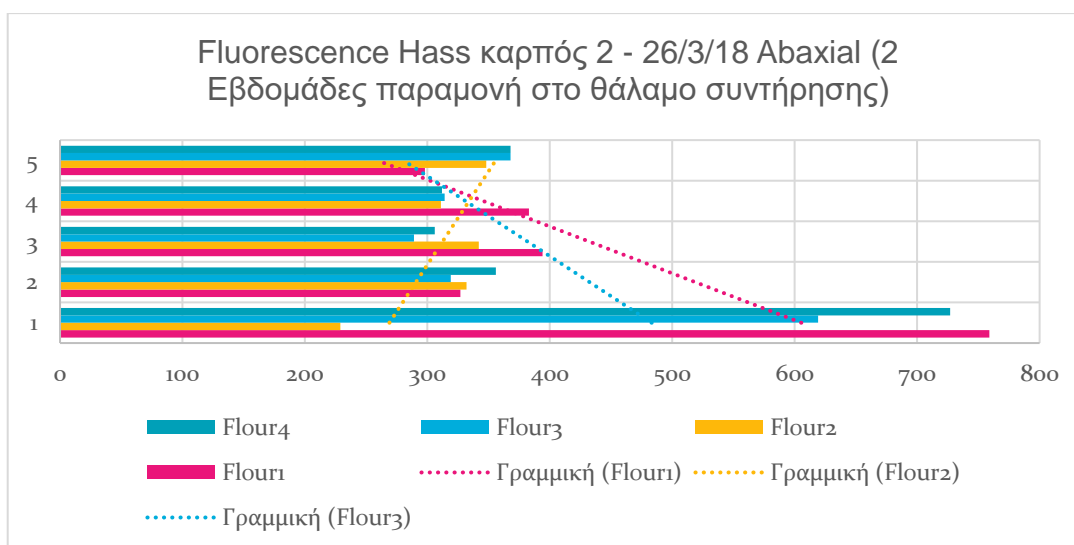
Γράφημα 20: Αποτελέσματα SPAD Hass καρπός 2 - Abaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

Πίνακας 16: Αποτελέσματα Fluorescence ποικιλία - Hass καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

Εγκάρσιες τομές καρπού	Adaxial (πάνω επιφάνεια)				Abaxial (κάτω επιφάνεια)			
	Flour1	Flour2	Flour3	Flour4	Flour1	Flour2	Flour3	Flour4
1	863	834	831	812	759	229	619	727
2	924	786	796	844	327	332	319	356
3	846	924	972	867	394	342	289	306
4	239	342	250	216	383	311	314	312
5	322	389	233	247	298	348	368	368



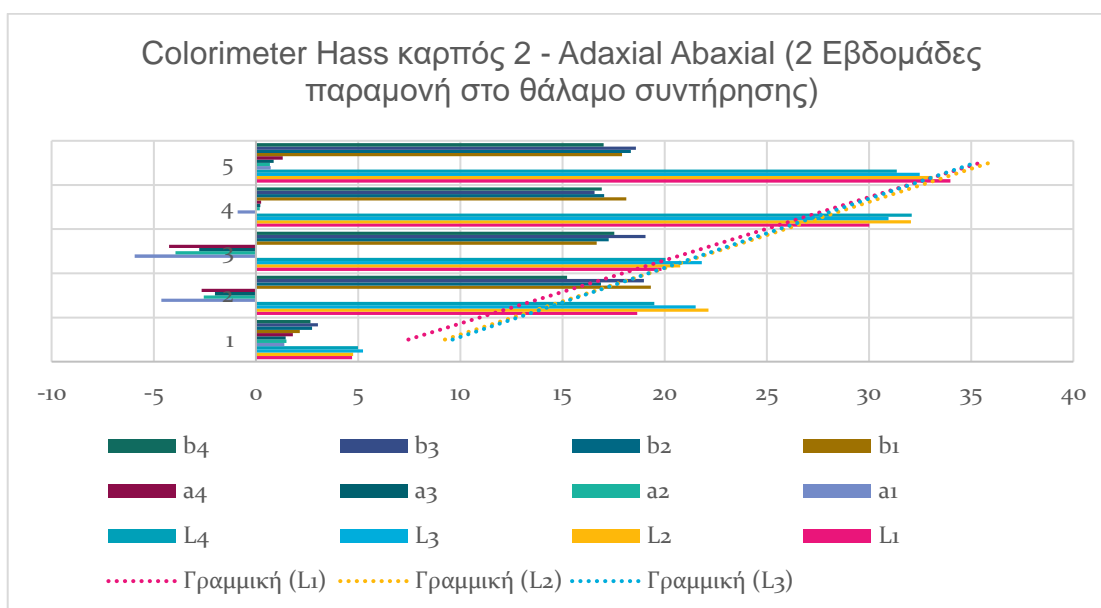
Γράφημα 21: Αποτελέσματα Fluorescence Hass καρπός 2 - Adaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)



Γράφημα 22: Αποτελέσματα Fluorescence Hass καρπός 2 - Abaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

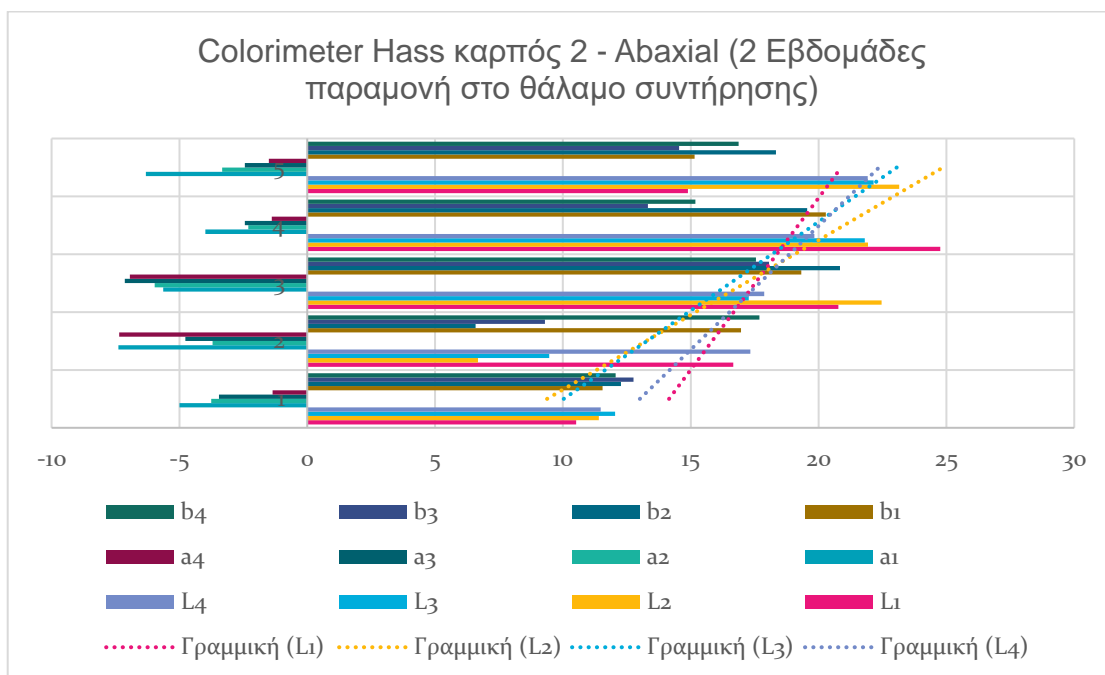
Πίνακας 17: Αποτελέσματα Colorimeter Adaxial ποικιλία - Hass καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

Εγκάρσιες τομές καρπού	L1	L2	L3	L4	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4
1	4,7	4,76	5,24	4,99	1,39	1,49	1,45	1,81	2,14	2,75	3,04	2,67
2	18,66	22,15	21,52	19,5	-4,63	-2,55	-2,01	-2,66	19,33	16,88	18,99	15,22
3	19,85	20,76	21,82	20,04	-5,93	-3,93	-2,77	-4,25	16,67	17,26	19,07	17,53
4	30,02	32,05	30,96	32,09	-0,9	0,19	0,21	0,25	18,12	17,04	16,57	16,92
5	33,98	33,11	32,48	31,36	0,72	0,69	0,87	1,31	17,92	18,35	18,6	17,02



Πίνακας 18: Αποτελέσματα Colorimeter Abaxial ποικιλία - Hass καρπός 2 (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

Εγκάρσιες τομές καρπού	L1	L2	L3	L4	a1	a2	a3	a4	b1	b2	b3	b4
1	10,52	11,41	12,04	11,48	-5	-3,75	-3,45	-1,36	11,55	12,27	12,76	12,06
2	16,66	6,68	9,46	17,33	-7,39	-3,7	-4,77	-7,36	16,97	6,58	9,3	17,69
3	20,77	22,46	17,27	17,87	-5,63	-5,97	-7,14	-6,94	19,32	20,84	18,06	17,55
4	24,76	21,93	21,81	19,84	-3,98	-2,31	-2,44	-1,39	20,28	19,55	13,32	15,18
5	14,89	23,15	22,15	21,92	-6,31	-3,33	-2,44	-1,5	15,15	18,33	14,55	16,87



Γράφημα 23: Αποτελέσματα Colorimeter Hass καρπός 2 - Abaxial (2 Εβδομάδες παραμονή στο θάλαμο συντήρησης)

10.7 Παρατηρήσεις προ πειραματικής μελέτης - Συζήτηση

Κατά την διαδικασία της προπειραματικής μελέτης έγινε εμφανές ότι ανάλογα με το επίπεδο ωρίμανσης του καρπού, υπήρχε αρκετή δυσκολία στην διαδικασία της μέτρησης με τα όργανα SPAD και Fluorescence. Υπήρξαν περιπτώσεις όπου στην πρώτη τομή του καρπού στην πλευρά της επιδερμίδας λόγω σκούρου χρώματος δεν μπορούσε να γίνει μέτρηση αφού δεν εμφανικάποια ένδειξη το όργανο. Στην περίπτωση αυτή ο καρπός ήταν υπερώριμος και είχε αλλοιώσεις. Κατά την διαδικασία των τομών του καρπού η σάρκα διαλυόταν και γινόταν αλοιφή ενώ κάποιες μετρήσεις ήταν μηδενικές. Επίσης παρουσιάζονταν μεγάλες διαφορές στις μετρήσεις σε κοντινά σημεία λόγω της διαφοράς πάχους της λωρίδας. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκε εργαλείο ξεφλουδίσματος φρούτων και λαχανικών, με διαμόρφωση του πάχους κοπής ώστε να είναι ομοιόμορφο το πάχος των λωρίδων. Επομένως είναι δύσκολο να συγκριθούν χρώματα για το πριν και το μετά (πράσινο και καφετί μαύρο) όπως είναι η διαφορά χρώματος κατά την ωρίμανση του αβοκάντο. Όπως επίσης και η πληθώρα των βασικών παραμέτρων χρώματος (όπως οι χρωματικές συντεταγμένες L-a-b και L-C-h) καθώς και άλλοι ειδικοί χρωματικοί δείκτες.

11 Περιγραφή κύριου πειράματος

Στα πλαίσια του πειράματος της διατριβής του μεταπτυχιακού, χρησιμοποιήθηκαν 75 αβοκάντο από κάθε ποικιλία. Στον Πίνακα 19 φαίνονται αναλυτικά ο αριθμός των καρπών που χρησιμοποιήθηκαν για τις επεμβάσεις. Είχε γίνει προμήθεια παραπάνω από 90 καρπών ανά ποικιλία ώστε να υπάρχουν κάποιοι εφεδρικοί καρποί σε περίπτωση προβλήματος. Οι καρποί που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από δύο διαφορετικές ποικιλίες αβοκάντο, την Hass και την Fuerte. Οι καρποί των αβοκάντο προμηθευτήκαν από τη Συνεργατική Α.Ε. από τα Χανιά της Κρήτης, με την εμπορική επωνυμία «Creta Star», σε συνεργασία με τον κ. Ανδρέα Καντανολέων, γεωπόνο της εταιρείας Συνεργατική Α.Ε. Η οποία αξίζει να σημειωθεί πως ότι το 2000, ήταν η πρώτη εταιρεία στην Ελλάδα που επένδυσε στο εμπόριο των αβοκάντο, δημιουργώντας έτσι μια αποκλειστική γραμμή συσκευασίας για τα αβοκάντο. Σε πρώτη φάση αμέσως μετά την μεταφορά των καρπών αβοκάντο στο Εργαστήριο Βιολογικών και Βιοτεχνολογικών Εφαρμογών, του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου, στο Ηράκλειο Κρήτης, οι καρποί τοποθετήθηκαν σε θάλαμο συντήρησης στους 10 °C (± 1 °C). Όστε στη συνέχεια να γίνουν οι μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Αυτές αφορούν την μέτρηση χρωστικών του καρπού με τη χρήση μηχανήματος Chroma Meter, την μέτρηση τιτλοδοτούμενης οξύτητας, τα ολικά διαλυτά στερεά, τον προσδιορισμό συνεκτικότητας σάρκας, τη μέτρηση pH και αναπνευστική ικανότητα μέσω της μέτρησης παραγόμενης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα. Εκτός από τις εκτιμήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών πραγματοποιήθηκε εκτίμηση ολικών φαινολικών αλλά και γονιδιακές και ενζυμικές εκτιμήσεις. Πιο αναλυτικά έγινε προσδιορισμός της ασκορβικής υπεροξειδάσης, εκτίμηση της PAL (Phenylalanine ammonia-lyase), εκτίμηση της β-γαλακτοσιδάσης και πειράματα qPCR.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε ομαδοποίηση των καρπών, οπού διαχωρίστηκαν σε τρεις ομάδες. Στις δυο ομάδες καρπών έγιναν οι επεμβάσεις και η τρίτη ομάδα ήταν χωρίς καμία επέμβαση (μάρτυρας), για κάθε ποικιλία. Η κάθε ομάδα αποτελούνταν από 25 καρπούς για κάθε ποικιλία. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη επέμβαση αφορούσε ψεκασμό με Ethrel (2-chloroethylphosphonic acid), σε 25 καρπούς από τις ποικιλίες Hass και Fuerte. Ο ψεκασμός με Ethrel πραγματοποιήθηκε σε θαλάμους πλαστικούς 20 L στο χώρο του θερμοκηπίου, του εργαστηρίου. Εφόσον κλειστήκαν αεροστεγώς και για επιπλέον προστασία στεγανότητας από ανεπιθύμητη διαρροή αέρα τοποθετήθηκε πλαστική μεμβράνη σε συνδυασμό με την σφράγιση του δοχείου με το καπάκι. Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στο θάλαμο συντήρησης, για να παραμείνουν για 21 μέρες σε θερμοκρασία 10 °C.

Πίνακας 19: Αριθμός καρπών που χρησιμοποιήθηκαν ανά επέμβαση

Ποικιλίες	Μάρτυρας	Ethrel	Μεμβράνη	Σύνολο
Hass	25	25	25	75
Fuerte	25	25	25	75

Η θερμοκρασία είναι ένας σπουδαίος παράγοντας που επηρεάζει τη φυσιολογική φθορά, για αυτό πρέπει να ελέγχεται σε όλα τα στάδια της επεξεργασίας, τυποποίησης, μεταφοράς και συντήρησης του προϊόντος. Επίσης επηρεάζει σημαντικά την διάρκεια μετασυλλεκτικής ζωής και την ποιότητα των νωπών φρούτων και λαχανικών, λόγω του ρόλου

της στο μεταβολισμό και την έντασή της αναπνοής. Για αυτό τον λόγω πραγματοποιούταν σχεδόν καθημερινός έλεγχος της θερμοκρασίας του θαλάμου και στις περιπτώσεις που υπήρχε μια μικρή απόκλιση στη τιμή περίπου 2 °C με 3 °C απόκλιση, γινόταν επανάληψη της ρύθμισης της θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία ρυθμίστηκε σύμφωνα με την βιβλιογραφία και σύμφωνα με θερμοκρασία που ήταν αποθηκευμένα στο χώρο του συσκευαστηρίου. Η εφαρμογή χαμηλής θερμοκρασίας για την συντήρηση φρούτων και λαχανικών στοχεύει στην επιβράδυνση της αναπνευστικής και μεταβολικής δραστηριότητάς τους ώστε να παραταθεί ο χρόνος συντήρησης.

Για την δεύτερη επέμβαση χρησιμοποιήθηκε πλαστική μεμβράνη για το τύλιγμα των καρπών. Αρχικά η ιδέα ήταν να γίνει προμήθεια πλαστικής μεμβράνης που εφαρμόζεται σε συσκευαστήρια αγγουριών, όμως καθώς ήταν εκτός εποχής, δεν διατίθετο από τα συσκευαστήρια ή από καταστήματα γεωργικού επαγγελματικού εξοπλισμού. Κατά συνέπεια χρησιμοποιήθηκε πλαστική μεμβράνη εμπορίου, αφού σαν υλικό είναι παρεμφερές και άρα δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στο υλικό αλλά στη μεθοδολογία τοποθέτησης του, όπου γίνεται με εξειδικευμένο μηχάνημα.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στον θάλαμο συντήρησης είχε ήδη αποθηκευτεί η ομάδα των 25 καρπών που δεν θα δεχόταν καμία απολύτως επέμβαση (μάρτυρας). Τέλος αποθηκεύτηκε ιστός σε υπερκαταψύκτη στους -80 °C από 5 καρπούς, από κάθε ποικιλία για την χρήση τους στις μετρήσεις του πειράματος (Εικόνα 14). Μετά το διάστημα των 21 ημέρων αναμονής στο θάλαμο συντήρησης, πραγματοποιήθηκε επανάληψη των μετρήσεων για τον προσδιορισμό των ποιοτικών μεταβολών αλλά και των ενζυμικών και γονιδιακών μεταβολών στους καρπούς, ώστε να μελετήσουμε τις αλλαγές των ποιοτικών χαρακτηριστικών και τις αντιοξειδωτικές αντιδράσεις κατά την διάρκεια ωρίμανσης και συντήρησης σε διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος.



Εικόνα 14: Ιστός από καρπό Hass προς αποθήκευση στον υπερκαταψύκτη στους -80 °C

Όλες οι μετρήσεις του πειράματος πραγματοποιήθηκαν σε συνολικά οκτώ κατηγορίες μετρήσεων. Για την κάθε ποικιλία αβοκάντο (Hass και Fuerte) που συμμετείχε στο πείραμα έπρεπε να πραγματοποιηθούν τέσσερις κατηγορίες μετρήσεων. Η πρώτη κατηγορία μέτρησης ήταν η αρχική μέτρηση που έγινε την πρώτη ημέρα του πειράματος. Μετά την

αποθήκευση των καρπών για 21 ημέρες στον θάλαμο συντήρησης πραγματοποιήθηκαν άλλες τρεις κατηγορίες μετρήσεων, για τις επεμβάσεις που έγιναν. Αυτές οι κατηγορίες ήταν οι καρποί χωρίς επέμβαση, οι καρποί με την επέμβαση του Ethrel και οι καρποί που τυλίχθηκαν με το πλαστικό φιλμ. Άρα συνολικά όλες οι μετρήσεις έγιναν σε οκτώ κατηγορίες.



Εικόνα 15: Ιστός από καρπούς μετά τις επεμβάσεις μεμβράνη και Ethrel προς αποθήκευση στον υπερκαταψύκτη στους -80°C

11.1 Μεθοδολογίες

11.1.1 Επέμβαση με Ethrel

Στο ξεκίνημα του πειράματος η πρώτη επέμβαση που πραγματοποιήθηκε ήταν ψεκασμός με Ethrel (2-chloroethylphosphonic acid), σε 25 καρπούς αβοκάντο ποικιλίας Hass και Fuerte, αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα οι καρποί που επρόκειτο να ψεκαστούν παρέμειναν σε θερμοκρασία δωματίου περίπου 12 ώρες, ώστε να είναι πιο ευαίσθητοι στην επέμβαση με το Ethrel (Blakey et al. 2012) και στη συνέχεια, μεταφέρθηκαν στο θερμοκήπιο. Για να την ορθότερη και καλύτερη κάλυψη των καρπών με το Ethrel, τοποθετήθηκαν σε καθαρό πάγκο εργασίας, έχοντας αραιά διαστήματα μεταξύ τους. Οπότε ακολουθήσε ψεκασμός των αβοκάντο με Ethrel, όπου ψεκάστηκε ομοιόμορφα περιμετρικά όλος ο καρπός. Όταν ολοκληρώθηκε η διαδικασία μεταφέρθηκαν σε πλαστικούς θαλάμους 20 L στο χώρο του θερμοκηπίου και κλειστήκαν αεροστεγώς, ενώ στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στο θάλαμο συντήρησης, για να παραμείνουν 21 μέρες στους 10°C . Θα έπρεπε να τονιστεί ότι η διαδικασία του ψεκασμού πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τα πρότυπα και τους κανόνες που ορίζονται για τα μέσα προσωπικής προστασίας, όπως ειδική μάσκα προσώπου, γάντια και ρούχα εργασίας. Ο υπολογισμός της περιεκτικότητας/δοσολογίας Ethrel που εφαρμόστηκε, έγινε με βάση τις οδηγίες της εταιρίας σε πυρηνόκαρπη καλλιέργεια. Με την μέθοδο των τριών υπολογίσθηκε η απαιτούμενη δοσολογία στα 0,5 L ήταν 0,25 cc που αυτό μεταφράζεται σε 250 μL ανά 0,5 L.

