



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

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

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Συγκριτική μελέτη της ωρίμανσης και μετασυλλεκτικής συμπεριφοράς καρπών
τομάτας από τοπική ποικιλία και υβρίδιο μακράς διατηρησιμότητας



Φωτεινή Β. Χωριανοπούλου

Επιβλέπων καθηγητής:

Καραπάνος Ιωάννης, Επίκουρος Καθηγητής Γ.Π.Α.

**Αθήνα
2021**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Συγκριτική μελέτη της ωρίμανσης και μετασυλλεκτικής συμπεριφοράς καρπών
τομάτας από τοπική ποικιλία και υβρίδιο μακράς διατηρησιμότητας

“Comparative study of ripening and post-harvest behavior of tomato fruits
from local variety and hybrid of long shelf life”

Φωτεινή Β. Χωριανοπούλου

Εξεταστική Επιτροπή:

Καραπάνος Ιωάννης, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ (Επιβλέπων)

Σάββας Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ

Κουκουνάρας Αθανάσιος, Επίκουρος Καθηγητής ΑΠΘ

Συγκριτική μελέτη της ωρίμανσης και μετασυλλεκτικής συμπεριφοράς καρπών τομάτας από τοπική ποικιλία και υβρίδιο μακράς διατηρησιμότητας

*ΠΜΣ Τομείς Αιχμής & Καινοτόμες Εφαρμογές στην Παραγωγή & Συντήρηση
Οπωροκηπευτικών και Ανθοκομικών Ειδών*

*Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τομάτα είναι ένα βρώσιμο προϊόν το οποίο καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ανθρώπινης διατροφής, έχει επομένως μεγάλη οικονομική και διατροφική αξία. Η ωρίμανση και η μετασυλλεκτική συμπεριφορά της τομάτας έχουν μελετηθεί εκτενέστατα, ενώ τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί οι γονότυποι μακράς διατηρησιμότητας (long shelf-life) οι οποίοι έχουν συμβάλει στην ευχερέστερη εμπορία του προϊόντος στις αγορές.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν διαφορές σε φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και φυσιολογικές διεργασίες μεταξύ μίας παραδοσιακής τοπικής ποικιλίας περιορισμένης μετασυλλεκτικής ζωής και ενός υβριδίου μακράς διατηρησιμότητας υπό την επίδραση της παρουσίας ή μη φωτός κατά την ωρίμανση εκτός του φυτού και της θερμοκρασίας συντήρησης κατά τη συντήρηση των καρπών μετά τη συλλογή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο ωρίμανσης.

Για τη μελέτη της ωρίμανσης συλλέχθηκαν καρποί στο φυσιολογικά ώριμο πράσινο στάδιο (Mature Green), τοποθετήθηκαν σε θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών στους 20 °C σε φως (2.500 lx) ή σκοτάδι και αφέθηκαν να φτάσουν στο πλήρως κόκκινο στάδιο. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, προσδιορίστηκαν το βάρος των καρπών, το χρώμα, ο ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου και CO₂ (αναπνοή), ενώ πριν και με το πέρας της ωρίμανσης η συνεκτικότητα των καρπών, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα, το περιεχόμενο σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, ολικά φαινολικά και λυκοπένιο. Αντίστοιχα, για τη μελέτη της συμπεριφοράς κατά τη συντήρησή τους, καρποί και των δύο γονοτύπων συλλέχθηκαν στο ελαφρά κόκκινο στάδιο (light red) και συντηρήθηκαν στους 7 και 15 °C σε σκοτάδι. Ακολούθησαν προσδιορισμοί των χαρακτηριστικών των καρπών που αναφέρθηκαν στο πείραμα της ωρίμανσης.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της ωρίμανσης προέκυψε ότι οι καρποί της ποικιλίας ωριμάζουν πιο γρήγορα και αναπτύσσουν πιο έντονο κόκκινο χρώμα, ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, ολικά φαινολικά συστατικά και λυκοπένιο (μόνο στο σκοτάδι) σε σχέση με τους καρπούς του υβριδίου μακράς διατηρησιμότητας. Πιθανά αυτό οφείλεται και στο ότι η αναπνοή και η παραγωγή αιθυλενίου των καρπών του υβριδίου ήταν πολύ μικρότερη σε σχέση με της ποικιλίας, γεγονός που μπορεί να επιβράδυνε αλλά δεν παρεμπόδιζε τις μεταβολικές και φυσιολογικές διεργασίες κατά την ωρίμανση στο υβρίδιο. Το φως προώθησε την ωρίμανση, ιδιαίτερα στην ποικιλία και λιγότερο στο υβρίδιο, αλλά δεν επηρέασε σημαντικά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των καρπών.