11.1.2 Επέμβαση με Πλαστικό φιλμ

Η δεύτερη επέμβαση που πραγματοποιήθηκε για το πείραμα ήταν η επέμβαση με πλαστικό φιλμ (μεμβράνη). Ο κάθε καρπός τυλίχθηκε ανεξάρτητα με πλαστική μεμβράνη εμπορίου. Το τύλιγμα της μεμβράνης στους καρπούς έγινε με ακρίβεια και μεθοδικότητα σε κάθε καρπό από τους 25 που είχαν διαχωριστεί από το σύνολο για την συγκεκριμένη επέμβαση. Το πρώτο βήμα για επιτυχή αποτελέσματα ήταν ο προσεκτικός καθαρισμός κάθε

καρπού με ένα μαλακό απορροφητικό χαρτί, ώστε να είναι εντελώς στεγνός χωρίς ίχνος υγρασίας στην επιφάνεια του. Στη συνέχεια κόπηκαν τετράγωνα κομμάτια μεμβράνης και κάθε καρπός καλυπτόταν πολύ προσεκτικά και σφιχτά με την μεμβράνη, με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει όσον το δυνατόν λιγότερος ή και καθόλου αέρας κλεισμένος. Για την καλύτερη κάλυψη των καρπών εφαρμοστήκαν δυο στρώσεις μεμβράνης στον κάθε καρπό. Η διαδικασία αυτή έγινε, διότι τυχόν κλεισμένη υγρασία εντός της μεμβράνης σε βάθος χρόνου θα είχε αρνητικές συνέπειες για την συντηρησιμότητα του καρπού. Όπως λόγω χάρη την δημιουργία σήψεων και εν τέλη μαλάκωμα του ιστού στα μολυσμένα σημεία. Στην συνέχεια, αφού τυλίχθηκαν οι καρποί μεταφέρθηκαν στο θάλαμο συντήρησης για παραμονή 21 ημερών.



Εικόνα 16: Καρποί Fuerte και Hass με την επέμβαση μεμβράνη



Εικόνα 17: Καρποί Fuerte (πάνω) και Hass (κάτω) με την επέμβαση μεμβράνη

11.1.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Μετρήσεις που αφορούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως ο προσδιορισμός του χρώματος της επιδερμίδας του καρπού, τα ολικά διαλυτά στερεά, ο προσδιορισμός συνεκτικότητας σάρκας και της τιτλοδοτούμενη οξύτητας, πραγματοποιήθηκαν στην έναρξη του πειράματος, δηλαδή προτού γίνει κάποια επέμβαση στους καρπούς των αβοκάντο. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω οι μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών έγιναν την ημέρα μηδέν του πειράματος. Απευθείας μετά την μεταφορά των καρπών από το συσκευαστήριο των Χανίων,

στο χώρο του εργαστήριου και στον θάλαμο συντήρησης στο Εργαστήριο Βιολογικών και Βιοτεχνολογικών Εφαρμογών. Αργότερα, μετά το χρονικό διάστημα αναμονής των 21 ημερών στο θάλαμο συντήρησης έγινε επανάληψη των μετρήσεων των ποιοτικών χαρακτηριστικών στους καρπούς αβοκάντο, για τις τρεις συνολικά επεμβάσεις (τύλιγμα καρπών με πλαστική μεμβράνη, ethel και χωρίς καμία επέμβαση). Όστε να προσδιοριστούν οι διαφορές ανά ποικιλία αλλά και ανά επέμβαση που πραγματοποιήθηκε.

11.1.3.1 Διαδικασία μέτρησης χρώματος με Colorimeter

Η διαδικασία μέτρησης χρώματος διεξήχθη με τη χρήση μηχανήματος Colorimeter, σε οχτώ καρπούς αβοκάντο ποικιλίας Hass και Fuerte, αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα σε κάθε καρπό αβοκάντο πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε τέσσερα σημεία εξωτερικά κατά μήκος του καρπού, με δύο συντεταγμένες (L-a-b) και (L-C-h). Ενώ στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στο θάλαμο συντήρησης, για 21 μέρες στους 10 °C. Έπειτα, μετά το χρονικό διάστημα παραμονής των αβοκάντο στο θάλαμο συντήρησης, έγινε επανάληψη της διαδικασίας σε 8 καρπούς από κάθε επέμβαση (συνολικά σε 24 καρπούς).

11.1.3.2 Διαδικασία μέτρησης τιτλοδοτούμενης οξύτητας

Για την μέτρηση της τιτλοδοτούμενης οξύτητας πραγματοποιήθηκε λήψη 5 gr κατεψυγμένου ιστού αβοκάντο, για τις οχτώ κατηγορίες μετρήσεων. Αρχικά πολτοποιήθηκε ο ιστός σε πολυκόφτη Multi και στη συνέχεια μεταφέρθηκε στο γουδί, ώστε να δημιουργηθεί μια σχετικά ενιαία παστά. Στο μεταξύ τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε σωλήνες φυγοκέντρησης (falcons) των 50 ml με προσθήκη 30 ml απεσταγμένου νερού. Στη συνέχεια τα δείγματα αναδεύτηκαν για κάποια λεπτά σε vortex. Μετά για να ομογενοποιηθούν φυγοκεντρήθηκαν στις 8000 rpm για 10 λεπτά, ενώ μετά το πέρασμα των 10 λεπτών επαναλήφθηκε η διαδικασία της φυγοκέντρησης στις 10.000 rpm για 3 λεπτά. Στη συνέχεια σε ογκομετρικό κύλινδρο τοποθετήθηκε χωνί ταχείας διήθησης με φίλτρο από διηθητικό χαρτί, ώστε να διαχωριστούν τα στερεά μέρη από τα υγρά, ως αποτέλεσμα αυτού είναι διαυγές υπερκείμενο. Ύστερα τα υπερκείμενα μεταφέρθηκαν σε βαθμονομημένες φιάλες των 50 ml, ενώ οι όγκοι ρυθμίστηκαν στα 50 ml με απεσταγμένο νερό. Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα προσδιορίστηκε με τιτλοδότηση 15 ml υδατικών εκχυλισμάτων αβοκάντο με 0,01 M NaOH, χρησιμοποιώντας φαινολοφθαλεΐνη (1%) ως δείκτη. Το απεσταγμένο νερό ήταν το blank control. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εις τριπλούν για κάθε προσθήκη. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην ενότητα 0 (Πίνακας 24) είναι η περιεκτικότητα σε ml NaOH (0,01 M) που καταναλώθηκαν μέχρι να πραγματοποιηθεί ένδειξη μόνιμης αλλαγής του χρώματος.

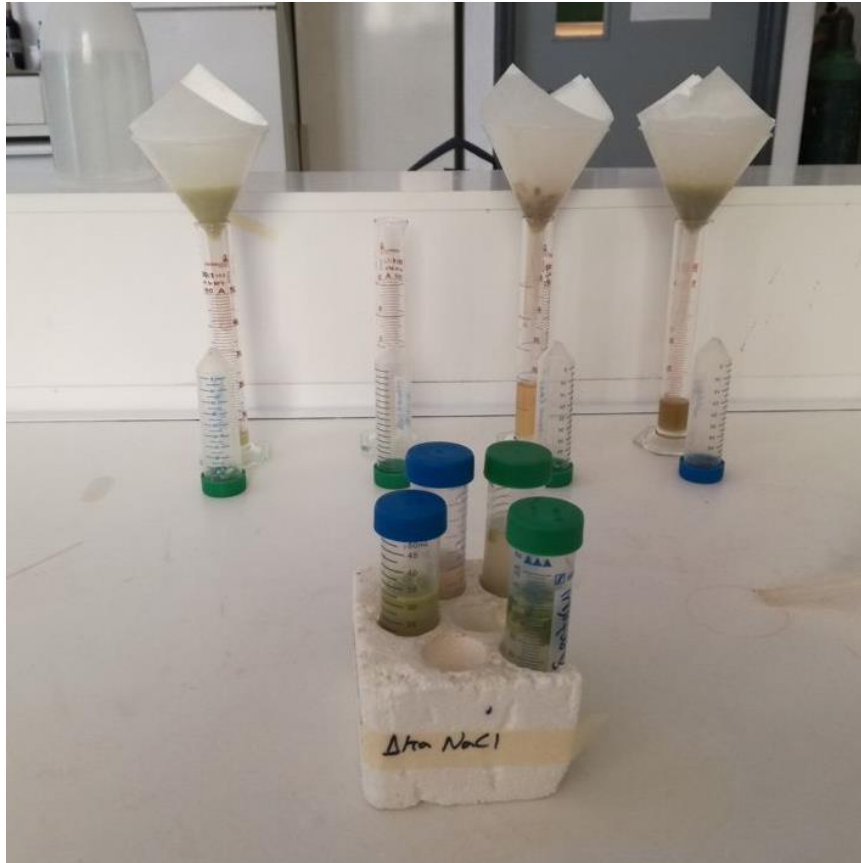
11.1.3.3 Ολικά διαλυτά στερεά

Η μέτρηση των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών (περιεκτικότητα σακχάρων) αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό της ωρίμανσης των νωπών καρπών. Η εκτίμηση των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών πραγματοποιείται με τη χρήση διαθλασίμετρου. Το διαθλασίμετρο (refractometer) μετρά τον δείκτη διάθλασης σε ένα υγρό και αποδίδει μια τιμή που αντιστοιχεί στην κλίμακα Brix. Αυτό σημαίνει ότι η περιεκτικότητα σε σάκχαρα υπολογίζεται ως επί τοις εκατό βαθμοί Brix (% Brix). Όπου 1 βαθμός Brix ισοδυναμεί με 1 γραμμάριο σακχαρόζης ανά 100 γραμμάρια του υδατικού διαλύματος. Η αύξηση των βαθμών Brix, σηματοδοτεί ότι όσο υψηλότερη είναι η τιμή Brix στην κλίμακα, τόσο μεγαλύτερη παρουσιάζεται να είναι και η περιεκτικότητα του σε ζάχαρα.

Στο καθαρό ή απεσταγμένο νερό χωρίς αιωρούμενα στερεά η τιμή Brix είναι μηδέν, αντίθετα το υδατικό διάλυμα που περιέχει σάκχαρα, μέταλλα ή άλλα στερεά συστατικά, αυτό διαθλάται από το φως και παράγει υψηλότερη τιμή Brix. Τα διαθλασίμετρα (αναλογικά και ψηφιακά) λειτουργούν με την ίδια αρχή, ότι το φως κινείται πιο αργά σε πιο πυκνά διαλύματα, δηλαδή του φαινομένου της διάθλασης, όταν το φως διέρχεται μέσω υγρών. Πιο συγκριμένα το φως όταν κινείται δια μέσου ενός υγρού υπό κάποια γωνία, διαθλάται. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της συγκέντρωσης ενός υγρού διαλύματος, καθώς το φως διαθλάται περισσότερο όταν διέρχεται από αιωρούμενα στερεά, όπως άλατα ή σάκχαρα. Σε αναλογικό διαθλασίμετρο, για να ληφθεί μέτρηση διαλυτών στερεών συστατικών (βαθμοί Brix) για ένα υδατικό διάλυμα, τοποθετούνται μερικές σταγόνες απιονισμένου νερού στην επάνω επιφάνεια του πρίσματος, το οποίο στη συνέχεια καλύπτεται από ένα καπάκι. Το διαθλασίμετρο τοποθετείται στη συνέχεια στο μάτι του παρατηρητή κάθετα σε μια πηγή φωτός. Το φως διαθλάται μέσω του υγρού και έτσι λαμβάνεται ανάγνωση των αντίστοιχών βαθμών Brix.

Αντίστοιχα στο ψηφιακό διαθλασίμετρο δημιουργείται μια LED δέσμη φωτός, σε αντίθεση με το αναλογικό που χρησιμοποιείται το φως της ημέρας ή άλλη εξωτερική πηγή φωτός. Έπειτα εφόσον τοποθετηθεί το υγρό διάλυμα προς μέτρηση, στο πρίσμα, το φως διαθλάται μέσω του δείγματος και υπολογίζεται η προκύπτουσα διάθλαση σε αριθμητική τιμή με βάση την κλίμακα Brix. Η τελική τιμή εμφανίζεται στη συνέχεια στην οθόνη. Υψηλό ποσοστό βαθμών Brix είναι ένδειξη ότι τα φυτά/δένδρα που προέρχεται το δείγμα είναι υγιή, με επαρκή θρεπτικά συστατικά και νερό. Ο δείκτης διάθλασης είναι πολύ εξαρτώμενος από τη θερμοκρασία. Η ποσότητα σφάλματος ανά βαθμό θερμοκρασίας είναι διαφορετική για κάθε υγρό και διαφέρει για διαφορετικές συγκεντρώσεις του ίδιου υγρού.

Η μέτρηση των ολικών διαλυτών στέρεων έγινε αρχικά στις 13 Ιουνίου σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα του πειράματος. Όμως στη συνέχεια κρίθηκε ότι τα αποτελέσματα δεν ήταν ικανοποιητικά οπότε πραγματοποιήθηκε επανάληψη μέτρησης των ολικών διαλυτών στερεών στις 20 Νοεμβρίου.



Εικόνα 18: Διαδικασία μέτρησης ολικών διαλυτών στερεών

Τα δείγματα καρπών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 5 gr ιστού από 3 διαφορετικούς καρπούς της κάθε κατηγορίας μετρήσεων. Η αναλογία βάρους ιστού με προσθήκη απιονισμένου νερού ήταν 1/1. Έπειτα πραγματοποιήθηκε ανάδευση στο Votrex για 1 λεπτό το κάθε δείγμα. Στη συνέχεια τα δείγματα φυγοκεντρήθηκαν για 10 λεπτά στις 9000 rpm. Τέλος αφού περάσαν τα 10 λεπτά έγινε έλεγχος του αποτελέσματος της φυγοκέντρησης οπότε και συμπληρώθηκε ποσότητα απεσταγμένου νερού και ξαναέγινε φυγοκέντρηση για άλλα 5 min. Οι μετρήσεις των ολικών διαλυτών στερεών πραγματοποιήθηκαν στους 20 °C. Για την μέτρηση του pH ακολουθήθηκε η ίδια μεθοδολογία με την μέτρηση των ολικών διαλυτών στέρεων.

11.1.3.4 Προσδιορισμός συνεκτικότητας σάρκας

Η μέτρηση της μεταβολής στη σκληρότητα της σάρκας των καρπών (το ποσοστό συνεκτικότητας του ιστού) αποτελεί ένα ακόμα σπουδαίο κριτήριο για την ωριμότητας των νωπών καρπών. Με την χρήση ειδικού οργάνου μέτρησης σκληρότητας (πενετρόμετρο - Εικόνα 19), μπορεί να εκτιμηθεί η αντίσταση της σάρκας στην πίεση με την είσοδο ενός εμβόλου ορισμένης διαμέτρου, σε ορισμένο βάθος. Η αντίσταση στην πίεση εκφράζεται σε Kg /cm², ενώ πάντοτε θα πρέπει να αναφέρεται η διάμετρος του εμβόλου που χρησιμοποιείται.

Ο προσδιορισμός της συνεκτικότητας σάρκας του αβοκάντο έγινε με δυναμόμετρο CHATILLON και επιλέχθηκε το έμβολο των 8mm, όπως ομοίως είχε χρησιμοποιηθεί στην προπαρατατική μελέτη. Οπού πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε δέκα τυχαίους καρπούς από την κάθε ποικιλία (Hass και Fuerte) για όλες τις κατηγορίες μετρήσεων.



Εικόνα 19: Πενετρόμετρο από την μέτρηση συνεκτικότητας των καρπών αβοκάντο

11.1.3.5 Προσδιορισμός της αναπνοής

Στην ωρίμανση των κλιμακτηρικών καρπών η αναπνοή έχει σπουδαίο ρόλο στη μετασυλλεκτική ζωή τους. Η έναρξη της κλιμακτηριακής περιόδου, σημαίνει παράλληλα και το τέλος της αποθηκευτικής ζωής του προϊόντος καθώς ξεκινάει η μη αναστρέψιμη γήρανση, που οδηγεί στην εμπορική ωριμότητα, στην υπερωρίμανση και στην υποβάθμιση της ποιότητας. (Passam et al. 2016)

Αρχικά πριν την έναρξη της κλιμακτηριακής περιόδου η αναπνοή παρουσιάζει μείωση. Στη συνέχεια κατά την έναρξη όμως της εμπορικής ωρίμανσης, αντιδρώντας στην παρουσία αιθυλενίου, παραγόμενου από τον καρπό ή από εξωτερική πηγή (όπως σε τεχνητή επαγόμενη ωρίμανση), η αναπνοή αυξάνεται ταχύτατα, φτάνοντας σε ένα μέγιστο σημείο (κλιμακτηριακή αιχμή) ενώ έπειτα μειώνεται ξανά αργά. Στους κλιμακτηριακούς καρπούς η αύξηση της έντασης της αναπνοής και της παραγωγής αιθυλενίου σηματοδοτούν τα πρωταρχικά φαινόμενα κατά την έναρξη της ωρίμανσης, προτού γίνουν ορατές άλλες αλλαγές όπως το χρώμα. Ενώ στη συνέχεια ακολουθούν οι μεταβολικές δραστηριότητες που οδηγούν στην ωρίμανση του καρπού. (Passam et al. 2016)

Για τον προσδιορισμό της αναπνοής χρησιμοποιήθηκαν 16 πλαστικά δοχεία 1000 ml για κάθε μια από τις επεμβάσεις και για τις δύο ποικιλίες. Σε κάθε δοχείο τοποθετήθηκε ένα αβοκάντο. Τα αβοκάντο παραμέναν κλειστά στα δοχεία για 36 ώρες. Στη συνέχεια έπειτα από το πέρας των 36 ωρών, μετρήθηκε η περιεκτικότητα CO₂ εντός των δοχείων με την χρήση του μηχανήματος PBI Dansensor Checkpoint. Όπου με την βοήθεια του στόμιού μέτρησης και με την χρήση βελόνας, πραγματοποιήθηκε τρυπά στο πάνω μέρος των δοχείων και κατόπιν έγινε ο υπολογισμός της περιεκτικότητας CO₂ %.



Εικόνα 20: Οι καρποί όλων των επεμβάσεων σε δοχεία πριν την μέτρηση της αναπνοής

11.1.3.5.1 Συνάρτηση υπολογισμού αναπνοής

Ο ρυθμός της αναπνοής (RR- Respiration Rate) ελέγχει τη λειτουργία άλλων μεταβολικών διεργασιών και κατά συνέπεια επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την αποθηκευτική ζωή και την ποιότητα του προϊόντος και συνδέεται στενά με το στάδιο τη ωρίμανσης των καρπών. Ο ρυθμός της αναπνοής ορίζεται ως το βάρος ή ο όγκος του παραγομένου CO₂ ανά μονάδα βάρους του φυτικού ιστού και του χρόνου. (Passam et al. 2016)

Η ένταση της αναπνευστικής δραστηριότητας των φυτικών προϊόντων σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την ένταση του μεταβολισμού και τις αλλαγές που προκαλούνται μετασυλλεκτικά στους καρπούς. Από την άλλη πλευρά, η αναπνοή παρέχει υποστρώματα και ενέργεια, ελέγχοντας τη λειτουργία πολλών μεταβολικών διεργασιών όπως ο μεταβολισμός υδατανθράκων, η σύνθεση αρωματικών ενώσεων και η μεταβολή της υφής που σχετίζονται άμεσα με αλλαγές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Κατά κανόνα, ο υψηλός ρυθμός αναπνοής συνεπάγεται ότι το προϊόν οδηγείται σε ταχεία γήρανση και μικρή αποθηκευτική ζωή, ενώ, αντιθέτως οι χαμηλοί ρυθμοί αναπνοής συνεπάγονται χρονικά εκτεταμένη συντήρηση. (Passam et al. 2016)

11.1.4 Εκτίμηση ολικών φαινολικών (Total Phenolics)

Η συγκέντρωση των ολικών φαινόλων (TP) προσδιορίστηκε με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu και ακολουθώντας την μεθοδολογία των Singleton et al., (Singleton, Orthofer, and Lamuela-Raventós 1999). Αναλυτικότερα σε ένα σωληνάριο, που περιέχει μίγμα 0,2 ml αντιδραστήριου Folin-Ciocalteu, 2,6 ml απεσταγμένου νερού και 0,2 ml αραιωμένου εκχυλίσματος αναδεύτηκε και κατόπιν αφέθηκε να σταθεί στους 20 °C για 6 λεπτά σε σκοτεινές συνθήκες. Στη συνέχεια προστέθηκαν 2 mL Na₂CO₃ (7%, w/v) και ο σωλήνας αναδεύτηκε και επώαστηκε στους 20 °C για 90 λεπτά. Η απορρόφηση μετρήθηκε στα 750 nm με ένα φασματοφωτόμετρο (Helios Gamma 7 Delta, Spectronic Unicam, UK) σε σχέση με το τυφλό. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος (gallic acid - GAE) σε βάση νωπού βάρους, σύμφωνα με τις αντίστοιχες καμπύλες βαθμονόμησης.