Όμοια, τα αποτελέσματα της συντήρησης έδειξαν βραδύτερη υπερωρίμανση-γήρανση των καρπών του υβριδίου που επιδρούν σε αυξημένη διατηρησιμότητα. Οι 7 °C διατήρησαν σε αποδεκτά επίπεδα την ποιότητα των καρπών για μεγαλύτερο διάστημα στο υβρίδιο (20 ημέρες) και λιγότερο (15 ημέρες) στην ποικιλία, ενώ οι 15 °C κρίνονται ως μη κατάλληλοι για τη συντήρηση και των δύο γονοτύπων. Αντίστοιχα με την ωρίμανση, οι καρποί του υβριδίου παρουσιάζουν μειωμένους μεταβολικούς

ρυθμούς και λιγότερο έντονες φυσικοχημικές αλλαγές κατά την συντήρηση τους όταν συλλεχθούν σε στάδιο προχωρημένης ωριμότητας, γεγονός που μπορεί να αποδίδεται και στην μειωμένη σύνθεση αιθυλενίου. Τέλος, στην παρούσα εργασία αν και παρατηρήθηκαν διαφορές ως προς τα χαρακτηριστικά ποιότητας μεταξύ των καρπών της ποικιλίας και του υβριδίου, η συνολική ποιότητα των καρπών του υβριδίου αποδείχθηκε ιδιαίτερα υψηλή.

Επιστημονική περιοχή: Λαχανοκομία

Λέξεις κλειδιά: τομάτες, τοπική ποικιλία, συνθήκες ωρίμανσης, μετασυλλεκτική διαχείριση

Comparative study of ripening and post-harvest behavior of tomato fruits from local variety and hybrid of long shelf life

MSc Top Sectors & Innovative Applications in Production & Maintenance of Fruit, Vegetable & Floricultural Species

Department of Crop Science

Laboratory of Vegetable Production

ABSTRACT

Tomato is an edible product that is grown all over the world and is an integral part of the human diet; hence it has a great economic and dietary value. Ripening and postharvest behavior of tomato fruits have been studied in depth, while the last decades long shelf-life genotypes have been developed in order to facilitate marketing and postharvest handling.

The aim of the present study is to find differences in several physicochemical characteristics and in physiological processes between a traditional tomato variety (landrace) with limited postharvest life and a modern long shelf-life hybrid, during postharvest ripening in the presence or not of light and during storage of fruits harvested at the light-red stage in two different temperatures.

To study fruit ripening, mature green fruits were harvested, placed in a controlled temperature chamber at 20 °C in either light (2.500 lx) or darkness and left to ripen at the red-ripe stage. During the course of ripening, fruit weight, colour (red colouration and lightness), respiration rate and ethylene production rate were recorded regularly, while fruit firmness, titratable acidity, content in total soluble solids, total phenolics and lycopene were determined at harvest and at full ripeness. Similarly, to determine their postharvest behavior, fruits of both genotypes harvested at the light-red stage were placed in temperature controlled chambers at 7 and 15 °C in darkness, for 20 and 15 days respectively. All analyses previously mentioned in the ripening study were also performed in the postharvest study.

Ripening studies revealed that the fruits of the variety reached full ripeness sooner and developed more intense red colouration, higher content in total soluble solids, total phenolics and lycopene (only at darkness) than the fruits of the hybrid. It is possible that the significantly lower respiration and ethylene production of the hybrid fruits decelerated but did not prevent the metabolic and physiological processes during ripening of those fruits. Light promoted ripening, especially in the variety fruits and to a lesser extent in the hybrid, but it did not significantly affected fruit physicochemical characteristics in both genotypes.

Similarly, postharvest study showed a slower over-ripening and senescence of hybrid fruits, which resulted in their longer postharvest life. Overall and visual fruit quality were better preserved for 20 days in hybrid and 15 days in variety at 7 °C, whereas 15 °C were proven not suitable for long-term storage of fruits in both genotypes. In accordance to ripening, hybrid fruits presented lower metabolic rates and less physicochemical changes during their storage in relation to the variety fruits, when harvested at a late stage of maturity (i.e. light-red stage). This may be ascribed (among others) to the lower ethylene production. In addition, although the present study revealed significant differences in some organoleptic and dietary traits between hybrid and variety fruits, however, the overall quality of hybrid fruits was particularly high.

Scientific area: Horticulture

Keywords: tomato, landrace, ripening conditions, post harvest handling

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή γίνεται στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Τομείς Αιχμής και Καινοτόμες Εφαρμογές στην Παραγωγή και Συντήρηση Οπωροκηπευτικών και Ανθοκομικών Ειδών» με ειδίκευση στην «Ποιότητα – Μετασυλλεκτική Βιολογία και Τεχνολογία Καρπών, Λαχανικών και Ανθέων», 2018-2021 του ΓΠΑ με επιβλέπων Καθηγητή τον κ. Καραπάνο Ιωάννη από την μεταπτυχιακή φοιτήτρια Χωριανοπούλου Φωτεινή.

Είμαι ιδιαίτερα ευγνώμων απέναντι στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για την παραχώρηση των χώρων διεξαγωγής των πειραμάτων μου και της χρήσης φυτικού υλικού τομάτας από πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε θερμοκήπιο του Εργαστηρίου υπό την επίβλεψη του κ. Σάββα Δημήτριου και του κ. Καραπάνου Ιωάννη. Τέλος θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου Επίκουρο καθηγητή κ. Καραπάνο Ιωάννη που με την σημαντική συμβολή του κατάφερα να διεκπεραιώσω με επιτυχία την μεταπτυχιακή μου διατριβή.