11.1.5 Ενζυμικές και γονιδιακές εκτιμήσεις

Οι μετρήσεις που αφορούν τις ενζυμικές και γονιδιακές εκτιμήσεις όπως ο προσδιορισμός της ασκορβικής υπεροξειδάσης, εκτίμηση της δραστηριότητας του ενζύμου αμμωνιακή λυάση της φαινυλαλανίνης - PAL (Phenylalanine ammonia-lyase), εκτίμηση της β-γαλακτοσιδάσης και πειράματα qPCR για όλες τις οκτώ κατηγορίες μετρήσεων πραγματοποιήθηκαν μετά το πέρας του πειράματος. Μετά τη χρονική διάρκεια παραμονής των καρπών στο θάλαμο συντήρησης τα δείγματα καρπών από τις τρεις επεμβάσεις (που είχαν παραμείνει στο θάλαμο συντήρησης τις τελευταίες 21 μέρες), αποθηκεύτηκαν σε υπερκαταψύκτη στους -80 °C. Η διαδικασία αποθήκευσης των δειγμάτων που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: Για κάθε μια από τις έξι κατηγορίες μετρήσεων επιλέχθηκαν πέντε καρποί. Στους καρπούς αυτούς έγιναν κατά μήκος τομές ώστε να αφαιρεθεί το σπέρμα. Στην συνέχεια κόπηκαν σε σχήμα κύβου δείγματα σάρκας. Τα δείγματα αυτά επιλέχθηκαν έτσι ώστε να είναι απομακρυσμένα από το σπέρμα και την επιδερμίδα. Τέλος έγινε ανάμειξη των δειγμάτων αυτών από τους πέντε καρπούς και αποθηκεύτηκαν μέσα σε φαλκονάκια των 50 ml στον υπερκαταψύκτη στους -80 °C. Κάποια από τα πειράματα αυτά πραγματοποιήθηκαν στο Ινστιτούτο Αμπέλου, Λαχανοκομίας & Ανθοκομίας Ηρακλείου (ΙΑΛΑΗ). Τις ημέρες διεξαγωγής των πειραμάτων έπρεπε να γίνει μεταφορά των δειγμάτων από τον υπερκαταψύκτη που βρίσκεται στο χώρο του εργαστηρίου στο χώρο του ΙΑΛΑΗ. Κατά την μεταφορά, για την αποφυγή της απόψυξης των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε μικρό φορητό ψυγείο μεταφοράς φαρμάκων.

11.1.5.1 Ασκορβική υπεροξειδάση

Η ασκορβική υπεροξειδάση (ascorbate peroxidase – APX) είναι ένζυμο που συμμετέχει στον ενζυμικό αντιοξειδωτικό μηχανισμό που προσφέρουν προστασία από την δράση των ελεύθερων ριζών (ROS). Η APX είναι ένα ένζυμο που περιέχει ιόν σιδήρου που καταλύει την εξαρτώμενη από το H₂O₂ οξειδωσή ευρέος φάσματος διαφορετικών υποστρωμάτων. Η APX αποτελεί αναπόσπαστο συστατικό του κύκλου γλουτοθειόνης-ασκορβικού, όπου αποτελεί μια μεταβατική οδό που αποτοξινώνει το υπεροξειδίο του υδρογόνου (H₂O₂) (προϊόν απόβλητο του μεταβολισμού). Ο κύκλος περιλαμβάνει τους αντιοξειδωτικούς μεταβολίτες: ασκορβικό, γλουταθειόνη και NADPH, όπως και τα ένζυμά που συνδέουν αυτούς τους μεταβολίτες.

Τα ένζυμα της APX παρουσιάζουν υψηλή εξειδίκευση για το ασκορβικό ως δοτή ηλεκτρονίων. Η ενζυμική δράση της APX προσδιορίζετε φασματοφωτομετρικά μέσω της μείωσης της απορρόφησης στα 290 nm λόγω της μετατροπής του ασκορβικού οξέος (AA) σε

αφυδροασκορβικό οξύ (DHA). Για τον προσδιορισμό ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με την β-γαλακτοσιδάση (περισσότερες λεπτομέρειες στο παρακάτω υποκεφάλαιο 11.1.5.4).

11.1.5.2 Εκτίμηση δραστηριότητας ασκορβικής υπεροξειδάσης (APX)

Η συνολική δραστηριότητα ή δραστηριότητα APX (ascorbate peroxidase) αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο που προτάθηκε από τους Panchuk et al. (Panchuk, Volkov, and Schöffl 2002) με μικρές τροποποιήσεις. Ένα δείγμα ιστού των 400 mg καταψύχθηκε με υγρό άζωτο, πολτοποιημένο, αναμεμιγμένο με 2 ml extraction buffer ρυθμιστικού διαλύματος εκχύλισης, που περιείχε 50 mM φωσφορικό νάτριο (Na-phosphate) με pH 7.0, 0.25 mM EDTA (SigmaAldrich, St.Louis ΗΠΑ), 2% διαλυτή polyvinylpyrrolidone-25 PVP MP Biochemicals, Eschwege Germany) και 4 mM L-AsA και φυγοκεντρήθηκαν στις 13,000 g (*βλ. υποσημείωση) για 10 λεπτά σε θερμοκρασία 2 °C. Το υπερκείμενο συλλέχθηκε, διηθήθηκε και χρησιμοποιήθηκε αμέσως για την εκτίμηση της δραστηριότητας της APX με ένα διάλυμα αντίδρασης που περιείχε 25 mM φωσφορικό νάτριο (Na-phosphate) (pH 7.0), 0,1 mM EDTA, 0,2 mM H₂O₂ (υπεροξείδιο του υδρογόνου) και 4 mM L-AsA. Το εκχύλισμα της πρωτεΐνης των 200 ml μαζί με 850 ml του διαλύματος αντίδρασης χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση της ανάλυσης. Ο ρυθμός οξειδωσης του L-AsA ανιχνεύθηκε φωτομετρικά στα 265 nm χρησιμοποιώντας φασματοφωτόμετρο Shimadzu (Tokyo Japan) UV-1700 και UV cuvettes (Ratiolab, Dreieich Germany) σε διαστήματα 10 λεπτών, σε θερμοκρασία δωματίου. Για την καμπύλη αναφοράς χρησιμοποιήθηκαν προκαθορισμένες συγκεντρώσεις AsA.

*στη φυγοκέντρηση σημειώνει ότι $g = (1.118 \times 10^{-5}) R S^2$ όπου g είναι η σχετική φυγοκεντρική δύναμη, R είναι η ακτίνα περιστροφής σε εκαστά και S είναι η ταχύτητα της φυγόκεντρου σε περιστροφές ανά λεπτό. Για ορισμένους φυγοκεντρητές, υπάρχει ένα κουμπί "rpm / rcf" για αυτόματη μετατροπή της τιμής rpm σε g .

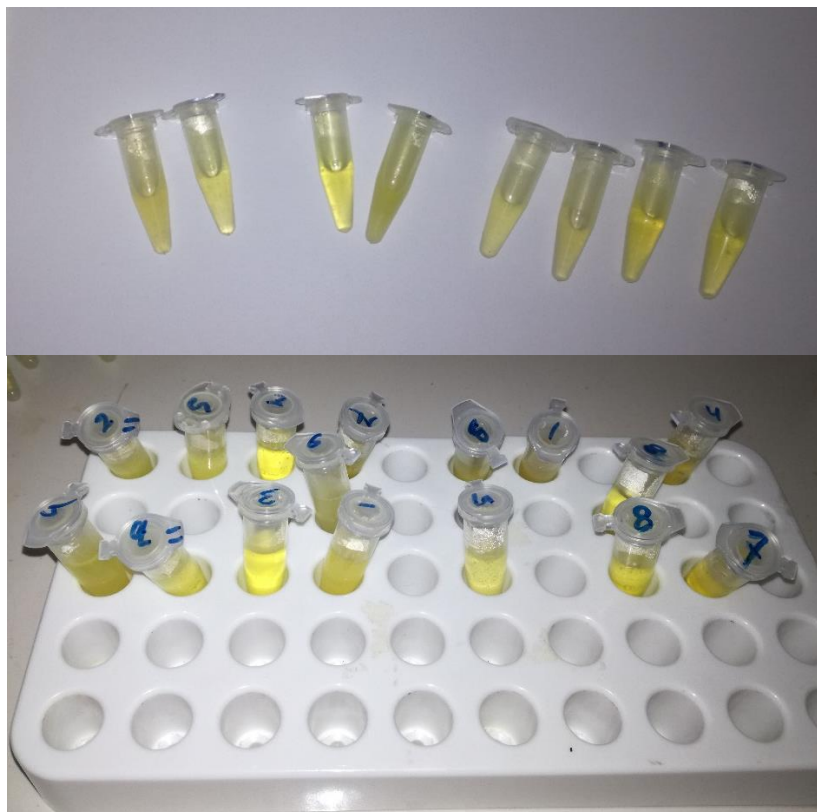
11.1.5.3 Εκτίμηση της PAL (Phenylalanine ammonia-lyase)

Η εκχύλιση του ακατέργαστου ενζύμου πραγματοποιήθηκε με την χρήση 4 ml (extraction buffer) ρυθμιστικού διαλύματος εκχύλισης (0,1M potassium phosphate, pH 7,8) με 0,05 g PVP για κάθε 1g ιστού. Η δραστηριότητα της PAL (PAL activity) προσδιορίστηκε ακολουθώντας τη μέθοδο των (Assis et al. 2001), με ορισμένες τροποποιήσεις. Ένα ml ακατέργαστου διαλύματος εκχύλισης ενζύμου επώαστηκε (incubated) με 4 ml (borate buffer) βορικού ρυθμιστικού διαλύματος (50 mmol/lit, pH 8,8) και 1 ml L- phenylalanine (20 mmol/lit), για 60 λεπτά στους 37 °C. Η αντίδραση τερματίστηκε με την προσθήκη 0,2 ml HOI 6 M. Η δραστηριότητα του PAL προσδιορίστηκε με την παραγωγή κινναμωμικού, η οποία μετρήθηκε με την αλλαγή απορρόφησης στα 290 nm. Το τυφλό ήταν το ακατέργαστο ενζυμικό παρασκεύασμα αναμεμιγμένο με L- phenylalanine, με επώαση μηδενικού χρόνου. Η συγκεκριμένη δραστηριότητα εκφράστηκε ως μονάδες όπου μία μονάδα ορίστηκε ως η αύξηση μιας μονάδας απορρόφησης ανα λεπτό για 1 mg (absorption/min* 1 mg) πρωτεΐνης. Για όλα τα δείγματα, η εκτίμηση της PAL πραγματοποιήθηκε εις τριπλούν.

11.1.5.4 Εκτίμηση δραστηριότητας β-γαλακτοσιδάσης

Η εκτίμηση της β-γαλακτοσιδάσης (βGal) πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο που περιγράφεται από τους Gao και Schaffer (Zhifang and Schaffer 1999) με κάποιες τροποποιήσεις σχετικά με το ενζυμικό υπόστρωμα ώστε να καταστεί κατάλληλο για τη δοκιμασία β-γαλακτοσιδάσης. Το μίγμα της αντίδρασης περιείχε 200 ml διαλύματος McInvine (0,2 mM Na₂HPO₄ με pH ρυθμισμένο στο 4,6 με 0,1M citric acid) και 200 ml 3% w/v 4-Nitrophenyl β-D-galactopyranoside (Sigma-Aldirch) ενώ το εκχύλισμα που

χρησιμοποιήθηκε περιείχε περίπου 30 mg ολικής πρωτεΐνης. Το μίγμα της αντίδρασης επώαστηκε στους 30°C για 30 λεπτά. Η αντίδραση τερματίστηκε με την προσθήκη 1 ml 0.5 M Na₂CO₃, pH 10.5. Η παραγωγή των νιτροφαινόλων (nitrophenol) εκτιμήθηκε φασματοφωτομετρικά στα 410 nm χρησιμοποιώντας φωτόμετρο UV-1700 (Shimadzu Tokyo Japan).



Εικόνα 21: Micro tubes από την διαδικασία εκτίμησης δραστηριότητας β-γαλακτοσιδάσης

11.1.5.5 Πειράματα quantitative Polymerase Chain Reaction (qPCR)

Τα total RNAs (ολικό RNA) εξήχθησαν από ιστό φλοιού χρησιμοποιώντας την μέθοδο που περιγράφεται από τους Maliogka et al. (Maliogka et al. 2015) Εν συντομία, ο φυτικός ιστός πολτοποιήθηκε με γουδί με αναλογία 1/10 w/v σε "lysis buffer" (8M GuHCl, 25 mM EDTA, 1% Sarcosyl, 2% Triton X-100, 25 mM sodium citrate, 0.2 M sodium acetate, το pH ρυθμίστηκε στο 5,2 με acetic acid). Το προϊόν (λύσης) lysate επώαστηκε στους 65 °C για 10 λεπτά και στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκε στα 16.000 x g για 10 λεπτά. Τα 500 μl του υπερκειμένου μεταφέρθηκαν σε νέο δοκιμαστικό σωλήνα και προστέθηκαν 625 μl καθαρής αιθανόλη (absolute ethanol) για να ληφθεί τελική συγκέντρωση 55.5%. Στη συνέχεια, το μίγμα ρέει μέσω στήλης διοξειδίου του πυριτίου (silica column) (FT-2.0 Filter-Tube Spin-Column System, G. Kisker GbR, Steinfurt, Germany) με φυγοκέντρηση στις 1500 x g για 10 λεπτά. Η στήλη πλύθηκε μία φορά με 700 μl "wash buffer 1" (4M GuHCl, 25 mM Tris-HCl pH 6,6 και 60% αιθανόλη) και δύο φορές (700 και 400 μl αντίστοιχα) με "wash buffer 2" (2 mM Tris-HCl pH 7,0, 20 mM NaCl και 80% αιθανόλη) και έπειτα πραγματοποιήθηκε φυγοκέντρηση στις 8000 x g για 1 λεπτό. Το RNA ανακτήθηκε τελικά σε 50 μl προθερμασμένο στους 80 °C nuclease-free elution buffer (10 mM Tris-HCl, pH 8.0).

Στη συνέχεια, το total RNA υποβλήθηκε σε κατεργασία με DNAase I (ThermoFisher Waltham USA), η αδρανοποίηση της DNAse πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή θερμότητας (74 °C). Η σύνθεση cDNA πραγματοποιήθηκε με το κιτ σύνθεσης (synthesis kit) Superscript II cDNA (ThermoFisher Waltham USA) σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Το αποτέλεσμα του πρώτου κλώνου cDNA ομαλοποιήθηκε για την έκφραση του housekeeping gene (=γονίδια που είναι υπεύθυνα για την βασική λειτουργία του κυττάρου) του Actin γονιδίου. Τα πειράματα qPCR πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του PowerUp™ SYBR® Green Master Mix (ThermoFisher Waltham USA) με σύστημα PCR QuantStudio 3 Real-Time PCR (ThermoFisher Waltham USA). Η σχετική ποσοτικοποίηση της γονιδιακής έκφρασης πραγματοποιήθηκε όπως περιγράφηκε προηγουμένως (Tsaniklidis et al. 2016). Για όλα τα δείγματα, οι αντιδράσεις qPCR πραγματοποιήθηκαν εις τριπλούν. (Chatzinasiou et al. 2010) (Assis et al. 2001)

12 Αποτελέσματα

12.1 Αποτελέσματα ποιοτικών χαρακτηριστικών

12.1.1 Αποτελέσματα εμφάνισης καρπών

Στις Εικόνα 22 και Εικόνα 23 φαίνεται η αρχική κατάσταση των καρπών στο ξεκίνημα του πειράματος (control).



Εικόνα 22: Εμφάνιση καρπών ποικιλίας Fuerte στο ξεκίνημα του πειράματος (control)



Εικόνα 23: Εμφάνιση καρπών ποικιλίας Hass στο ξεκίνημα του πειράματος (control)

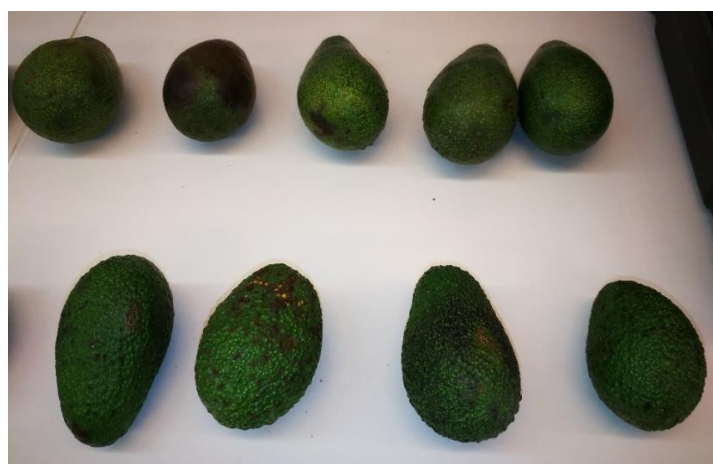


Εικόνα 24: Εμφάνιση των καρπών χωρίς επέμβαση (μάρτυρας). Ποικιλία Fuerte πάνω, ποικιλία Hass κάτω

Στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 24) παρουσιάζεται η εμφάνιση των καρπών χωρίς επέμβαση (μετά από 21 ημέρες) και από τις 2 ποικιλίες Fuerte (πάνω) και Hass (κάτω). Φαίνεται ότι οι καρποί της ποικιλίας Fuerte δεν έχουν ιδιαίτερη χρωματική αλλαγή. Αντιθέτως οι καρποί της ποικιλίας Hass έχουν ωριμάσει αρκετά και έχουν σχεδόν μαυρίσει.



Εικόνα 25: Εμφάνιση των καρπών επέμβαση με μεμβράνη. Ποικιλία Fuerte πάνω, ποικιλία Hass κάτω



Εικόνα 26: Εμφάνιση δείγματος καρπών επέμβαση με μεμβράνη. Ποικιλία Fuerte πάνω, ποικιλία Hass κάτω



Εικόνα 27: Εμφάνιση σάρκας καρπών επέμβαση με μεμβράνη

Στις εικόνες Εικόνα 25 και Εικόνα 26 παρουσιάζεται η εμφάνιση των καρπών μετά την επέμβαση με μεμβράνη. Οι καρποί της ποικιλίας Fuerte εμφανίζουν μικρή διαφοροποίηση σε σχέση με τους μάρτυρες. Υπάρχουν όμως 2 καρποί που εκδήλωσαν διάφορα εξωτερικά σημάδια και σημεία σήψης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κατά το τύλιγμα με την μεμβράνη παρέμεινε υγρασία κλεισμένη. Οι καρποί της ποικιλίας Hass φαίνεται να έχουν διατηρήσει το πράσινο χρώμα τους, χωρίς την παρουσία σήψεων. Τα αποτελέσματα αυτά είναι πολύ ενθαρρυντικά για την επέμβαση με μεμβράνη και επιβεβαιώνονται από τα αποτελέσματα που αναλύονται στα επόμενα υποκεφάλαια. Στην Εικόνα 27 φαίνεται το εσωτερικό μέρος του καρπού (σάρκα) με την επέμβαση με μεμβράνη.



Εικόνα 28: Εμφάνιση των καρπών επέμβαση με Ethrel. Ποικιλία Fuerte πάνω, ποικιλία Hass κάτω



Εικόνα 29: : Εμφάνιση δείγματος καρπών επέμβαση με Ethrel. Ποικιλία Fuerte πάνω, ποικιλία Hass κάτω



Εικόνα 30: Εμφάνιση σάρκας καρπών επέμβαση με Ethrel

Στις εικόνες Εικόνα 28 και Εικόνα 29 παρουσιάζεται η εμφάνιση των καρπών με την επέμβαση με Ethrel. Οι καρποί της ποικιλίας Fuerte είχαν ελάχιστη χρωματική αλλαγή. Αντιθέτως οι καρποί της ποικιλίας Hass έχουν μαυρίσει τελείως. Στην Εικόνα 30 φαίνεται το εσωτερικό μέρος του καρπού (σάρκα) με την επέμβαση με Ethrel. Η σάρκα παρουσιάζει εμφανείς μαύρες κηλίδες.

12.1.2 Αποτελέσματα μετρήσεων χρώματος με Colorimeter

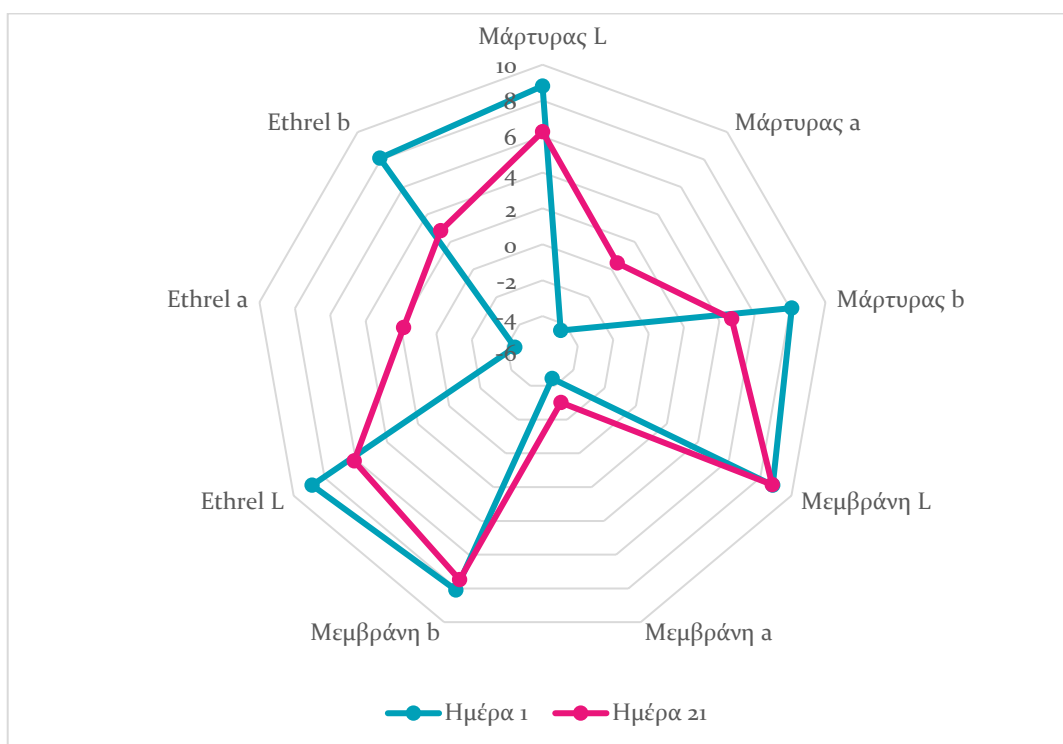
Στα αποτελέσματα μετρήσεων με το Colorimeter θα γίνει παρουσίαση των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων από τις οκτώ κατηγορίες μετρήσεων. Οι μετρήσεις έγιναν σε δύο συντεταγμένες (L-a-b) και (L-C-h).

Πίνακας 20: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων - Colorimeter - Ποικιλία Hass (L,a,b)

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων - Ποικιλία Hass (L,a,b)									
	Μάρτυρας			Μεμβράνη			Ethrel		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Ημέρα 1	8,814	-4,432	8,098	8,814	-4,432	8,098	8,814	-4,432	8,098
Ημέρα 21	6,27	0,47	4,69	8,77	-3,01	7,49	6,11	1,86	2,82

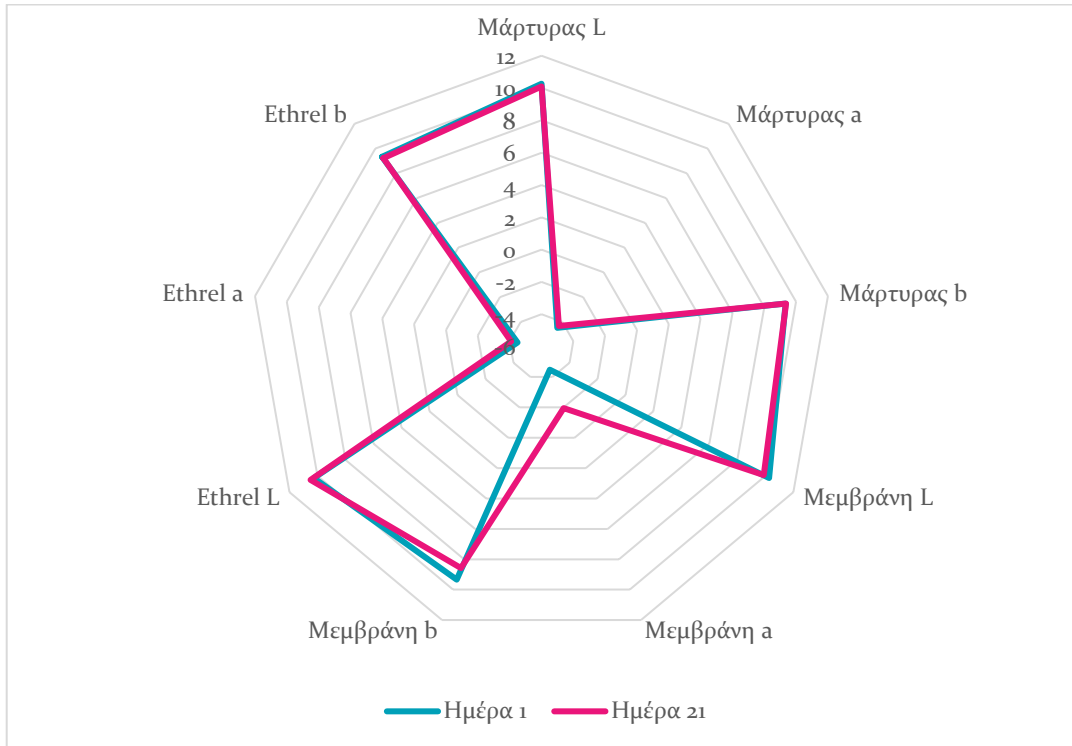
Πίνακας 21: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων - Colorimeter - Ποικιλία Fuerte (L,a,b)

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων - Ποικιλία Fuerte (L,a,b)									
	Μάρτυρας			Μεμβράνη			Ethrel		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Ημέρα 1	10,268	-4,488	9,34	10,268	-4,488	9,34	10,268	-4,488	9,34
Ημέρα 21	10,1	-4,33	9,37	9,88	-1,96	8,58	10,5	-4,1	9,23



Γράφημα 24: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα - Colorimeter - Ποικιλία Hass (L,a,b)

Στο Γράφημα 24 (που παρουσιάζει τα αποτελέσματα του Πίνακας 20) η επέμβαση με την μεμβράνη φαίνεται ότι μετά το πέρασμα των 21 ημερών δεν έχει χρωματική απόκλιση σε σχέση με τις αρχικές μετρήσεις (control). Ενώ η επέμβαση με το Ethrel παρουσιάζει ακόμα μεγαλύτερη απόσταση από τον μαρτυρά (χωρίς επέμβαση).



Γράφημα 25: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα - Colorimeter - Ποικιλία Fuerte (L,a,b)

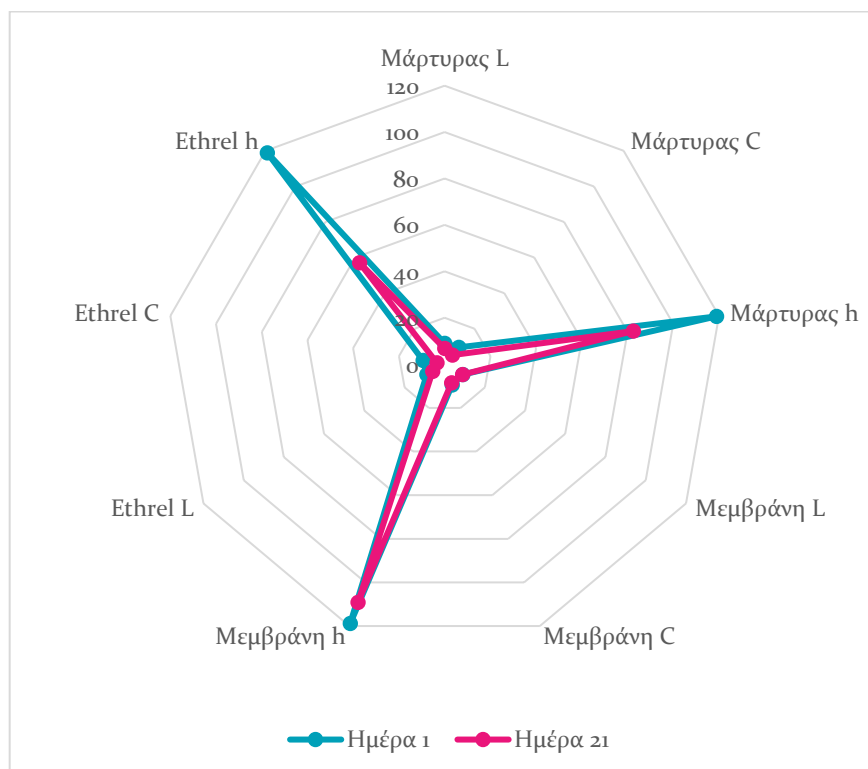
Το Γράφημα 25 αφορά την ποικιλία Fuerte. Στα αποτελέσματα της επέμβασης με την μεμβράνη η παράμετρος a έχει διαφορά σε σύγκριση με τις άλλες επεμβάσεις. Η παράμετρος a παίρνει θετικές τιμές στις ερυθρές αποχρώσεις και αρνητικές τιμές στις πράσινες αποχρώσεις.

Πίνακας 22: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων - Colorimeter - Ποικιλία Hass (L,C,h)

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων - Ποικιλία Hass (L,C,h)									
	Μάρτυρας			Μembrάνη			Ethrel		
	L	C	h	L	C	h	L	C	h
Ημέρα 1	8,98	9,45	118,872	8,98	9,45	118,872	8,98	9,45	118,872
Ημέρα 21	6,79	5,16	82,5	8,86	8,57	109,19	6,03	3,44	57,05

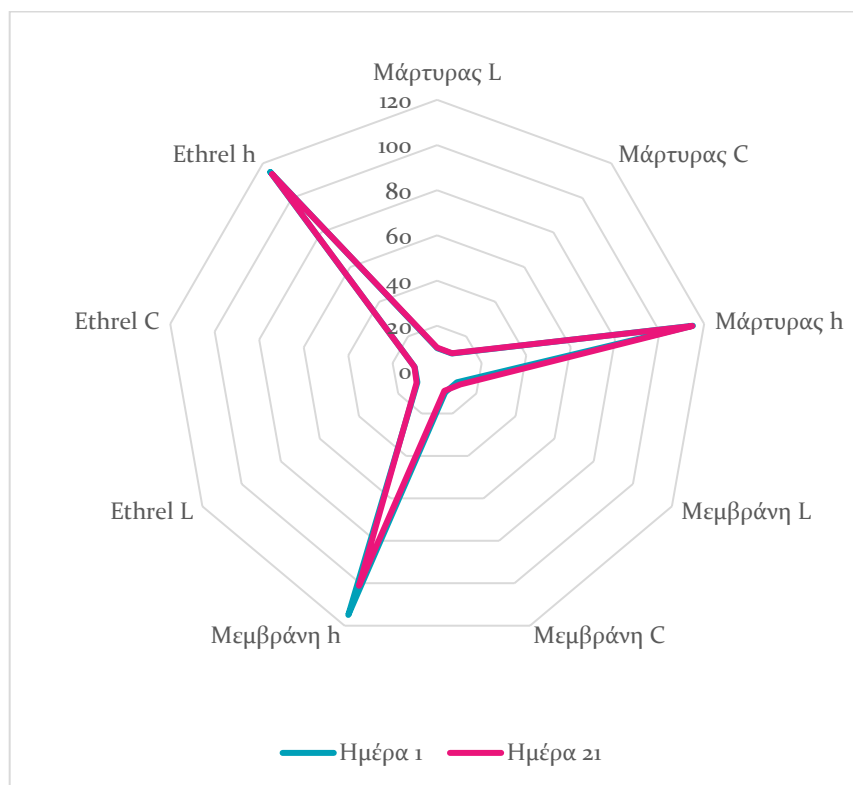
Πίνακας 23: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων - Colorimeter - Ποικιλία Fuerte (L,C,h)

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων - Ποικιλία Fuerte (L,C,h)									
	Μάρτυρας			Μembrάνη			Ethrel		
	L	C	h	L	C	h	L	C	h
Ημέρα 1	10,112	10,106	114,94	10,112	10,106	114,94	10,112	10,106	114,94
Ημέρα 21	10,29	10,23	114,69	11,84	9,4	101,2	10,53	10,25	113,66



Γράφημα 26: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα - Colorimeter - Ποικιλία Hass (L,C,h)

Στο Γράφημα 26 η επέμβαση με την μεμβράνη στη ποικιλία Hass, δείχνει τα καλύτερα αποτελέσματα. Στην επέμβαση με την μεμβράνη οι τιμές του χρώματος σχεδόν ταυτίζονται με το control, που σημαίνει ότι χρωματικά τα αβοκάντο μετά από 21 μέρες δεν έχει μεταχρωματιστεί ο καρπός όπως τυπικά συμβαίνει κατά την ωρίμανση της ποικιλίας Hass.



Γράφημα 27: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα - Colorimeter - Ποικιλία Fuerte (L,C,h)

Στο Γράφημα 27 η επέμβαση με την μεμβράνη στην ποικιλία Fuerte εκδηλώνει μικρή απόκλιση στη παράμετρο h. Η οποία παρουσιάζει την διακύμανση των αποχρώσεων από πράσινο σε μαύρο, όπως συμβαίνει στο αβοκάντο κατά την ωρίμανση.

12.1.3 Αποτελέσματα τιτλοδοτούμενης οξύτητας

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της τιτλοδοτούμενη οξύτητας εκφράζονται σε ml NaOH (0,01 M) τα οποία καταναλώθηκαν μέχρι να πραγματοποιηθεί ένδειξη μόνιμης αλλαγής του χρώματος. Παρουσιάζονται στον Πίνακα 24.

Πίνακας 24: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Τιτλοδοτούμενη οξύτητα

Τιτλοδοτούμενη οξύτητα				
	Αρχικές μετρήσεις (control)	Χωρίς Επέμβαση	Μεμβράνη	Ethrel
Hass 1	1,8	1,8	1,85	2,7
Hass 2	1,8	1,5	2	3,65
Hass 3	1,8	1,9	3	3,15
M.O.	1,8	1,7333333	2,2833333	3,1666667
Fuerte 1	1,85	2,3	0,6	1,2
Fuerte 2	1,55	2	1,5	1,4
Fuerte 3	1,4	2,5	1,6	1,4
M.O	1,6	2,2666667	1,2333333	1,3333333

Στον Πίνακα 24 η επέμβαση με την μεμβράνη στη ποικιλία Hass σε σύγκριση με τον μάρτυρα παρουσιάζει αύξηση περίπου 0,5 ml NaOH (0,01 M), ενώ στο Ethrel η διαφορά της επέμβασης με την μεμβράνη είναι αυξημένη κατά περίπου 0,8 ml NaOH (0,01 M) και με τον μάρτυρα 1,4 ml NaOH (0,01 M). Αντιθέτως η ποικιλία Fuerte παρουσιάζει το αντίθετο αποτέλεσμα. Χωρίς επέμβαση παρατηρείται αύξηση στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα, περίπτωση της επέμβασης με την μεμβράνη και το Ethrel παρατηρείται μείωση.

12.1.4 Αποτελέσματα ολικών διαλυτών στερεών

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ολικών διαλυτών στερεών παρουσιάζονται στον Πίνακα 25. Οι μετρήσεις των ολικών διαλυτών στερεών πραγματοποιήθηκαν στους 20 °C. Για την μέτρηση του pH ακολουθήσαμε την ίδια μεθοδολογία με την μέτρηση της τιτλοδοτούμενης οξύτητας. Ενώ για την μέτρηση των ολικών διαλυτών στερεών, πήραμε 5 gr ιστού από 3 καρπούς της κάθε επέμβασης και ποικιλίας.

Έπειτα από κάποιους μήνες πραγματοποιήθηκε επανάληψη μέτρησης των ολικών διαλυτών στερεών. Η αναλογία βάρους ιστού με προσθήκη απιονισμένου νερού ήταν 1/1. Έπειτα πραγματοποιήθηκε ανάδευση στο votrex για 1 λεπτό το κάθε δείγμα. Στη συνέχεια τα δείγματα φυγοκεντρήθηκαν για 10 λεπτά στις 9000 rpm. Τέλος αφού περάσαν τα 10 λεπτά έγινε έλεγχος του αποτελέσματος της φυγοκέντρωσης οπότε και συμπληρώθηκε ποσότητα απιονισμένου νερού και ξαναέγινε φυγοκέντρωση για άλλα 5 min.

Πίνακας 25: Συγκεντρωτικός πίνακας μετρήσεων ολικών διαλυτών στερεών / βαθμός Brix και pH (επαναληπτική μέτρηση 20 Νοεμβρίου)

Ολικά διαλυτά στερεά (βαθμός Brix)					
	Fuerte			Hass	
	pH	Σάκχαρα (βαθμός Brix)		pH	Σάκχαρα (βαθμός Brix)
A.M.	6,07	0,9	A.M.	6,1	1,5
Χ. Ε. (Μ)*	6,16	1,4	Χ. Ε. (Μ)*	6,22	1,6
Μεμβράνη	6,425	1,1	Μεμβράνη	6,33	3,3
Ethrel	6,372	1,5	Ethrel	6,235	2,3

Χ.Ε.* =Χωρίς επέμβαση (Μ) μετά από 21 μέρες, Α.Μ.= Αρχικός Μάρτυρας

Στον Πίνακα 25 στην επέμβαση με την μεμβράνη, η ποικιλία Hass παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό σακχάρων σε αντίθεση με την Fuerte. Όπως ακόμα, η Hass (επέμβαση με μεμβράνη) παρουσιάζει διπλάσια διαφορά σε σύγκριση με τον μάρτυρα (Χ.Ε.) και μια μονάδα Brix σε σύγκριση με την επέμβαση με το Ethrel. Στην ποικιλία Fuerte η επέμβαση με την μεμβράνη παρουσιάζει το χαμηλότερο ποσοστό, δηλαδή φαίνεται το ανάποδο αποτέλεσμα από την Hass. Αλλά η διαφορά είναι μικρή 0,3 με 0,4 μονάδες. Ίσως η Fuerte σαν ποικιλία να μην παρουσιάζει αύξηση στα σάκχαρα.

12.1.5 Αποτελέσματα συνεκτικότητας σάρκας

Πίνακας 26: Συγκεντρωτικός πίνακας βάρους καρπών

Βάρος καρπών			
Fuerte		Hass	
Καρπός	Βάρος	Καρπός	Βάρος
1	170,99	1	125,27
2	165,71	2	134,12
3	159,58	3	114,39
4	163,13	4	116,15
5	169,06	5	101,62
6	164,49	6	121,44
7	168,95	7	112,55
8	160,97	8	116,7
9	162,01	9	131,27
10	157,97	10	114,11
M.O.	164,286	M.O.	118,762

Πίνακας 27: Αναλυτικός πίνακας μετρήσεων συνεκτικότητας σάρκας καρπών αβοκάντο την πρώτη μέρα του πειράματος

Συνεκτικότητα Σάρκας Kg/cm ²							
Fuerte				Hass			
Καρπός	Σημείο A	Σημείο B	M.O.	Καρπός	Σημείο A	Σημείο B	M.O.
1	19	19,2	19,1	1	17,8	17,6	17,7
2	19,3	19,3	19,3	2	17,8	17,7	17,75
3	19,2	19,2	19,2	3	17,7	17,8	17,75
4	19,3	17,6	18,45	4	17,8	17,8	17,8
5	17,8	18,6	18,2	5	17,8	17,8	17,8
6	19,1	19	19,05	6	17,8	17,7	17,75
7	18,7	18,9	18,8	7	17,8	17,8	17,8
8	19,2	19,3	19,25	8	17,6	17,8	17,7
9	19,2	19	19,1	9	17,7	17,7	17,7
10	19,3	18,6	18,95	10	17,8	17,8	17,8
M.O.	19,01	18,87	18,94	M.O.	17,76	17,75	17,755

Πίνακας 28: Συγκεντρωτικός πίνακας μετρήσεων Μ.Ο. συνεκτικότητας σάρκας Fuerte Kg/cm²

Fuerte Μ.Ο. Συνεκτικότητα Σάρκας Kg/cm ²			
Καρπός	Χωρίς επέμβαση (Μ)	Μεμβράνη	Ethrel
1	5,1	17,7	1,4
2	1,2	17,65	1,8
3	2	17,7	1,9
4	2,4	9,4	1,1
5	1,1	17,8	2,4
6	1	17,7	0,7
7	1,4	17,7	1,1
8	4,1	16	0,9
Μ.Ο.	2,2875	16,45625	1,4125

Στον Πίνακα 28 η επέμβαση με την μεμβράνη στη ποικιλία Fuerte παρουσιάζεται πολύ σημαντική διαφοροποίηση στα ποσοστά συνεκτικότητας σάρκας, με τιμή μέσου ορού 16,45 σε σύγκριση με τον μάρτυρα 2,29 και 1,41 με το Ethrel.