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

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	i
ABSTRACT.....	iii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ.....	1
1.1.1 Καταγωγή – Ιστορική αναδρομή – Χρήσεις.....	1
1.1.2 Καλλιεργούμενες εκτάσεις και οικονομική σημασία....	1
1.1.3 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και διατροφική αξία καρπών τομάτας.....	2
1.2 ΠΟΡΕΙΑ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΚΑΡΠΟΥ ΤΟΜΑΤΑΣ.....	4
1.2.1 Αλλαγές στο χρώμα κατά την ωρίμανση.....	7
1.2.2 Αλλαγές στην υφή κατά την ωρίμανση.....	7
1.2.3 Αναπνευστική δραστηριότητα και παραγωγή αιθυλενίου.....	8
1.2.4 Φυσικές μεταλλάξεις ωρίμανσης καρπών τομάτας.....	8
1.3 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ – ΥΒΡΙΔΙΑ ΜΑΚΡΑΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	9
1.3.1 Διαφορές ποικιλιών – υβριδίων μακράς συντήρησης...10	
i. Στην ωρίμανση – αιθυλένιο – κλιμακτηριακή αναπνοή....	10
ii. Στα ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	11
iii. Τοπικές ποικιλίες με μακρά διατηρησιμότητα.....	12
1.4 ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ - ΤΕΧΝΗΤΗ ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΣΤΟ ΦΥΤΟ.....	13
1.4.1 Επίδραση του σταδίου ωρίμανσης κατά την συγκομιδή στην μετασυλλεκτική ζωή και ποιότητα της τομάτας..	13
1.4.2 Διαφορές τεχνητής και πάνω στο φυτό ωρίμανσης.....	14
1.4.3 Διάφορες μέθοδοι ωρίμανσης εκτός φυτού.....	17

1.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΤΗΝ ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΤΩΝ	
ΚΑΡΠΩΝ ΤΟΜΑΤΑΣ	19
1.5.1 Ανάπτυξη χρώματος	19
1.5.2 Ποιότητα	20
1.6 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	23
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	24
2.1 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	24
2.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΡΠΩΝ	24
2.3 ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ	26
2.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ	
ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ	29
2.4.1 Ολικά Διαλυτά Στερεά Συστατικά	29
2.4.2 Τιτλοδοτούμενη Οξύτητα	30
2.4.3 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών συστατικών	30
2.4.4 Προσδιορισμός συγκέντρωσης λικοπενίου	31
2.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	31
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	32
3.1 ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΚΑΡΠΩΝ ΤΟΠΙΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΚΑΙ	
ΥΒΡΙΔΙΟΥ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑ	
Ή ΟΧΙ ΦΩΤΟΣ	32
3.2 ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΩΡΙΜΩΝ ΚΟΚΚΙΝΩΝ ΚΑΡΠΩΝ	
ΤΟΜΑΤΑΣ ΤΟΠΙΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ	
ΥΒΡΙΔΙΟΥ ΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΘΗΚΑΝ ΣΕ ΔΥΟ	
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ	43
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	63

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ

1.1.1 Καταγωγή – Ιστορική αναδρομή – Χρήσεις

Οι τομάτες αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της ανθρώπινης διατροφής παγκοσμίως. Η τομάτα ανήκει στην οικογένεια Solanaceae με λατινική ονομασία *Solanum lycopersicum* L. (παλαιότερα *Lycopersicon esculentum* Mill). Το 1753 ο Σουηδός βοτανολόγος Linnaeus την ονόμασε *Solanum lycopersicon*, αλλά 15 χρόνια αργότερα ο Philip Miller αντικατέστησε το όνομα με το *Lycopersicon esculentum*, ενώ πρόσφατα επανήλθε η αρχική της ονομασία. Ο πιο πιθανός πρόγονος είναι το *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (κερασόμορφη τομάτα), που είναι γηγενές σε όλη την τροπική και υποτροπική Αμερική. Αν και οι προγονικές μορφές τομάτας αναπτύχθηκαν στην περιοχή Περού-Ισημερινού, πιστεύεται ότι η αρχική εξημέρωση της τομάτας πραγματοποιήθηκε στο Μεξικό και πιθανότατα προέκυψε από την επιλογή πολλών γενεών. Στις αρχές του 16ου αιώνα οι Ισπανοί εισήγαγαν την τομάτα στην Ευρώπη και μετά από μια μακρά περίοδο καλλιέργειας η τομάτα μεταφέρθηκε και σε άλλες χώρες εκτός Ευρώπης και πλέον καλλιεργείται παγκοσμίως. Υπάρχει μεγάλος αριθμός ποικιλιών και υβριδίων για παραγωγή νωπής επιτραπέζιας τομάτας, όπως οι κερασόμορφες, οι κοκτέιλ, οι κλασικές στρογγυλές τομάτες, οι οβάλ, οι μεγαλόκαρπες, οι τομάτες σε «τσαμπί» κ.ά. με διαφορετικά χρώματα, διάρκεια ζωής και γεύσεις. Επίσης υπάρχουν και πολλές διαφορετικές χρήσεις της τομάτας όπως φρέσκια και μεταποιημένη (πολτός, αποξηραμένη, κέτσαπ, κονσερβοποιημένη κ.ά.). (McGlasson, 2003; Heuvelink, 2005).