Πίνακας 29: Συγκεντρωτικός πίνακας μετρήσεων Μ.Ο. συνεκτικότητας σάρκας Hass Kg/cm²

Hass Μ.Ο. Συνεκτικότητα Σάρκας Kg/cm ²			
Καρπός	Χωρίς επέμβαση (Μ)	Μεμβράνη	Ethrel
1	11,5	17,8	1,7
2	2,2	18,8	1,6
3	2,1	17,8	1
4	1,6	17,9	0,6
5	1,2	17,7	1,2
6	2,6	17,8	0,75
7	1,1	8,7	0,9
8	1,4	17,7	0,8
Μ.Ο.	2,9625	16,775	1,06875

Στον Πίνακα 29 ισχύει η ίδια σημαντική διαφοροποίηση τιμών σε σύγκριση με την επέμβαση με την μεμβράνη στη Hass ποικιλία, με τον μάρτυρα και το Ethrel. Με 2,96 μέσο όρο στον μάρτυρα, στη επέμβαση με την μεμβράνη 16,77 και στο Ethrel 1,07. Οπότε όπως φαίνεται δεν αλλοιώνεται η συνεκτικότητα της σάρκας στην επέμβαση με μεμβράνη. Το αποτέλεσμα της επέμβασης με την μεμβράνη είναι πολύ κοντά στην αρχική μέτρηση πριν από τις επεμβάσεις. Εντούτοις σε φυσιολογικές συνθήκες η συνεκτικότητα της σάρκας στους καρπούς των αβοκάντο μειώνεται προοδευτικά με την ωρίμανση και την πάροδο του χρόνου.

12.1.6 Αποτελέσματα μετρήσεων αναπνοής

Πίνακας 30: Συγκεντρωτικός πίνακας απελευθέρωσης CO₂% ποικιλίες Hass και Fuerte. Μετρήσεις στην αρχή του πειράματος.

Fuerte			Hass		
Καρπός	Βάρος	%CO ₂	Καρπός	Βάρος	%CO ₂
1	170,99	3,6	1	125,27	3,2
2	165,71	3,4	2	134,12	1,2
3	159,58	4,4	3	114,39	2,2
4	163,13	4,2	4	116,15	7,4
5	169,06	1,9	5	101,62	5,4
6	164,49	2,6	6	121,44	4
7	168,95	2,9	7	112,55	1,3
8	160,97	2	8	116,7	5,2
9	162,01	2	9	131,27	3,9
10	157,97	10,2	10	114,11	10,2
M.O.	164,286	3	M.O.	118,762	3,7555556

Στις μετρήσεις που είναι σημειωμένες με κόκκινο χρώμα στον Πίνακα 30 οι αντίστοιχοι καρποί ήταν 2 τραυματισμένοι και έτσι η μέτρηση CO₂ ήταν 10.2%. Τα αποτελέσματα αυτά δεν συμπεριελήφθησαν στην μέτρηση του μέσου όρου.

Πίνακας 31: Συγκεντρωτικός πίνακας απελευθέρωσης CO₂% ποικιλία Fuerte. Μετρήσεις μετά από 21 μέρες στο θάλαμο συντήρησης.

Fuerte						
Καρπός	Βάρος	Χωρίς Επέμβαση %CO ₂	Βάρος	Μεμβράνη %CO ₂	Βάρος	Ethrel %CO ₂
1	150,84	9,1	163,42	7,5	130,84	1,9
2	149,39	8,1	147,69	9,6	168,73	7,1
3	159,01	9,4	158,55	9,4	159,77	2,5
4	131,35	8,4	141,38	6,8	149,66	7,6
5	142,23	8,6	171,85	7	171,94	6,9
6	153,66	8,8	160,13	6,8	174,48	4,5
7	137,37	8	141,78	7,1	123,42	6,8
8	157,37	3,4	159,2	20,2	133,82	1,8
M.O.	147,6525	7,975	155,5	9,3	151,5825	4,8875

Στον Πίνακα 31 η επέμβαση με την μεμβράνη στη ποικιλία Fuerte εκδηλώνει υψηλότερη (αναπνοή) απελευθέρωση CO₂ με 9,3% μέσο όρο, ενώ αν βγει η μέτρηση σφάλματος ο μέσος όρος είναι 7,74%, σχεδόν το ίδιο με τον μάρτυρα που είναι 7,97%.

Πίνακας 32: Συγκεντρωτικός πίνακας απελευθέρωσης CO₂% ποικιλία Hass. Μετρήσεις μετά από 21 μέρες στο θάλαμο συντήρησης.

Hass						
Καρπός	Βάρος	Χωρίς Επέμβαση %CO ₂	Βάρος	Μεμβράνη %CO ₂	Βάρος	Ethrel %CO ₂
1	110,36	7,4	94,16	7,5	110,42	2,1
2	117,05	3,3	129,44	8,6	136,85	6,4
3	115,93	8,5	136,87	7,8	109,38	2
4	100,92	8,6	124,77	2,6	122,93	2
5	118,09	10,3	120,44	8,5	91,68	8,3
6	131,03	2,7	107,89	7,5	115,27	6,9
7	95,77	8,5	138,64	7,9	95,96	7,2
8	106,1	2,4	91,28	2,2	91,72	1,7
M.O.	111,9063	6,4625	117,93625	6,575	109,2763	4,575

Στις μετρήσεις που είναι σημειωμένες με κόκκινο χρώμα στους πίνακες Πίνακας 31 και Πίνακας 32 οι καρποί είχαν μαυρίσει καθώς είχε κλειστεί υγρασία μέσα στην μεμβράνη.

Πίνακας 33: Ρυθμός αναπνοής Fuerte

Ρυθμός αναπνοής Fuerte			
Καρπός	Χωρίς Επέμβαση (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Μεμβράνη (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Ethrel (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)
1	16,76	12,75	4,03
2	15,06	18,06	11,69
3	16,42	16,47	4,35
4	17,76	13,36	14,11
5	16,8	11,31	11,15
6	15,91	11,8	7,16
7	16,18	13,91	15,3
8	6		3,74
M.O.	15,11125	13,95142857	8,94125

Πίνακας 34: Ρυθμός αναπνοής Hass

Ρυθμός αναπνοής Hass			
Καρπός	Χωρίς Επέμβαση (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Μεμβράνη (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	Ethrel (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)
1	18,63	22,13	5,28
2	7,83	18,46	12,99
3	20,37	15,83	5,08
4	23,67	5,79	4,52
5	24,23	19,6	25,15
6	5,72	19,31	16,63
7	24,65	15,83	20,84
8	6,28	6,69	5,15
M.O.	16,4225	15,455	11,955

Στον Πίνακα 32 που αφορά την ποικιλία Hass, παρουσιάζει ίδια συμπεριφορά με την Fuerte, οπότε ομοίως ο μάρτυρας δείχνει να έχει κοντινές τιμές με την επέμβαση με την μεμβράνη, με τιμές 6,46% και 6,57% αντίστοιχα. Ενώ το Ethrel εμφανίζει 4,57% CO₂. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι καρποί βγήκαν από την μεμβράνη για την μέτρηση του CO₂ οπότε έχουν την ίδια συμπεριφορά με τον μάρτυρα (Χ.Ε.). Όσον αφορά το Ethrel θεωρητικά έχει περάσει την κλιμακτηριακή κορύφωση στην καμπύλη αναπνοής. Στον Πίνακα 33 και στον Πίνακα 34 παρουσιάζονται ο ρυθμός αναπνοής των καρπών αβοκάντο στις ποικιλίες Fuerte και Hass. Ο ρυθμός αναπνοής χαρακτηρίζεται ως μέσης έντασης αναπνοή στις επεμβάσεις χωρίς επέμβαση και στην την επέμβαση με την μεμβράνη. Ενώ στην περίπτωση του Ethrel ο ρυθμός αναπνοής είναι χαμηλός.

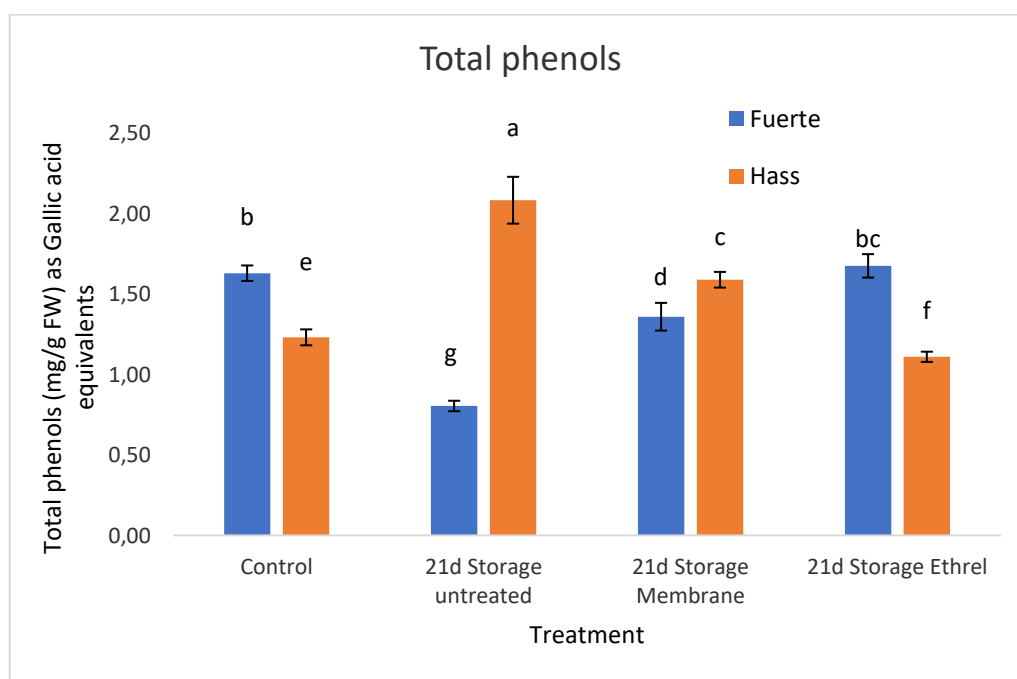
12.2 Αποτελέσματα ολικών φαινολικών

Στον Πίνακα 35 οι ποικιλίες Hass και Fuerte παρουσιάζουν αντίστροφα αποτελέσματα. Η ποικιλία Hass στην επέμβαση με το Ethrel φαίνεται να έχει χαμηλότερο ποσοστό ολικών φαινολικών ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος, σε σχέση με το control (A.M.). Η επέμβαση με την μεμβράνη σε αντίθεση με το control παρουσιάζει μικρή αύξηση, ενώ ο μάρτυρας (X.E.) έχει την μεγαλύτερη αύξηση.

Ο μάρτυρας (X.E.) στην ποικιλία Fuerte παρουσιάζει μεγαλύτερη πτώση σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Η επέμβαση με την μεμβράνη παρουσιάζει μικρή πτώση σε σχέση με το control (A.M.). Ενώ η επέμβαση με Ethrel έχει σχεδόν την ίδια τιμή με το control (A.M.). Επομένως οι ποικιλίες Fuerte και Hass συμπεριφέρονται διαφορετικά ως προς την έκφραση των ολικών φαινολικών.

Πίνακας 35: Αποτελέσματα έκφρασης ολικών φαινολικών ως ισοδύναμα γαλλικού οξέος (mg/g FW)

Hass	Total Phenols (mg/g FW) as Gallic Acid Equivalents	Standard deviation
A.M.	1,2305	0,049497
X.E.	2,0825	0,145477
Μεμβράνη	1,5883	0,048661
Ethrel	1,1095	0,03182
Fuerte	Total Phenols (mg/g FW) as Gallic Acid Equivalents	Standard deviation
A.M.	1,629	0,048083
X.E.	0,804	0,032527
Μεμβράνη	1,3586	0,086136
Ethrel	1,6745	0,072832



Γράφημα 28: Αποτελέσματα έκφρασης ολικών φαινολικών σαν ισοδύναμα γαλλικού οξέος (mg/g FW)

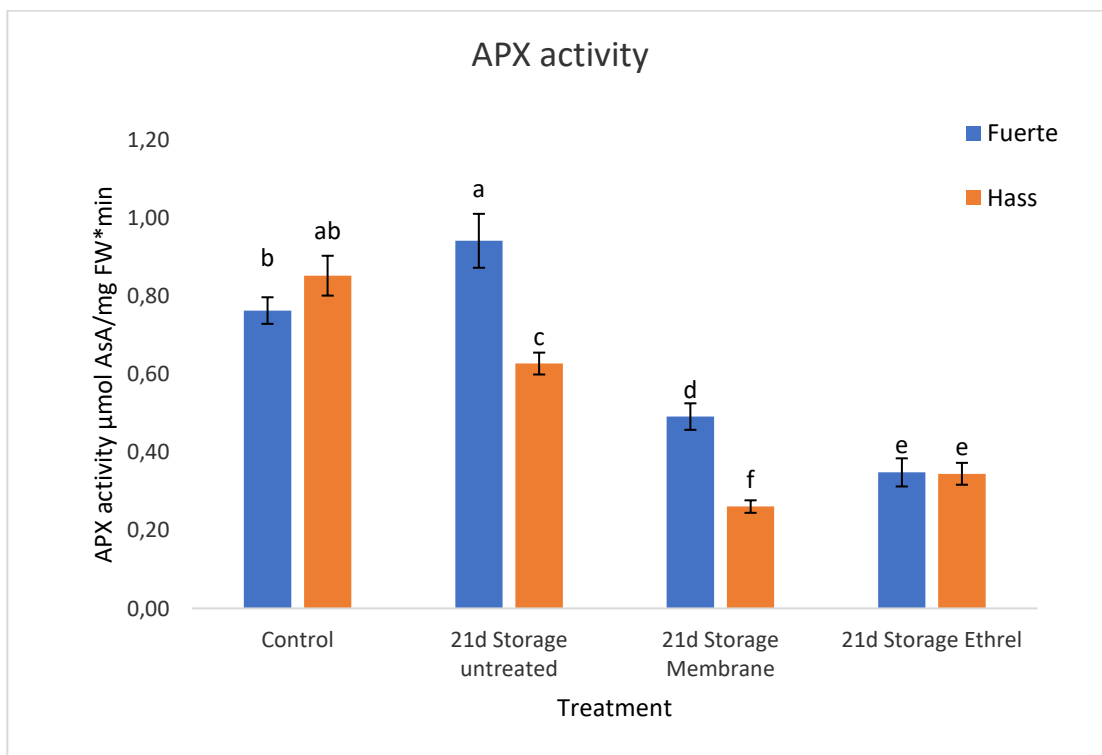
12.3 Αποτελέσματα ενζυμικών και γονιδιακών εκτιμήσεων

12.3.1 Αποτελέσματα ασκορβικής υπεροξειδάσης

Στον Πίνακα 36 φαίνονται τα ποσοστά δραστηριότητας της APX – ασκορβικής υπεροξειδάσης. Σε σχέση με το control στην ποικιλία Fuerte παρατηρείται αύξηση της δραστηριότητας, ενώ στην επέμβαση με την μεμβράνη και το Ethrel παρατηρείται μείωση. Στην ποικιλία Hass παρατηρείται πτώση σε όλες τις επεμβάσεις, με την μεμβράνη να έχει την σημαντικότερη μείωση APX δραστηριότητας. Η Fuerte σε σχέση με την Hass στο control, έχει σχετικά χαμηλότερη τιμή, ενώ έπειτα σε όλες τις επεμβάσεις (μετά τις 21 μέρες) εκδηλώνει αύξηση τιμών σε σύγκριση με την ποικιλία Hass.

Πίνακας 36: Αποτελέσματα ασκορβικής υπεροξειδάσης ποικιλίες Fuerte και Hass

	Fuerte μmol AsA/mg FW*min	Απόκλιση	Hass μmol AsA/mg FW*min	Απόκλιση
Control	0,763	0,034	0,852	0,051
Χωρίς επέμβαση (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)	0,941	0,069	0,627	0,028
Μεμβράνη (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)	0,491	0,034	0,261	0,016
Ethrel (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)	0,348	0,036	0,345	0,028



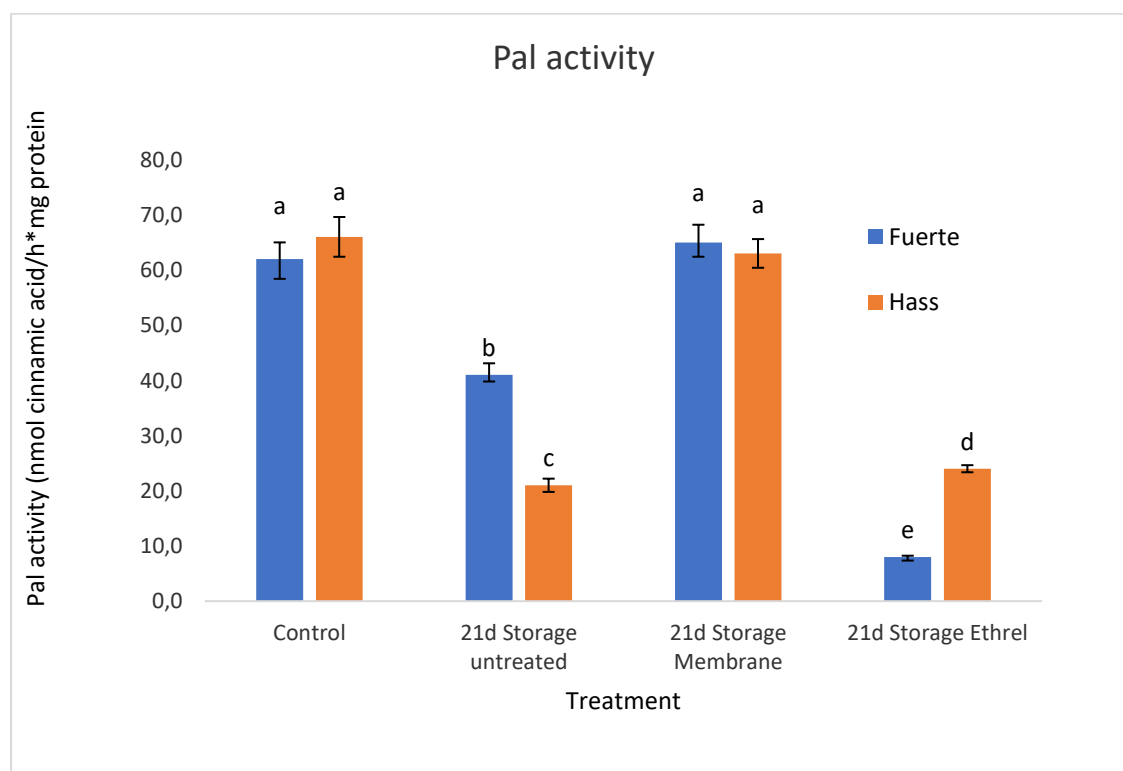
Γράφημα 29: Αποτελέσματα ασκορβικής υπεροξειδάσης ποικιλίες Fuerte και Hass

12.3.2 Αποτελέσματα PAL (Phenylalanine ammonia-lyase)

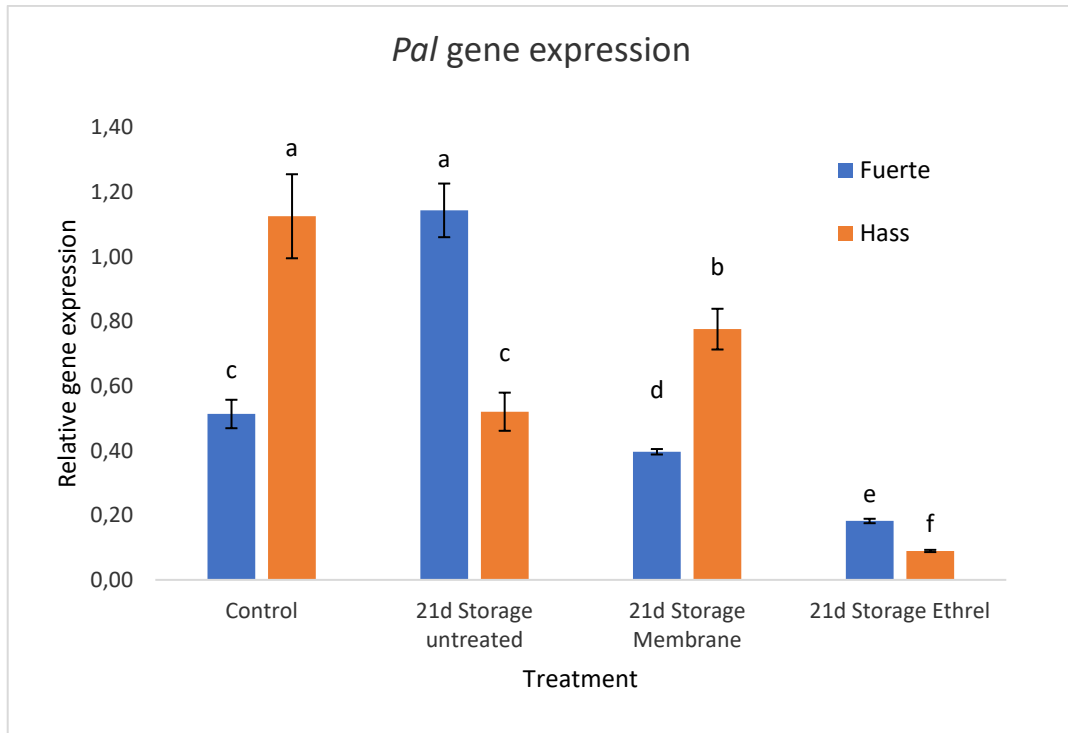
Στον Πίνακα 37 η δραστηριότητα της PAL στην την επέμβαση με την μεμβράνη δείχνει πολύ καλά αποτελέσματα. Όπως φαίνεται και στις δύο ποικιλίες, διατηρήθηκε στα ίδια υψηλά επίπεδα όπως και το control. Ενώ αντίθετα στον μάρτυρα και το Ethrel παρουσιάζεται μεγάλη πτώση. Η ποικιλία Fuerte στην επέμβαση με το Ethrel έχει πολύ σημαντική πτώση σε σύγκριση με την Hass, αλλά και σε σύγκριση με όλες τις επεμβάσεις. Ενώ η Hass παρουσιάζει την ίδια τιμή με τον μάρτυρα και το Ethrel.

Πίνακας 37: Αποτελέσματα Δραστηριότητας PAL

	Pal activity				Τυπική απόκλιση			
	Control	Χωρίς επέμβαση (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)	Μεμβράνη (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)	Ethrel (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)	Control	Χωρίς επέμβαση (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)	Μεμβράνη (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)	Ethrel (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)
Fuerte	62	41	65	8	3	2,1	3,2	0,24
Hass	66	21	63	24	3,6	1,2	2,6	0,64



Γράφημα 30: Δραστηριότητα PAL



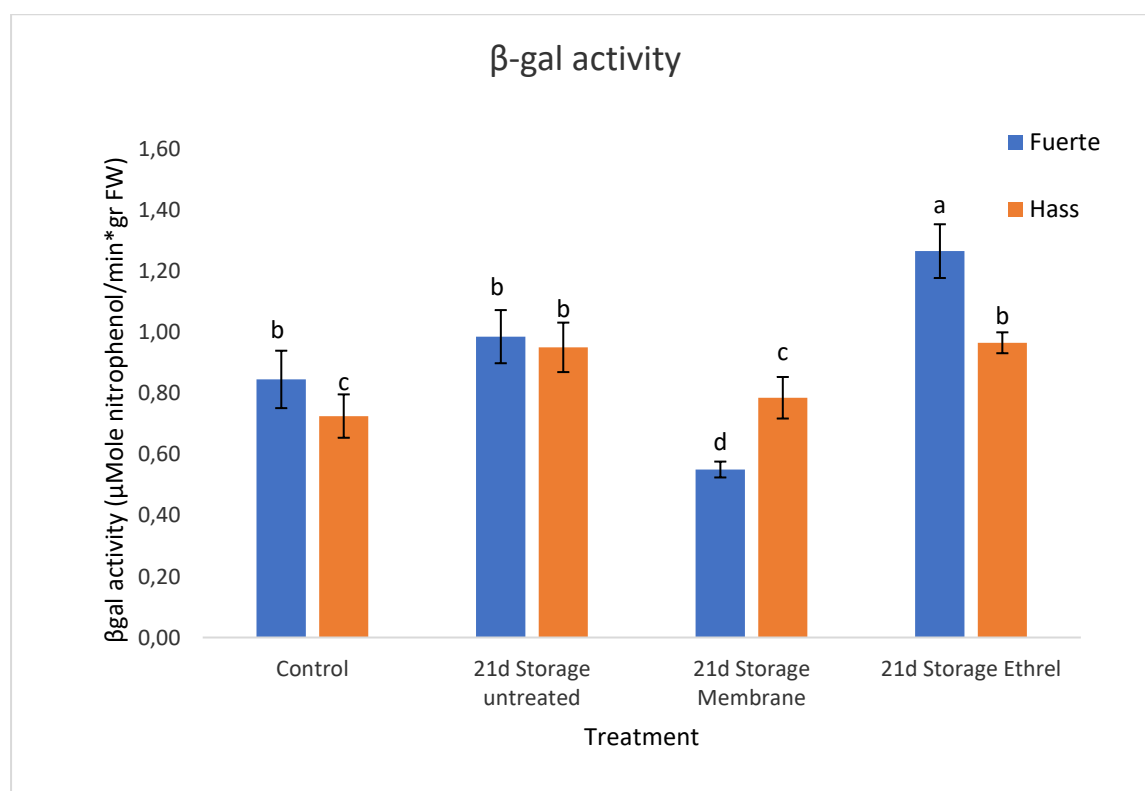
Γράφημα 31: Έκφραση γονιδίου της PAL

12.3.3 Αποτελέσματα β-γαλακτοσιδάσης

Στον Πίνακα 38 η επέμβαση με την μεμβράνη φανερώνει μια πτώση τιμών στην ποικιλία Fuerte, ενώ στον μάρτυρα και το Ethrel παρουσιάζει αύξηση των τιμών. Αντίθετα στη ποικιλία Hass, το control και η επέμβαση με την μεμβράνη παρουσιάζουν στην ουσία ταύτιση τιμών. Τέλος στον μάρτυρα και το Ethrel φαίνεται να συμβαίνει το ίδιο με σχετική ομοιότητα (ταύτιση) τιμών.

Πίνακας 38: Αποτελέσματα δραστηριότητας β-γαλακτοσιδάσης

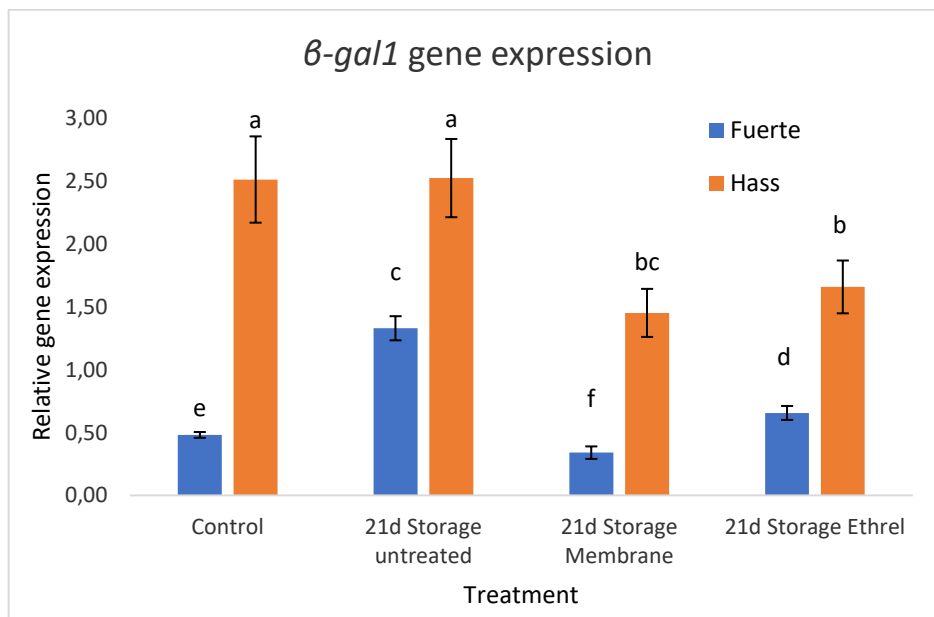
	β-gal activity				Τυπική απόκλιση			
	Control	Χωρίς επέμβαση (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)	Μεμβράνη (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)	Ethrel (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)	Control	Χωρίς επέμβαση (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)	Μεμβράνη (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)	Ethrel (21 μέρες θάλαμο συντήρησης)
Fuerte	0,845	0,985	0,55	1,265	0,094	0,087	0,026	0,088
Hass	0,725	0,95	0,785	0,965	0,071	0,081	0,068	0,0342



Γράφημα 32: Δραστηριότητα β-γαλακτοσιδάσης

Στα γραφήματα που ακολουθούν (Γράφημα 33 έως Γράφημα 36) παρουσιάζεται η έκφραση τεσσάρων γονιδίων που εκφράζουν την β-γαλακτοσιδάση. Αναλυτικότερα στο Γράφημα 33 φαίνεται ότι για το γονίδιο β-gal1 στην ποικιλία Hass εκφράζεται σε μεγαλύτερο

βαθμό από ότι στην ποικιλία Fuerte. Η επέμβαση με την μεμβράνη παρουσιάζει την χαμηλότερη έκφραση από τις άλλες επεμβάσεις και στις 2 ποικιλίες.



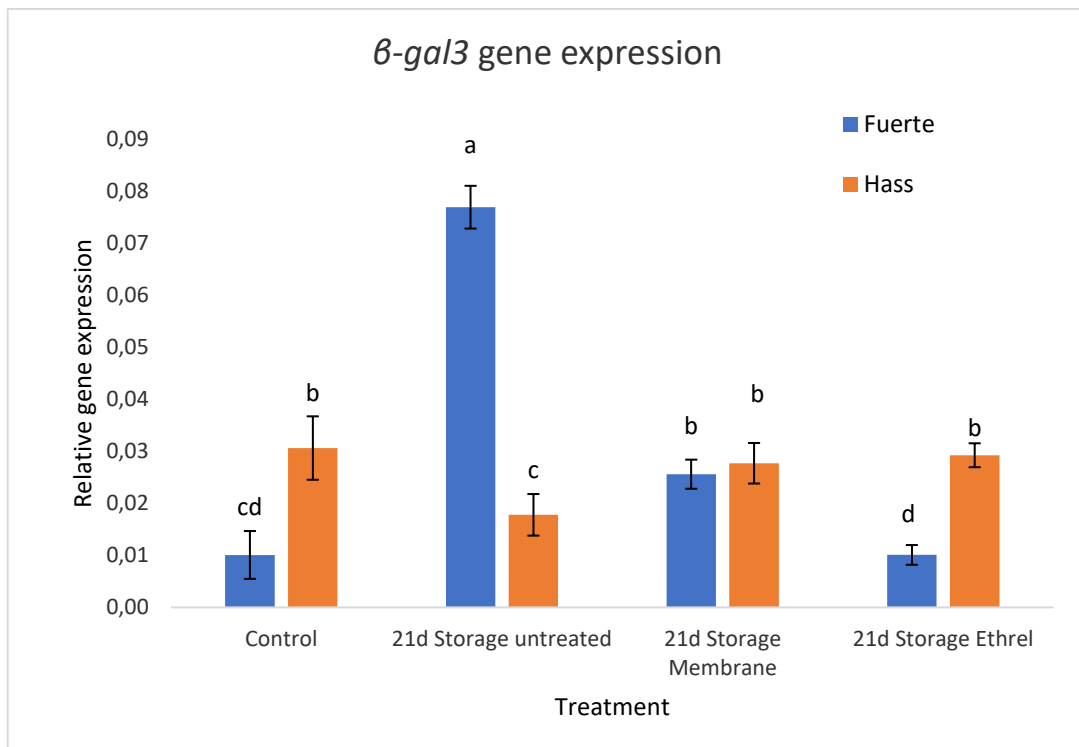
Γράφημα 33: Έκφραση γονιδίου της β-gal1.

Στο Γράφημα 34 στην ποικιλία Fuerte η επέμβαση με την μεμβράνη δείχνει ότι έχει περιορίσει σε πολύ μεγάλο βαθμό την έκφραση του γονιδίου β-gal2 ενώ έχει μειωθεί πολύ πιο κάτω από την αρχική μέτρηση (control). Στη μέτρηση χωρίς επέμβαση το γονίδιο εμφανίζει πολύ μεγαλύτερη έκφραση ενώ με την επέμβαση του Ethrel υπάρχει αύξηση σε σχέση με την αρχική μέτρηση. Η έκφραση του γονιδίου στην ποικιλία Hass είναι διαφορετική. Η αρχική μέτρηση (control) παρουσιάζει την μεγαλύτερη έκφραση ενώ με τις επεμβάσεις υπάρχει μείωση. Στην περίπτωση αυτή η επέμβαση με το Ethrel παρουσιάζει την μικρότερη έκφραση του γονιδίου β-gal2.

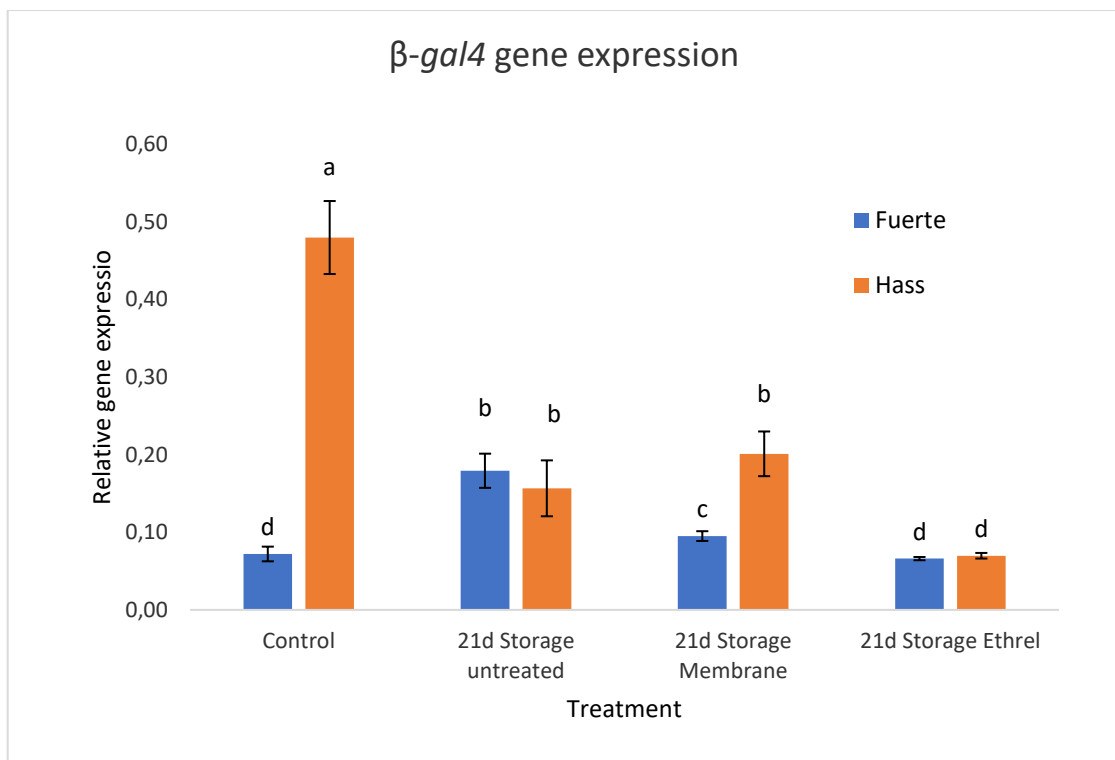


Γράφημα 34: Έκφραση γονιδίου της β-gal2.

Στο γράφημα που ακολουθεί (Γράφημα 35) παρουσιάζεται η έκφραση του γονιδίου β-gal3. Το συγκεκριμένο γονίδιο στην ποικιλία Fuerte παρουσιάζει μεγάλη αύξηση χωρίς επέμβαση, ενώ η επέμβαση με το Ethrel φαίνεται να έχει την πιο μειωμένη έκφραση του γονιδίου. Στην ποικιλία Hass η έκφραση του γονιδίου είναι σχετικά σταθερή στις επεμβάσεις με την μεμβράνη και το Ethrel, ενώ είναι ελαφρώς μειωμένη χωρίς επέμβαση.



Γράφημα 35: Έκφραση γονιδίου της *β-gal3*.



Γράφημα 36: Έκφραση γονιδίου της *β-gal4*.

Το Γράφημα 36 παρουσιάζει την έκφραση του γονιδίου β-gal4. Αυτό το γονίδιο παρουσιάζει την μεγαλύτερη έκφραση στο control της ποικιλίας Hass. Η έκφρασή του χωρίς επέμβαση (21 ημέρες) και στην επέμβαση με την μεμβράνη είναι σχεδόν το ίδιο, ενώ έχει μειωμένη έκφραση στην επέμβαση με το Ethrel. Στην ποικιλία Fuerte η επέμβαση με το Ethrel επίσης παρουσιάζει την χαμηλότερη τιμή. Σε αυτή την ποικιλία χωρίς επέμβαση παρουσιάζεται η μεγαλύτερη έκφραση του γονιδίου ενώ η επέμβαση με την μεμβράνη παρουσιάζει μειωμένη έκφραση σε σχέση με την ποικιλία Hass.

12.3.4 Αποτελέσματα πειραμάτων qPCR

Πίνακας 39: Αλληλουχίες εκκινητών γονιδίων που χρησιμοποιήθηκαν για qPCR

Γονίδιο	Κωδικοποιημένο ένζυμο / πρωτεΐνη Encoded enzyme/protein	Primer sequence	Accession number
βGal 1	Beta galactosidase 1	Sense: GTGGGAGATAGGTGCCATCG Antisense: CCAGCCAGTCCAGAGTTCAG	AB061017
βGal 2	Beta galactosidase 2	Sense: GGCGAGTGAGGTTTCTCCAA Antisense: AAGCCTGCCCCATCTTTCTC	AB252827
βGal 3	Beta galactosidase 3	Sense: GGACTTCCTGGTTTACGGCT Antisense: ATGTGACTCCTGGGAAGTGC	AB252828
βGal 4	Beta galactosidase 4	Sense: GCATTTGCGTTGTGCAATGG Antisense: AAGCTCCCACAAGTCCCAG	AB252829
Pal	Phenylalanine ammonia lyase	Sense: CAATGGAGGATCCGGCCACA Antisense: GTGGCAAACATGGGGTGATG	U16130
Actin	Actin	Sense: GTTATGGTTGGGATGGGGCA Antisense: TCCCTGTTGGCTTTTGGGTT	GU272027

13 Συζήτηση-Παρατηρήσεις πειράματος

Από τα αποτελέσματα του πειράματος που παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι εμφανές ότι η επέμβαση με την μεμβράνη είχε θετικά αποτελέσματα στην διατήρηση των καρπών. Το γεγονός ότι παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο ποικιλίες Hass και Fuerte του πειράματος είναι επίσης αξιοσημείωτο. Αναλυτικότερα στην ποικιλία Hass η επέμβαση με την μεμβράνη είχε πολύ καλό χρωματικό αποτέλεσμα αφού μετά τις 21 μέρες παραμονής στον θάλαμο συντήρησης τα αβοκάντο είχαν σχεδόν το ίδιο χρώμα με την αρχή του πειράματος. Αυτό σημαίνει ότι χρωματικά τα αβοκάντο μετά από 21 μέρες δεν είχε μεταχρωματιστεί ο καρπός, όπως τυπικά συμβαίνει κατά την ωρίμανση της ποικιλίας Hass. Επίσης παρατηρείται ότι στην επέμβαση με το Ethrel και στο μάρτυρα υπάρχει μείωση στην παράμετρο L και η αύξηση στην παράμετρο a του χρώματος. Αυτό το φαινόμενο ίσως αποδίδεται σε καταστροφή των ανθοκυανινών, που έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του χρώματος.

Αντιθέτως στην ποικιλία Fuerte το αποτέλεσμα δεν είχε τόσο μεγάλη διαφορά αφού η μόνη σημαντική διαφορά περιορίστηκε στην παράμετρο h του χρώματος, η οποία παρουσιάζει την διακύμανση των αποχρώσεων από πράσινο σε μαύρο, όπως συμβαίνει στο αβοκάντο κατά την ωρίμανση. Στην μελέτη του ο Hertog (Hertog 2002) μελέτησε την ωρίμανση του αβοκάντο κατά την αλλαγή του χρώματος από πράσινο σε μαύρο, με αποτέλεσμα οι αποχρώσεις (H) να μειώνονται με την πάροδο του χρόνου.