1.1.2 Καλλιεργούμενες εκτάσεις και οικονομική σημασία

Η τομάτα είναι ένα λαχανικό που καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο. Τα τελευταία δεδομένα για την συνολική έκταση και τους τόνους παραγωγής της τομάτας αναφέρονται στο 2018. Σύμφωνα με τον FAO (2019), η συνολική έκταση της καλλιέργειας παγκοσμίως είναι 4.762.457 εκτάρια και η παραγωγή 182.256.458 τόνοι. Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι μια από τους σημαντικούς παραγωγούς τομάτας με έκταση καλλιέργειας 256.748 εκτάρια και παραγωγή 17.058.138 τόνους, που αντιστοιχεί στο 9,36% της παγκόσμιας παραγωγής. Όσον αφορά τη χώρα μας, η Ελλάδα κατατάσσεται στην 4^η θέση μεταξύ των χωρών της Ε.Ε. όσον αφορά τις καλλιεργούμενες εκτάσεις (16.020 εκτάρια) μετά την Ισπανία, την Ρουμανία και την Ιταλία (που είναι στην 1^η θέση) και στην 6^η θέση όσον αφορά την παραγωγή (835.940 τόνους) μετά την Ολλανδία, την Πολωνία, την Πορτογαλία, την Ισπανία και την Ιταλία (που είναι στην 1^η θέση). (FAO, 2019).

1.1.3 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και διατροφική αξία καρπών τομάτας

Η καλλιεργούμενη τομάτα είναι ένα δικοτυλήδονο, πολυετές, ποώδες, διπλοειδές ($2n = 24$) φυτό. Καλλιεργείται κυρίως ως ετήσιο είδος σε εύκρατα κλίματα, καθώς τα φυτά και οι καρποί υφίστανται κρυοτραυματισμούς όταν εκτίθενται σε θερμοκρασίες κάτω από 12°C . Ανάλογα τη χρήση που προορίζονται οι καρποί, χρησιμοποιούνται διαφορετικές ποικιλίες – υβρίδια και διαφορετικοί τρόποι καλλιέργειας (Heuvelink, 2005). Για παράδειγμα, στα εύκρατα μέρη του κόσμου, οι καταναλωτές αναμένουν ότι οι τομάτες έχουν στρογγυλό και ομοιόμορφο σχήμα (Hobson and Grierson, 1993). Ο καρπός αποτελείται από τον φλοιό, το περικάρπιο και τους χώρους της ωοθήκης. Τα παρεγχυματικά κύτταρα που μοιάζουν με ζελέ γεμίζουν τις κοιλότητες της ωοθήκης και περιβάλλουν τον σχετικά μεγάλο αριθμό σκληρών, μικρών σπόρων που φέρονται ανά καρπό (McGlasson, 2003).

Όσον αφορά τη διατροφική αξία της τομάτας αξίζει να σημειωθεί ότι είναι πολύ θρεπτική και γι' αυτό έχει τόσο μεγάλη κατανάλωση ανά τον κόσμο. Οι καρποί της τομάτας έχουν σχετικά χαμηλό περιεχόμενο σε ξηρά ουσία, που κυμαίνεται στο 5-7%, αλλά το βρώσιμο τμήμα περιλαμβάνει το 99% του νωπού βάρους του καρπού. Το μη βρώσιμο τμήμα περιλαμβάνει τους σπόρους, τον κάλυκα και τον φλοιό που αφαιρούνται σε νωπή κατανάλωση, όσο και κατά την μεταποίηση. Έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε θερμίδες, περίπου 20 kcal / 100 g καρπού. Είναι πηγή ανόργανων συστατικών (κυρίως καλίου), βιταμίνης C (ασκορβικό οξύ), φολικού οξέος, καροτενοειδών, με κυρίαρχο το λυκοπένιο (αντιοξειδωτικό), βιταμίνης A - προβιταμίνης A (β-καροτένιο), βιταμίνης B1 (θειαμίνη), B2 (ριβοφλαβίνη), B3 (παντοθενικό οξύ), B6 (σύμπλεγμα), E (α-τοκοφερόλη) και K, νικοτινικού οξέος (νιασίνη), βιοτίνη, και φλαβονοειδών. (Πίνακας 1.1). Στους καρπούς τομάτας η κύρια φαινολική ένωση είναι το γλωρογενικό οξύ. Υψηλότερη συγκέντρωση οξέων (κυρίως μηλικό και κιτρικό) παρατηρείται στους ιστούς των κοιλοτήτων του καρπού (περιοχές με ζελέ και σπόρους) όταν στο περικάρπιο συσσωρεύονται κυρίως αναγωγικά σάκχαρα (φρουκτόζη, γλυκόζη, σακχαρόζη). Αν και η σακχαρόζη είναι ο κύριος μεταβολίτης που εντοπίζεται στα φυτά τομάτας, η όξινη ιμβερτάση, που υπάρχει στους μεσοκυττάριους χώρους και στις κυτταρικές μεμβράνες, προκαλεί σχεδόν πλήρη υδρόλυσή της, με συνέπεια στους ώριμους καρπούς μόνο ίχνη σακχαρόζης εντοπίζονται. Ο χυμός του καρπού έχει pH 4,0-4,7. Επειδή οι καρποί τομάτας καταναλώνονται σε μεγάλες ποσότητες, αποτελούν σημαντική πηγή των θρεπτικών συστατικών που αναφέρθηκαν παραπάνω (όπως βιταμίνης C, β-καροτενίου και ανόργανων συστατικών όπως το κάλιο κτλ.), στην ανθρώπινη διατροφή, ειδικά στις δυτικές κοινωνίες όπου η κατανάλωση οπωροκηπευτικών είναι περιορισμένη. Υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη διατροφική αξία της τομάτας επειδή αποτελεί μια από τις κύριες πηγές λυκοπενίου για τον ανθρώπινο οργανισμό. Το λυκοπένιο είναι ένα αντιοξειδωτικό που πιστεύεται ότι είναι παράγοντας στην πρόληψη αρκετών χρόνιων παθήσεων, συμπεριλαμβανομένων μορφών καρκίνου και της στεφανιαίας νόσου. Υπάρχουν ενδείξεις ότι το λυκοπένιο απορροφάται πιο αποτελεσματικά από μεταποιημένα προϊόντα τομάτας σε σύγκριση με τους νωπούς καρπούς (McGlasson, 2003; Πάσσαμ κ.ά., 2015; Preedy and Watson, 2008).

Όμως υπάρχει σημαντική μεταβλητότητα στη συγκέντρωση θρεπτικών ουσιών όπως για παράδειγμα τα χαμηλά επίπεδα καλίου συνδέονται με χαμηλές συγκεντρώσεις λυκοπενίου και β-καροτένιου στους καρπούς της τομάτας, που επηρεάζονται από γενετικές διαφορές, εδαφοκλιματικές συνθήκες και τεχνικές καλλιέργειας, όπως την ηλιακή ακτινοβολία, τις θερμοκρασίες ανάπτυξης, τη λίπανση και άρδευση και την επίδραση της αλατότητας (McGlasson, 2003; Πάσσαμ κ.ά., 2015).

Πίνακας 1.1. Περιεχόμενα τυπικά συστατικά ώριμου καρπού τομάτας (Hobson and Grierson, 1993)

Συστατικά	% Νωπού Βάρους
Ξηρή ουσία	6,5
Σύνολο Υδατανθράκων	4,7
Λίπη	0,15
Πρωτεΐνες	0,4
Σάκχαρα	3,0
Σακχαρόζη	0,1
Ολικά Διαλυτά Στερεά (°Brix)	4,5
Μηλικό οξύ	0,1
Κιτρικό οξύ	0,2
Φυτικές ίνες	0,5
Βιταμίνη C	0,02
Κάλιο	0,25

Στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της τομάτας συμπεριλαμβάνονται η γεύση, το άρωμα, το χρώμα και η υφή-συνεκτικότητα, τα οποία διαφοροποιούνται βέβαια καθώς ωριμάζει ο καρπός.

Στη διαμόρφωση της γεύσης του καρπού τομάτας μπορούν να συμβάλλουν προσυλλεκτικοί και μετασυλλεκτικοί παράγοντες (καλλιέργεια, περίοδος συγκομιδής, χειρισμοί κατά την ωρίμανση-αποθήκευση κ.ά.). Η γεύση του καρπού προέρχεται κυρίως από τα σάκχαρα (φρουκτόζη, γλυκόζη, σακχαρόζη) και τα οργανικά οξέα (μηλικό και κιτρικό). Καθώς ο καρπός ωριμάζει, η περιεκτικότητα σε φρουκτόζη και γλυκόζη αυξάνεται και η περιεκτικότητα σε οξέα μειώνεται. Ακόμη, κατά την ωρίμανση, αυξάνεται η συγκέντρωση των αμινοξέων γλουταμινικό και ασπαρτικό οξύ που συμβάλλουν στην γεύση της τομάτας και αποτελούν μεγάλο ποσοστό του συνολικού ελεύθερου αμινο-αζώτου που περιέχουν οι καρποί. Σε αντίθεση, άλλα αμινοξέα (π.χ. αργινίνη και αλανίνη) μειώνονται. Επιπλέον στην τομάτα εντοπίζονται και κάποιοι αλκαλοειδείς γλυκοζίτες, με κύρια την α-τοματίνη η οποία διαθέτει πικρή

γεύση αλλά εντοπίζεται κυρίως σε ανώριμους πράσινους καρπούς και παρουσιάζει πολύ χαμηλά ποσοστά τοξικότητας στον άνθρωπο. Αξίζει να σημειωθεί ότι, το περιεχόμενο των καρπών σε ολικά διαλυτά στερεά, που παρουσιάζει καλή συσχέτιση με το περιεχόμενο σε σάκχαρα, και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα αποτελούν βασικά κριτήρια για την ποιοτική κατάταξη των καρπών τομάτας ως προς τα οργανοληπτικά-γευστικά τους χαρακτηριστικά (McGlasson, 2003; Preedy and Watson, 2008; Πάσσαμ κ.ά., 2015).