Όσον αφορά την οπτική εμφάνιση του καρπού μακροσκοπικά παρατηρείται ότι στα αβοκάντο της ποικιλίας Hass με την επέμβαση με Ethrel, η σάρκα παρουσίαζε «βουτυρένια» μαλακή υφή και μαυρισμένη επιδερμίδα. Στην ποικιλία Fuerte, στην επέμβαση με Ethrel η επιδερμίδα ήταν σχετικά πράσινη. Στην επέμβαση με την μεμβράνη οι καρποί και από τις δύο ποικιλίες παρουσιάζουν μικρή διαφορά στην εμφάνιση της σάρκας. Στο control (χωρίς επέμβαση) παρουσιάζουν φυσιολογική ωρίμανση και οι δύο ποικιλίες. Σχετικά με την θερμοκρασία υπήρχε και η πιθανότητα λόγω κρουστραυματίσμων να είχαν αναπτύξει μώλωπες και σημάδια μετά το χρονικό περιθώριο παραμονής στον θάλαμο συντήρησης, αφού κάποιος από τους καρπούς είχαν εμφανίσει διάφορα εξωτερικά σημάδια και σημεία σήψης σε περιορισμένο αριθμό καρπών.

Στα αποτελέσματα της τιτλοδοτούμενης οξύτητας που παρουσιάζονται στον Πίνακας 24, υπάρχει διαφορετική συμπεριφορά ανάμεσα στις ποικιλίες Hass και Fuerte. Στην ποικιλία Hass χωρίς κάποια επέμβαση η τιτλοδοτούμενη οξύτητα ήταν σχεδόν ίδια με τον αρχικό μάρτυρα (πτώση 4%). Αντίθετα στην επέμβαση με το Ethrel, υπάρχει μεγάλη αύξηση της οξύτητας κατά 76%. Στην επέμβαση με την μεμβράνη υπάρχει αύξηση στην οξύτητα κατά 27%. Παρατηρούμε ότι στην ποικιλία Hass η την επέμβαση με την μεμβράνη είχε καλύτερο αποτέλεσμα στην οξύτητα σε σχέση με την επέμβαση με το Ethrel, αλλά όχι τόσο καλό αποτέλεσμα όσο χωρίς επέμβαση.

Στην περίπτωση της ποικιλίας Fuerte παρατηρείται το αντίθετο αποτέλεσμα. Δηλαδή χωρίς κάποια επέμβαση παρατηρείται αύξηση στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα κατά 41%. Στην περίπτωση της επέμβασης με την μεμβράνη παρατηρείται πτώση κατά 23% ενώ στην επέμβαση με το Ethrel παρατηρείται πτώση 17%. Στην περίπτωση της ποικιλίας Fuerte η επέμβαση με την μεμβράνη εμφανίζει το καλύτερο αποτέλεσμα.

Στα αποτελέσματα των ολικών διαλυτών στερεών στην ποικιλία Fuerte παρατηρείται αύξηση στον βαθμό Brix κατά 55% στην μέτρηση χωρίς επέμβαση. Στην επέμβαση με την μεμβράνη παρατηρείται αύξηση κατά 22% ενώ κατά την επέμβαση με Ethrel παρατηρείται αύξηση κατά 66%. Από αυτά τα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι στην ποικιλία Fuerte την μεγαλύτερη αύξηση σε σάκχαρα είχε η επέμβαση με το Ethrel ενώ η επέμβαση με την μεμβράνη είχε την μικρότερη αύξηση σε σάκχαρα. Αυτό το αποτέλεσμα σημαίνει ότι η την επέμβαση με την μεμβράνη καθυστέρησε την ωρίμανση του καρπού.

Τα αποτελέσματα των ολικών διαλυτών στερεών για την ποικιλία Hass παρουσιάζουν το αντίθετο αποτέλεσμα σε σχέση με την Fuerte. Στην περίπτωση χωρίς επέμβαση υπήρξε μικρή αύξηση κατά 6%. Στην επέμβαση με την μεμβράνη παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση στον βαθμό Brix κατά 120% ενώ στην επέμβαση με το Ethrel παρατηρήθηκε αύξηση κατά 53%. Στην ποικιλία Hass η επέμβαση με την μεμβράνη παρουσιάζει την μεγαλύτερη αύξηση στα σάκχαρα.

Στην μέτρηση των αποτελεσμάτων της συνεκτικότητας σάρκας η επέμβαση με την μεμβράνη παρουσιάζει με μεγάλη διαφορά τα καλύτερα αποτελέσματα και στις δύο ποικιλίες του πειράματος. Στην μέτρηση χωρίς επέμβαση στην ποικιλία Fuerte η συνεκτικότητα είχε μείωση 88% και η επέμβαση με το Ethrel είχε μείωση 92%. Η επέμβαση με την μεμβράνη είχε μείωση μόνο 13% οδηγώντας σε σημαντικά σκληρότερους καρπούς. Στην ποικιλία Hass η συνεκτικότητα χωρίς επέμβαση είχε μείωση 83% ενώ η επέμβαση με το Ethrel είχε μείωση 93%. Ενώ στην επέμβαση με την μεμβράνη η μείωση ήταν μόνο 5,5%.

Τα αποτελέσματα της αναπνοής παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες. Το ποσοστό απελευθέρωσης CO₂% χωρίς επέμβαση στην ποικιλία Fuerte ήταν αυξημένο κατά 165% σε σχέση με την αρχή του πειράματος. Στην επέμβαση με την μεμβράνη η αύξηση ήταν μεγαλύτερη 210% και η επέμβαση με το Ethrel είχε την μικρότερη αύξηση 62%. Στην ποικιλία Hass τα αποτελέσματα είχαν την ίδια περίπου συμπεριφορά. Χωρίς επέμβαση η αύξηση ήταν 71%, στην επέμβαση με την μεμβράνη η αύξηση ήταν λίγο μεγαλύτερη 75% ενώ στην επέμβαση με το Ethrel η αύξηση ήταν μικρότερη 22%. Η επέμβαση με την μεμβράνη είχε την μεγαλύτερη αύξηση στο ποσοστό απελευθέρωσης CO₂% ενώ η επέμβαση με το Ethrel είχε την μικρότερη.

Στην περίπτωση των μετρήσεων των ολικών φαινολικών παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις μεταξύ των ποικιλιών Hass και Fuerte. Στην περίπτωση της Fuerte χωρίς επέμβαση υπάρχει μείωση κατά 50,6%. Στην επέμβαση με την μεμβράνη παρουσιάζεται μικρή μείωση κατά 16% και τέλος στην επέμβαση με το Ethrel εμφανίζεται μικρή αύξηση κατά 3%. Στην ποικιλία Hass τα αποτελέσματα είναι πολύ διαφορετικά αφού στην περίπτωση χωρίς επέμβαση υπάρχει σημαντική αύξηση κατά 69%, στην επέμβαση με την μεμβράνη υπάρχει αύξηση κατά 29% και τέλος στην επέμβαση με το Ethrel υπάρχει μείωση κατά 9,7%. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι στην ποικιλία Fuerte υπάρχει μείωση χωρίς κάποια επέμβαση και στην συνέχεια με τις επεμβάσεις παρατηρείται αυξητική πορεία. Στην ποικιλία Hass το αποτέλεσμα είναι το αντίθετο δηλαδή υπάρχει μια αύξηση χωρίς επέμβαση και στην συνέχεια παρατηρείται καθοδική πορεία με τις επεμβάσεις.

Στην δραστηριότητα της ασκορβικής υπεροξειδάσης (APX activity) παρατηρούνται μικρές διαφορές στην συμπεριφορά μεταξύ των δύο ποικιλιών του πειράματος. Στην ποικιλία Fuerte χωρίς επέμβαση παρατηρείται αύξηση κατά 23%. Στην επέμβαση με την μεμβράνη παρατηρείται μείωση κατά 35,6% και στην επέμβαση με το Ethrel μείωση κατά 54,4%. Στην

ποικιλία Hass χωρίς επέμβαση παρατηρείται μείωση κατά 26,4%. Στην επέμβαση με την μεμβράνη παρατηρείται η μεγαλύτερη μείωση κατά 69,3% και η επέμβαση με Ethrel παρουσιάζει μείωση κατά 59,5%. Στην ποικιλία Hass η επέμβαση με την μεμβράνη φαίνεται να έχει την μεγαλύτερη μείωση. Επίσης ενδιαφέρον είναι ότι στην επέμβαση με το Ethrel οι δύο ποικιλίες έχουν το ίδιο ποσοστό. Κατά την διαδικασία της μέτρησης της APX στην ποικιλία Fuerte παρατηρήθηκε λίγο μαύρισμα στον ιστό. Η μέτρηση δεν παρουσίασε σταθεροποίηση σε κάποια τιμή, γι' αυτό το λόγο έγινε εκτίμηση των αποτελεσμάτων της δράσης. Επίσης χρειαζόταν να γίνει χρήση φίλτρου για τα οξέα, με αυτό τον τρόπο πιθανόν οι τιμές να ήταν πιο ξεκάθαρες, όμως και πάλι η μέτρηση είναι αξιόπιστη.

Στην μέτρηση της δραστηριότητας της PAL η επέμβαση με την μεμβράνη παρουσιάζει πολύ καλά αποτελέσματα και στις δύο ποικιλίες του πειράματος. Αναλυτικότερα στην ποικιλία Fuerte χωρίς επέμβαση εμφανίζεται μείωση κατά 33,9%. Αντιθέτως επέμβαση με την μεμβράνη εμφανίζει μικρή αύξηση κατά 4,8% και τέλος η επέμβαση με το Ethrel εμφανίζει μεγάλη μείωση κατά 87%. Στην ποικιλία Hass χωρίς επέμβαση εμφανίζεται μεγάλη μείωση κατά 68,2%. Στην επέμβαση με την μεμβράνη εμφανίζεται πολύ μικρή πτώση κατά 4,5% και η επέμβαση με το Ethrel εμφανίζει μεγάλη μείωση κατά 63,6%. Η επέμβαση με την μεμβράνη εμφανίζει εξαιρετικά αποτελέσματα στην δραστηριότητα της PAL και στις δυο ποικιλίες του πειράματος, ενώ οι μετρήσεις είναι πολύ κοντά στις αρχικές μετρήσεις στο ξεκίνημα του πειράματος.

Όσον αφορά την δραστικότητα της PAL διαπιστώνεται ότι η χρήση μεμβράνης κατά την αποθήκευση έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση της δραστικότητας του ενζύμου σε επίπεδα συγκρίσιμα με τον Μάρτυρα. Η δραστικότητα της PAL στα αποθηκευμένα αβοκάντο που δεν είχαν δεχτεί μεταχείριση είναι μεγαλύτερη από τους καρπούς που δέχτηκαν επέμβαση με Ethrel. Η έκφραση των γονιδίων ως πρότυπο, σε γενικές γραμμές ακολουθεί την δραστικότητα εκτός από τους καρπούς της ποικιλίας Fuerte που αποθηκεύτηκαν για 21 ημέρες χωρίς επέμβαση. Μετασυλλεκτικές επεμβάσεις σε καρπούς Αβοκάντο που επιμηκύνουν την μετασυλλεκτική ζωή των καρπών είναι συνδεδεμένες με ενισχυμένη δραστικότητα της PAL. Η παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών από το μονοπάτι των φαινολικών συνδέεται εκτός των άλλων με την αντοχή στις μετασυλλεκτικές σήψεις (Obianom, Romanazzi, and Sivakumar 2019) αλλά και με την υψηλότερη αντιοξειδωτική δραστικότητα των καρπών (Sellamuthu et al. 2013).

Η σημαντικότητα της β-γαλακτοσιδάσης για το μαλάκωμα των καρπών του avocado έχει υπογραμμιστεί και από άλλες επιστημονικές μελέτες (Defilippi et al. 2018) καθώς το ένζυμο θεωρείται κυρίαρχος ρυθμιστής για την τροποποίηση των κυτταρικών μεμβρανών του καρπού που λαμβάνει χώρα κατά την ωρίμανση. Η δραστικότητα της β-γαλακτοσιδάσης ήταν σχετικά υψηλότερη στους καρπούς που αποθηκεύτηκαν μετά από επέμβαση με Ethrel καθώς και στους καρπούς που αποθηκεύτηκαν χωρίς καμία επέμβαση. Στους καρπούς που αποθηκεύτηκαν με χρήση μεμβράνης η δραστικότητα του ενζύμου ήταν σημαντικά μικρότερη (Fuerte) ή συγκρίσιμη με τους φρεσκο-συγκομισμένους καρπούς. Τα πρότυπα έκφρασης των γονιδίων που κωδικοποιούν τα ισσένζυμα της β-γαλακτοσιδάσης παρουσίασε σημαντικές διαφορές στις επεμβάσεις του πειράματος. Ωστόσο η β-γαλακτοσιδάση 1 (β-gal1) παρουσίασε πρότυπο έκφρασης συγκρίσιμο με την ενζυμική δραστικότητα της ποικιλίας Hass, όπως και η β-gal2 όσον αφορά την ποικιλία Fuerte. Η β-gal 3 παρουσίασε διαφορετικό πρότυπο σε σχέση με την δραστικότητα του ενζύμου και για τις δύο ποικιλίες. Τα ένζυμα που προκαλούν μαλάκωμα των καρπών (κυρίως οι υδρολάσες) όπως η β-γαλακτοσιδάση

εμποδίζονται με τη χρήση επεμβάσεων που καθυστερούν την διαδικασία της ωρίμανσης όπως η χρήση μεμβρανών αλλά και του 1-MCP (Defilippi et al. 2018). Ως αποτέλεσμα παρατηρείται αυξημένη συνεκτικότητα και μειωμένη συγκέντρωση διαλυτών στερεών.

Οι παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πείραμα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η χρήση μεμβράνης οδήγησε στην αποτελεσματική μείωση της δραστηριότητας της β-γαλακτοσιδάσης όπως φαίνεται από τα test της μέτρησης της ταχύτητας της αντίδρασης υδρόλυσης (ενζυμική δραστηριότητα) αλλά και από την έκφραση των γονιδίων. Η β-γαλακτοσιδάση κωδικοποιείται από μια μεγάλη οικογένεια ενζύμων με διαφορετική ρύθμιση καθώς εμπλέκονται σε μια μεγάλη ποικιλία φυσιολογικών διεργασιών. Σε αυτό πιθανά οφείλονται οι διαφορές στα πρότυπα έκφρασης των γονιδίων. Το γεγονός αυτό καταγράφηκε και από τους (Tateishi et al. 2007) οι οποίοι αναφέρουν ότι το ισοένζυμο β-gal1 είναι αυτό που συνδέεται με την ωρίμανση των καρπών και το μαλάκωμα τους ενώ τα υπόλοιπα ισοένζυμα πιθανά εμπλέκονται σε κάποιο βαθμό με τον μεταβολισμό της γαλακτόζης στα κύτταρα και τα κυτταρικά τοιχώματα. Τέλος η μειωμένη σχετική έκφραση των γονιδίων που κωδικοποιούν την β-γαλακτοσιδάση στους καρπούς που είχαν δεχτεί επέμβαση με Ethrel πιθανότατα οφείλεται στο ότι στους καρπούς αυτούς έχει ξεκινήσει η υπερ-ωρίμανση ενώ πιθανά υπάρχει πλέον μειωμένη διαθεσιμότητα υποστρώματος που οδηγεί στην μείωση της έκφρασης των γονιδίων. Το φαινόμενο αυτό έχει παρατηρηθεί σε υπερώριμους καρπούς ντομάτας από τους (Smith and Gross 2000).

Αναλυτικότερα τα αποτελέσματα των μετρήσεων της β-γαλακτοσιδάσης ήταν παρόμοια και στις δυο ποικιλίες. Στην περίπτωση της ποικιλίας Fuerte χωρίς επέμβαση παρατηρήθηκε μικρή αύξηση κατά 16,5%. Στην επέμβαση με την μεμβράνη παρατηρείται μείωση κατά 35% ενώ στην επέμβαση με το Ethrel παρατηρείται μεγάλη αύξηση κατά 49,7%. Στην ποικιλία Hass χωρίς επέμβαση παρατηρείται αύξηση κατά 31%. Στην επέμβαση με την μεμβράνη υπάρχει στοιχειώδης αύξηση κατά 8,2% ενώ στην επέμβαση με το Ethel υπάρχει αύξηση κατά 33,1%. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η επέμβαση με την μεμβράνη εκδηλώνει τα καλύτερα αποτελέσματα αφού έχει την μικρότερη τιμή. Η β-γαλακτοσιδάση είναι ένζυμο που σχετίζεται με το μαλάκωμα των ιστών του καρπού, κατά συνέπεια όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό αύξησής της, τόσο αυξάνεται και το μαλάκωμα των καρπών.

Κατά την διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος όταν γινόντουσαν οι τομές στα αβοκάντο είχε παρατηρηθεί μαύρισμα του ιστού όπως και μετά από την εξαγωγή του ιστού από τον υπερκαταψύκτη καθώς ερχόταν σε θερμοκρασία δωματίου. Η αμαύρωση του φυτικού ιστού προκύπτει τόσο από την ενζυματική όσο και από την μη ενζυματική οξειδωση των φαινολικών ενώσεων. Μόλις τα κυτταρικά τοιχώματα και οι κυτταρικές μεμβράνες χάνουν την ακεραιότητά τους, η ενζυμική οξειδωση προχωρά γρηγορότερα. Το ενζυματικό μαύρισμα ή ενζυμική αμαύρωση είναι ένα έμμεσο αποτέλεσμα της δράσης της πολυφαινολικής οξειδάσης (PPO). Αυτή η αντίδραση προκύπτει από την καταλυόμενη από PPO (polyphenol oxidase) οξειδωση των φαινολικών ενώσεων σε o-quinones οι οποίες στη συνέχεια πολυμερίζονται για να σχηματίσουν σκουρόχρωμες χρωστικές ουσίες.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή παρουσιάζει έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον και δίνει την δυνατότητα συνέχειας περαιτέρω έρευνας που θα πραγματοποιηθεί από τη συγκεκριμένη εργασία όπως και αναζήτηση νέων δεδομένων. Η επέμβαση με την μεμβράνη παρουσιάζει εξαιρετικά αποτελέσματα τόσο σε ποιοτικά χαρακτηριστικά όσο και σε ενζυμικές μετρήσεις. Αφού φαίνεται να καθυστερεί την ωρίμανση χωρίς την χρήση χημικών

ουσιών και κατά συνέπεια έχει την δυνατότητα να επεκτείνει την διάρκεια της μετασυλλεκτικής ζωής του αβοκάντο. Παρατηρούνται όμως σπουδαίες διαφοροποιήσεις μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών. Τα αποτελέσματα είναι αρκετά ενδιαφέροντα αλλά χρειάζονται περαιτέρω έρευνες και σε άλλες ποικιλίες, ώστε να μπορούν να εξαχθούν ακόμα πιο ευρεία συμπεράσματα. Καθώς επίσης περαιτέρω έρευνα που θα περιλαμβάνει και άλλες παραμέτρους που δεν διερευνήθηκαν στην παρούσα εργασία. Επίσης είναι σημαντικό να διερευνηθούν και άλλοι μέθοδοι τροποποιημένης ατμόσφαιρας στον αβοκάντο, όπως για παράδειγμα ατομική συσκευασία.