Όσον αφορά το άρωμα του καρπού υπάρχουν πολυάριθμες πτητικές ουσίες που συμμετέχουν στη δημιουργία του, οι οποίες κατατάσσονται χημικά σε πολλές κατηγορίες, όπως είναι οι εστέρες, οι αλδεΐδες (π.χ. 3-hexanal), οι αλκοόλες, οι λακτόνες, τα οργανικά οξέα, οι κετόνες, οι ακετάλες και οι τερπενοειδείς υδρογονάνθρακες. Συγκεκριμένα στην τομάτα, υπάρχουν περισσότερες από 200 διαφορετικές πτητικές ενώσεις, οι οποίες συμμετέχουν στην δημιουργία του αρώματος και συμβάλλουν γενικότερα στη γεύση του καρπού (Πάσσαμ κ.ά., 2015).

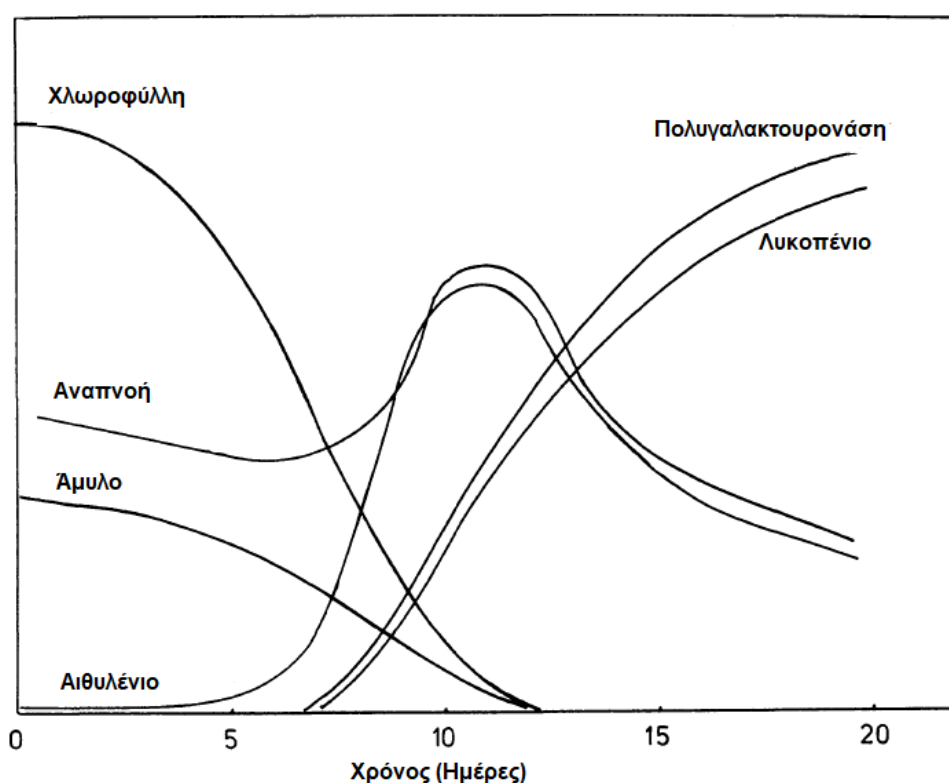
Το χρώμα έχει μεγάλη σημασία για τον καθορισμό της ποιότητας των καρπών και σε πολλές περιπτώσεις αποτελεί το πιο σημαντικό ποιοτικό κριτήριο, ιδιαίτερα όσον αφορά την επιλογή των καρπών από τους καταναλωτές. Πέρα από τη γενική αποδοχή των καταναλωτών, η προτίμηση ως προς το χρώμα και την υφή-συνεκτικότητα μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την αγορά προορισμού του καρπού (Πάσσαμ κ.ά., 2015).

Τέλος, γενετικά, η τομάτα είναι πιθανώς το καλύτερα καθορισμένο και χαρτογραφημένο όλων των καλλιεργούμενων ποωδών καρποφόρων φυτών. Παράλληλα, διαθέτει μια τεράστια ποικιλία εμπορικών ποικιλιών-υβριδίων η οποία διευρύνεται συνεχώς (McGlasson, 2003).

1.2 ΠΟΡΕΙΑ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΚΑΡΠΟΥ ΤΟΜΑΤΑΣ

Οι τομάτες χρειάζονται 6-7 εβδομάδες από την ανθοφορία, ανάλογα με τις συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, φως) για να φτάσουν στο κόκκινο - ώριμο στάδιο. Η κυτταρική διαίρεση συνεχίζεται για περίπου 2 εβδομάδες μετά την ανθοφορία, αλλά το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης του μεγέθους των καρπών αποδίδεται στην επέκταση των κυττάρων. Στις κοινές ποικιλίες, η πρώτη εμφάνιση κόκκινου ή ροζ χρώματος στο άκρο του καρπού σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της ανάπτυξης και την έναρξη της ωρίμανσης. Εργαστηριακές μελέτες με καρπούς που συγκομίστηκαν σε ώριμο πράσινο στάδιο έδειξαν ότι η ωρίμανση αρχίζει περίπου 2 ημέρες πριν από την αλλαγή του εξωτερικού χρώματος. Μια πρόιμη ένδειξη ωρίμανσης είναι μια μικρή αύξηση στην παραγωγή αιθυλενίου από τον καρπό. Η τομάτα είναι ένας κλιμακτηριακός καρπός γιατί έχει τη δυνατότητα να ωριμάζει και μετά τη συγκομιδή της, συνεπώς μπορεί να συγκομιστεί σε στάδιο πριν την πλήρη ωρίμανσή της και η περαιτέρω ωρίμανση να μπορεί να πραγματοποιηθεί και κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο. Πρέπει να τονιστεί ότι η ωρίμανση στην τομάτα συνοδεύεται από αύξηση τόσο στην αναπνοή όσο και στην παραγωγή αιθυλενίου. Μια φυσική αύξηση της ενδογενούς παραγωγής αιθυλενίου ξεκινά την ωρίμανση και ρυθμίζει ή προκαλεί πολλά από τα βιοχημικά και φυσιολογικά γεγονότα που συμβαίνουν κατά την ωρίμανση. Η αποδόμηση του αμύλου που έχει ως τελική συνέπεια την παραγωγή γλυκόζης και φρουκτόζης, η αποδόμηση της χλωροφύλλης και η σύνθεση χρωστικών