Πίνακας 40: Συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων των δύο ποικιλιών στην επέμβαση με την μεμβράνη

Επέμβαση με Μεμβράνη	
Hass	Fuerte
Πολύ θετικά αποτελέσματα για το χρώμα σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις.	Δεν υπήρχε μεγάλη χρωματική διαφορά σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις
Αύξηση στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα σε σχέση με τον μάρτυρα	Μείωση στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα σε σχέση με τον μάρτυρα
Πολύ αυξημένα σάκχαρα (βαθμό Brix) σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις	Μειωμένα σάκχαρα (βαθμός Brix) σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις
Πολύ αυξημένη συνεκτικότητα σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις	Πολύ αυξημένη συνεκτικότητα σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις
Απελευθέρωση CO ₂ είναι σχεδόν ίδια με την μέτρηση χωρίς επέμβαση	Απελευθέρωση CO ₂ είναι σχεδόν ίδια με την μέτρηση χωρίς επέμβαση
Μειωμένη μέτρηση ολικών φαινολικών σε σχέση με το μάρτυρα	Αυξημένη μέτρηση ολικών φαινολικών σε σχέση με το μάρτυρα
Μειωμένη δραστηριότητα ασκορβικής υπεροξειδάσης (APX) σε σχέση με χωρίς επέμβαση	Μειωμένη δραστηριότητα ασκορβικής υπεροξειδάσης (APX) σε σχέση με χωρίς επέμβαση
Σημαντικά αυξημένη δραστηριότητα PAL σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις	Σημαντικά αυξημένη δραστηριότητα PAL σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις
Μειωμένη δραστηριότητα β-γαλακτοσιδάσης σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις	Μειωμένη δραστηριότητα β-γαλακτοσιδάσης σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις

14 Παράρτημα 1

Πίνακας 41: Συγκεντρωτικός πίνακας αρχικών μετρήσεων ολικών διαλυτών στερεών / βαθμός Brix και pH (αρχική μέτρηση Ιούνιος)

	Ολικά διαλυτά στερεά (βαθμός Brix)				
	Fuerte		Hass		
	pH	Σάκχαρα (βαθμός Brix)		pH	Σάκχαρα (βαθμός Brix)
Χ. Ε. (Μ)*	6,16	1	Χ. Ε. (Μ)*	6,22	0,8
Μάρτυρας	6,425	0,8	Μάρτυρας	6,33	1,1
Ethrel	6,372	0,9	Ethrel	6,235	1

Χ.Ε.* =Χωρίς επέμβαση (Μ)

15 Βιβλιογραφία – References

- Assis, Joston S., Roberto Maldonado, Teresa Muñoz, María I. Escribano, and Carmen Merodio. 2001. "Effect of High Carbon Dioxide Concentration on PAL Activity and Phenolic Contents in Ripening Cherimoya Fruit." *Postharvest Biology and Technology* 23 (1): 33–39. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00100-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00100-4).
- "Avocado - Wikipedia." n.d. Accessed May 2, 2020. <https://en.wikipedia.org/wiki/Avocado>.
- Bender, Gary, and Farm Advisor. n.d. "Lamb Hass vs Hass Avocado Are We Missing Something??"
- Bender, Gary S. n.d. "Chapter 2 Avocado Botany and Commercial Cultivars Grown in California."
- Blakey, Robert J., Samson Z Tesfay, Nhlanhla Mathaba, Isa Bertling, and John P Bower. 2012. "Some Initial Changes in 'Hass' Avocado (*Persea Americana* Mill.) Physiology Due to Ethephon." *International Journal of Postharvest Technology and Innovation* 2 (4): 334–44. <https://doi.org/10.1504/IJPTI.2012.050980>.
- Chatzinasiou, E., C. I. Dovas, M. Papanastassopoulou, M. Georgiadis, V. Psychas, I. Bouzalas, M. Koumbati, G. Koptopoulos, and O. Papadopoulos. 2010. "Assessment of Bluetongue Viraemia in Sheep by Real-Time PCR and Correlation with Viral Infectivity." *Journal of Virological Methods* 169 (2): 305–15. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2010.07.033>.
- Cowan, A. Keith, Clive S. Moore-Gordon, Isa Bertling, and B. Nigel Wolstenholme. 1997. "Metabolic Control of Avocado Fruit Growth. Isoprenoid Growth Regulators and the Reaction Catalyzed by 3-Hydroxy-3-Methylglutaryl Coenzyme A Reductase." *Plant Physiology* 114 (2): 511–18. <https://doi.org/10.1104/pp.114.2.511>.
- Defilippi, Bruno G., Troy Ejsmentewicz, María Paz Covarrubias, Orianne Gudenschwager, and Reinaldo Campos-Vargas. 2018. "Changes in Cell Wall Pectins and Their Relation to Postharvest Mesocarp Softening of 'Hass' Avocados (*Persea Americana* Mill.)." *Plant Physiology and Biochemistry* 128 (July): 142–51. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.05.018>.
- Dreher, Mark L., and Adrienne J. Davenport. 2013. "Hass Avocado Composition and Potential Health Effects." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53 (7): 738–50. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>.
- Drew, R A, and M. K. Smith. 2010. "Applications of Biotechnology to Tropical Fruit Crops in Queensland, Australia." In *Acta Horticulturae*, 864:109–16.
- "Ethephon - Wikipedia." n.d. Accessed January 21, 2020. <https://en.wikipedia.org/wiki/Ethephon>.
- "Everything You Need to Know About Avocados." n.d. Accessed January 21, 2020. <https://www.webmd.com/food-recipes/all-about-avocados>.
- Feng, Xuqiao, Akiva Apelbaum, Edward C. Sisler, and Raphael Goren. 2000. "Control of Ethylene Responses in Avocado Fruit with 1-Methylcyclopropene." *Postharvest Biology and Technology* 20 (2): 143–50. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00126-5](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00126-5).
- Hershkovitz, Vera, Sam I. Saguy, and Edna Pesis. 2005. "Postharvest Application of 1-MCP to Improve the Quality of Various Avocado Cultivars." *Postharvest Biology and Technology* 37 (3): 252–64. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.05.003>.
- Hertog, Maarten L A T M. 2002. "The Impact of Biological Variation on Postharvest Population Dynamics." *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 26. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/09255214>.
- Huang, Dejian, O. U. Boxin, and Ronald L. Prior. 2005. "The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (6): 1841–56. <https://doi.org/10.1021/jf030723c>.

- JIANG, Chengyao, Masahumi JOHKAN, Masaaki HOHJO, Satoru TSUKAGOSHI, and Toru MATURO. 2017. "A Correlation Analysis on Chlorophyll Content and SPAD Value in Tomato Leaves." *食と緑の科学 = HortResearch* 71: 37–42. <https://doi.org/10.20776/S18808824-71-P37>.
- Lang, C., and T. Hübert. 2012. "A Colour Ripeness Indicator for Apples." *Food and Bioprocess Technology* 5 (8): 3244–49. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0694-4>.
- Liang, Ying, Daisuke Urano, Kang-Ling Liao, Tyson L Hedrick, Yajun Gao, and Alan M Jones. n.d. "A Nondestructive Method to Estimate the Chlorophyll Content of Arabidopsis Seedlings." Accessed January 20, 2020. <https://doi.org/10.1186/s13007-017-0174-6>.
- Lincoln, Taiz, Eduardo Zeiger, and Κωνσταντίνος Θάνος. 2012. *Φυσιολογία Φυτών*. 5η Αμερικά. Αθήνα: Utopia.
- Maliogka, Varvara I., Antonio Olmos, Polyxeni G. Pappi, Leonidas Lotos, Konstantinos Efthimiou, Garyfalia Grammatikaki, Thierry Candresse, Nikolaos I. Katis, and Apostolos D. Avgelis. 2015. "A Novel Grapevine Badnavirus Is Associated with the Roditis Leaf Discoloration Disease." *Virus Research* 203 (May): 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2015.03.003>.
- Meadows, Laurie. n.d. "Avocado Cultivar Reed." Accessed January 21, 2020. http://www.lauriemeadows.info/food_garden/fruit/Avocado_cv_Reed.html.
- "Mexican Students Develop a Protective Film for Avocados." n.d. Accessed January 21, 2020. <https://www.freshplaza.com/article/9090106/mexican-students-develop-a-protective-film-for-avocados/?fbclid=IwAR2hzK2-wh6bAn7IA9QG3Nag6OyuDesbpr4NlrkZMRRqosa7vllj9Rdg8b4>.
- Obianom, Chinelo, Gianfranco Romanazzi, and Dharini Sivakumar. 2019. "Effects of Chitosan Treatment on Avocado Postharvest Diseases and Expression of Phenylalanine Ammonia-lyase, Chitinase and Lipoxygenase Genes." *Postharvest Biology and Technology* 147 (January): 214–21. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.10.004>.
- "Open EClass TEI Θεσσαλίας | Μορφολογία - Φυσιολογία Φυτών." n.d. TEI Θεσσαλίας - ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ. Accessed May 2, 2020. <https://e-class.teilar.gr/courses/DAS112/>.
- Panchuk, Irina I., Roman A. Volkov, and Friedrich Schöffl. 2002. "Heat Stress- and Heat Shock Transcription Factor-Dependent Expression and Activity of Ascorbate Peroxidase in Arabidopsis." *Plant Physiology* 129 (2): 838–53. <https://doi.org/10.1104/pp.001362>.
- Passam, Harold Christopher, Eleni Tsantili, Miltiadis Christopoulos, Mina Kafkaletou, Alexios Alexopoulos, Ioannis Karapanos, Χάρολντ-Κρίστοφερ Πάσσαμ, et al. 2016. "Κεφάλαιο 3. Αλλαγές Στη Φυσιολογία Των Οπωροκηπευτικών Μετά Τη Συγκομιδή Σύνοψη."
- Pathare, Pankaj B., Umezuruike Linus Opara, and Fahad Al Julanda Al-Said. 2013. "Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review." *Food and Bioprocess Technology*. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>.
- Posbus, P O Box. 2016. "South African Avocado Growers ' Association Suid-Afrikaanse Avokadokwekersvereniging," no. 015: 3076792.
- Prior, Ronald L., Xianli Wu, and Karen Schaich. 2005. "Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (10): 4290–4302. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>.
- "Puebla Avocados Information, Recipes and Facts." n.d. Accessed January 15, 2020. https://www.specialtyproduce.com/produce/Puebla_Avocados_10594.php.
- "Reed Avocados Information, Recipes and Facts." n.d. Accessed January 21, 2020. https://www.specialtyproduce.com/produce/Reed_Avocados_7521.php.
- "SA-β-Gal - Βικιπαίδεια." n.d. Accessed May 2, 2020. <https://el.wikipedia.org/wiki/SA-β-gal>.
- Saucedo-Carabez, J. R., D. Téliz-Ortiz, S. Ochoa-Ascencio, D. Ochoa-Martínez, M. R. Vallejo-

- Pérez, and H. Beltrán-Peña. 2014. "Effect of Avocado Sunblotch Viroid (ASBVd) on Avocado Yield in Michoacan, Mexico." *European Journal of Plant Pathology* 138 (4): 799–805. <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0354-9>.
- Schaffer, Bruce, Nigel Wolstenholme, and Antony Whiley. 2002. *The Avocado: Botany, Production, and Uses*. CABI Pub.
- Sellamuthu, Periyar Selvam, Mpho Mafune, Dharini Sivakumar, and Puffy Soudy. 2013. "Thyme Oil Vapour and Modified Atmosphere Packaging Reduce Anthracnose Incidence and Maintain Fruit Quality in Avocado." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93 (12): 3024–31. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6135>.
- Singleton, Vernon L., Rudolf Orthofer, and Rosa M. Lamuela-Raventós. 1999. "Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent." *Methods in Enzymology* 299 (January): 152–78. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1).
- Smith, David L., and Kenneth C. Gross. 2000. "A Family of at Least Seven β -Galactosidase Genes Is Expressed during Tomato Fruit Development." *Plant Physiology* 123 (3): 1173–83. <https://doi.org/10.1104/pp.123.3.1173>.
- Steyn, E. M.A., P. J. Robbertse, and D. Smith. 1993. "An Anatomical Study of Ovary-to-Cuke Development in Consistently Low-Producing Trees of the 'Fuerte' Avocado (*Persea Americana* Mill.) with Special Reference to Seed Abortion." *Sexual Plant Reproduction* 6 (2): 87–97. <https://doi.org/10.1007/BF00227653>.
- Süß, Andreas, Martin Danner, Christina Obster, Matthias Locherer, Tobias Hank, and Katja Richter. n.d. "Measuring Leaf Chlorophyll Content with the Konica Minolta SPAD-502Plus EnMAP Field Guides Technical Report." Accessed January 20, 2020. <https://doi.org/10.2312/enmap.2015.010>.
- Tateishi, Akira, Hajime Shiba, Jun Ogihara, Katsunori Isobe, Kazunari Nomura, Keiichi Watanabe, and Hiroaki Inoue. 2007. "Differential Expression and Ethylene Regulation of β -Galactosidase Genes and Isozymes Isolated from Avocado (*Persea Americana* Mill.) Fruit." *Postharvest Biology and Technology* 45 (1): 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.01.009>.
- "The 10 Healthiest and Least Healthy Oils to Cook With | Time." n.d. Accessed January 21, 2020. <https://time.com/5342337/best-worst-cooking-oils-for-your-health/>.
- Tsaniklidis, Georgios, Argirios Benovias, Costas Delis, and Georgios Aivalakis. 2016. "Acidic Alpha Galactosidase during the Maturation and Cold Storage of Cherry Tomatoes." *Acta Physiologiae Plantarum* 38 (2): 1–9. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2075-0>.
- Wagner, Stefan, and H. Breiteneder. 2002. "The Latex-Fruit Syndrome." In *Biochemical Society Transactions*, 30:935–40. <https://doi.org/10.1042/BST0300935>.
- Whiley, A.W., and B. Schaffer. 1994. "Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops Volume 1. Temperate Crops; Volume 2. Subtropical and Tropical Crops." *Tree Physiology* 14 (10): 1201–1201. <https://doi.org/10.1093/treephys/14.10.1201>.
- "Why Do Avocados Turn Red?" n.d. Accessed January 21, 2020. <https://sciencing.com/do-avocados-turn-red-8753009.html>.
- Zhifang, Gao, and Arthur A. Schaffer. 1999. "A Novel Alkaline α -Galactosidase from Melon Fruit with a Substrate Preference for Raffinose." *Plant Physiology* 119 (3): 979–87. <https://doi.org/10.1104/pp.119.3.979>.
- "Αβοκάντο Φυτό - GAIAPedia." n.d. Accessed January 15, 2020. http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Αβοκάντο_φυτό.
- ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ. 2003. "ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ SPARTACUS F1." ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ.
- "Αιθένιο - Βικιπαίδεια." n.d. Accessed January 21, 2020.

- <https://el.wikipedia.org/wiki/Αιθέριο>.
- Ανδρονικάκης, Αντώνης. n.d. “Καλπάζει Το Αβοκάντο Στην Εγχώρια Αγορά.” Accessed May 2, 2020. <https://www.yraithros.gr/kalpazei-avokanto-egchoria-agera/>.
- Βαρίκου, Κική, Νεκτάριος Κουργιαλάς, Ματθαίος Μαθιουδάκης, Θηρεσία-Τερέζα Τζατζάνη, and Γεώργιος Ψαρράς. n.d. “Η Καλλιέργεια Του Αβοκάντο Βασικές Αρχές.” Χανιά. Accessed January 15, 2020. https://www.elgo.gr/images/ioanna/periodiko/Teychos_22/AVOCADO.PDF.
- “Ελιά: Πως Να Μειώσουμε Την Παρεναιτοφορία Στα Ελαιόδεντρα | Yara Ελλάς.” n.d. Accessed January 15, 2020. <https://www.yara.gr/threpsi-lipansi/lipansh-elias/elia-meiwsh-pareniaytoforias/>.
- Ζωάκη-Μαλισιόβα, Δήμητρα. n.d. *Γενική Φυτοπαθολογία Θεωρία Ενότητα 2: Συμπτωματολογία*. Εκπαιδευτικό, Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου.
- “Η ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΤΩΝ ΕΣΠΕΡΙΔΟΕΙΔΩΝ.” n.d. Accessed May 25, 2019. <http://www.prepac.gr/0010000275/αποθηκευση-εσπεριδοειδων.html>.
- Θάνος, Κωνσταντίνος. 2017. *Φυσιολογία Και Ανάπτυξη Φυτών*. 6η Αμεκάνι. Utopia.
- Θερμόπουλος, Μιχάλης. 2019. “Το Ξέρατε Αυτό Για Το Κουκούτσι Του Αβοκάντο; Μην Το Πετάτε Γιατί.” 2019. <https://www.iatropedia.gr/tips/giati-na-min-petate-to-koukoutsi-tou-avokanto-deite-ti-kanei-vinteo/51890/>.
- Καβρουλάκης, Νεκτάριος (Αναπληρωτής Ερευνητής Ινστιτούτο Ελιάς Υποτροπικών Φυτών και Αμπέλου). n.d. “Το Αβοκάντο Στην Ελλάδα & Τον Κόσμο Οι Ασθένειες Που Καθορίζουν Την Εξάπλωση Της Καλλιέργειάς Του.” Χανιά. Accessed January 15, 2020. https://www.elgo.gr/images/ioanna/periodiko/Teychos_17/σελ._8-10.pdf.
- “Καλλιέργεια Αβοκάντο - GAIAPedia.” n.d. Accessed January 21, 2020. http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/Καλλιέργεια_αβοκάντο.
- Καραγιάννης, Ευάγγελος. 2018. “Φυσιολογική Και Ευρείας Κλίμακας Μοριακή Ανάλυση Του Επιφανειακού Εγκαύματος Των Καρπών Μηλιάς (*Malus Domestica* Borkh).”
- Καραμπουρνιώτης, Γ.Α., Γ. Λιακόπουλος, and Νικολακόπουλος Δ. 2012. *Φυσιολογία Καταπονήσεων Των Φυτών*. 3rd ed. Αθήνα: ΕΜΒΡΥΟ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΜΟΝ. ΙΚΕ.
- Καράταγλης, Στυλιανός. 1999. *Φυσιολογία Φυτών*. 3η έκδοση. ΧΑΡΙΣ Εκδόσεις.
- “Κλειδί’ η Σωστή Συγκομιδή Για Ποιοτικά Αβοκάντο - Χανιώτικα Νέα.” n.d. Accessed May 1, 2020. <http://www.haniotika-nea.gr/kleidi-i-sosti-syggkomidi-gia-poiotika-avokanto/>.
- Κουντούρης, Αντώνης. 2011. “ΥΠΟΤΡΟΠΙΚΑ ΦΥΤΑ.” Αθήνα.
- Κουτσαφτάκης, Α., and Σ.Μ. Λιονάκης. 1985. “Παραλαβή Λαδιού Αβοκάντο Με Μηχανικά Μέσα.” In *1η Επιστημονική Συνάντηση Για Δενδρώδεις Καλλιέργειες*. Χανιά.
- Λιονάκη, Σπύρου. 2004. “Το Αβοκάντο Στην Κρήτη: Μια Νέα Δυναμική, Πολλά Υποσχόμενη, Δενδρώδης Καλλιέργεια.” Archive.Patris.Gr. 2004. <https://archive.patris.gr/articles/30643#.WwZxGYiFNQA>.
- Μαυρογιαννόπουλος, Γεώργιος Ν. 2004. *Όλα Για Το Αβοκάντο*. Καλλιεργητής.
- Νζέμ, Τόνι. 2016. “Αβοκάντο Θερμίδες, Βιταμίνες Και Ιδιότητες - MyDiatrofi.” 2016. <http://www.mydiatrofi.gr/trofi/trofima/lipi-elaia/avokanto-thermidis-vitamines-kai-idiotites>.
- Ντουντουνάκης Λευτέρης. n.d. “Αβοκάντο Καλλιέργεια, Παραγωγή, Εμπορία, Προτάσεις - Χανιώτικα Νέα.” Accessed June 27, 2019. <http://www.haniotika-nea.gr/91141-abokanto/>.
- Ξερουδάκη, Ευαγγελία. 2008. “Η Επίδραση Της Χαραγής Σε Δύο Ποικιλίες Αβοκάντο.” *Πτυχιακή Εργασία Ηράκλειο 2008*. ΤΕΙ Ηρακλείου. <https://apothesis.lib.teicrete.gr/handle/11713/698>.
- Παναγιωτίδης, Χρήστος. 2014. *Μοριακή Βιολογία | Εισαγωγή Στη Μεταγραφή*. Έκδοση: 1. Θεσσαλονίκη 2014: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. <https://opencourses.auth.gr/modules/units/?course=OCRS496&id=5531>.

Παντελίδης, Γεώργιος. 2010. "Μελέτη Των Παραγόντων Που Επηρεάζουν Την Ανάπτυξη Του Πυρήνα Και η Επίδραση Ρυθμιστών Αναστολής Παραγωγής η Δράσης Αιθυλενίου Στην Μετασυλλεκτική Ζωή Του Ροδάκινου." <https://doi.org/10.12681/EADD/23660>.

"Παρενιαυτοφορία - Βικιπαίδεια." n.d. Accessed January 15, 2020. <https://el.wikipedia.org/wiki/Παρενιαυτοφορία>.

Πάσσαμ, Χάρολντ Κρίστοφερ, Ελένη Τσαντίλη, Μιλτιάδης Χριστόπουλος, Μίνα Καυκαλέτου, Αλέξιος Αλεξόπουλος, and Ιωάννης Καραπάνος. 2015. *Μετασυλλεκτική Μεταχείριση Καρπών Και Λαχανικών*.

Εικόνες:

Εικόνα εξώφυλλου: <https://easyhealthoptions.com/health-benefits-avocados/>

Εικόνα 1 : Πηγή (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002) Κεφάλαιο 2 εικόνα 2.2.

Εικόνα 2: Πηγή (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002) Κεφάλαιο 2 εικόνα 2.3

Εικόνα 3: Πηγή (Schaffer, Wolstenholme, and Whiley 2002) Κεφάλαιο 2 εικόνα 2.5

Εικόνα 5: <https://www.finedininglovers.com/blog/food-drinks/avocado-varieties/>

Εικόνα 4 : <http://www.synergatiki.gr/gallery/#>

Πίνακες:

Πίνακας 1 : Πηγή (Ξερουδάκη 2008) Κεφάλαιο 1, πίνακας 1