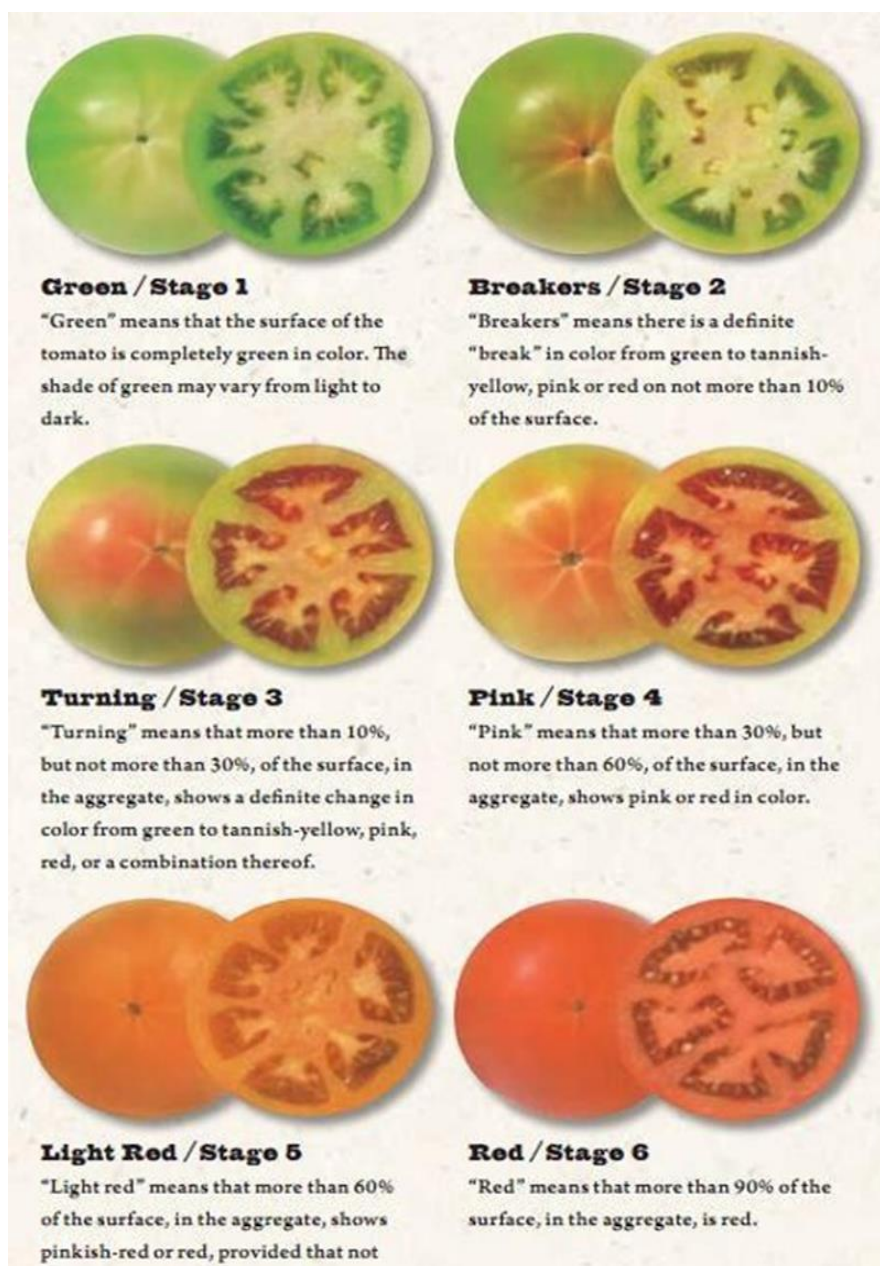
όπως το β-καροτένιο και το λυκοπένιο, η αύξηση των διαλυτών πηκτινών που προκύπτουν από το μαλάκωμα και την αποσύνθεση των κυτταρικών τοιχωμάτων (λόγω αύξησης της πολυγαλακτουρονάσης, ενός ενζύμου που υδρολύει τα κυτταρικά τοιχώματα και του οποίου η δράση αυξάνεται με την αύξηση του αιθυλενίου), η δημιουργία – ανάπτυξη γεύσης και αρωματικών ενώσεων, η αύξηση της αναλογίας του κιτρικού προς το μηλικό οξύ, η αύξηση του γλουταμινικού οξέος και η διαλυτοποίηση του τοξικού αλκαλοειδούς α-τοματίνης, συνδυάζονται σε μεγάλο βαθμό με τις αλλαγές στην αναπνοή και την παραγωγή αιθυλενίου και οι οποίες από κοινού παράγουν ώριμους καρπούς (Διάγραμμα 1.1) (McGlasson, 2003; Πάσσαμ κ.ά., 2015; Grierson and Kader, 1986; Osie et al., 2017).



Διάγραμμα 1.1. Βασικές αλλαγές που πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια της ωρίμανσης ενός καρπού τομάτας (Grierson and Kader, 1986)

Λόγω της οικονομικής σημασίας του καρπού της τομάτας υπάρχουν πολλοί περιγραφητές για τον προσδιορισμό των σταδίων ωρίμανσής τους, αλλά συνήθως χρησιμοποιείται η κατάταξη σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ (United States Department of Agriculture - USDA) σε 6 διακριτά στάδια (Εικόνα 1.1). Το φυσιολογικά ώριμο πράσινο στάδιο (mature green) αναφέρεται σε πράσινο καρπό σχεδόν πλήρους μεγέθους που περιέχει ώριμους σπόρους πριν από την έναρξη της ωρίμανσης. Το στάδιο σπασίματος του χρώματος (breakers) αντιστοιχεί στην αρχή της εμφανούς ωρίμανσης του καρπού και χαρακτηρίζεται από το πρώτο οπτικό σημάδι ωρίμανσης (πορτοκαλί χρώμα στη βάση του καρπού) και την παραγωγή υψηλών επιπέδων αιθυλενίου. Πολλά γονίδια που σχετίζονται με την ωρίμανση αρχίζουν να εκφράζονται σε υψηλό επίπεδο σε αυτό το στάδιο. Ακολουθούν τα στάδια αλλαγής του χρώματος (turning), ροζ (pink), ελαφρού κόκκινου χρώματος (light red) και το ώριμο κόκκινο στάδιο (red) που αντιστοιχεί σε πλήρως ώριμο καρπό. Ο χρόνος που απαιτείται

για την επίτευξη κόκκινων ώριμων καρπών από την έναρξη της ωρίμανσης είναι συνήθως τρεις έως δέκα ημέρες, ανάλογα με την ποικιλία (Osei et al., 2017; USDA, 1991).



Εικόνα 1.1. Στάδια ωρίμανσης της τομάτας σύμφωνα με το χρώμα του καρπού κατά USDA (USDA, 1991).

Η ωρίμανση των καρπών τομάτας είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και ρυθμίζεται από πολλούς παράγοντες (Xue et al., 2009). Κατά την πορεία της οι αλλαγές που γίνονται στους καρπούς τομάτας είναι πολλές όπως είναι η αλλαγή στο χρώμα, τη συνεκτικότητα, τη σύνθεση αιθυλενίου και οι αλλαγές στην αναπνοή.

1.2.1. Αλλαγές στο χρώμα κατά την ωρίμανση

Οι αλλαγές στο χρώμα της τομάτας προκύπτουν από δύο μεγάλες εσωτερικές διεργασίες, την αποικοδόμηση της χλωροφύλλης και την βιοσύνθεση των καροτενοειδών. Οι ώριμοι πράσινοι καρποί περιέχουν χλωροπλάστες παρόμοιους με εκείνους των φύλλων. Κατά την ωρίμανση, οι χλωροπλάστες διαφοροποιούνται σε χρωμοπλάστες, οι χλωροφύλλες αποικοδομούνται και μια μαζική συσσώρευση καροτενοειδών (ιδιαίτερα λυκοπενίου) αλλάζει το χρώμα των καρπών από πράσινο σε κόκκινο. Τα καροτενοειδή συντίθενται ή σε χρωμοπλάστες που παίρνουν τη θέση των χλωροπλάστων κατά την αποδόμηση της χλωροφύλλης ή/και σε νεοσχηματισθέντες χρωμοπλάστες. Οι μηχανισμοί ελέγχου του μεταβολισμού των καροτενοειδών κατά την ωρίμανση των καρπών είναι συστηματικοί και εξελιγμένοι. Πιο συγκεκριμένα η βιοσύνθεση των καροτενοειδών κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των καρπών τομάτας καθορίζεται από ένα αναπτυξιακό πρόγραμμα που ελέγχει την έκφραση των γονιδίων και τη διαφοροποίηση των πλαστιδίων αλλά επηρεάζεται από περιβαλλοντικές συνθήκες (φως, θερμοκρασία και οξυγόνο). Θεωρείται ότι περίπου 35000 γονίδια κωδικοποιούν πρωτεΐνες μεταξύ του δικτύου παραγόντων μεταγραφής, των οδών σηματοδότησης φυτομονών και άλλων παραγόντων που επηρεάζουν τον μεταβολισμό των καροτενοειδών. Η μεταγραφική ρύθμιση γονιδίων που κωδικοποιούν ένζυμα του μονοπατιού σύνθεσης των καροτενοειδών φαίνεται να είναι καθοριστικής σημασίας για τη σύνθεση και τις αλλαγές στα επίπεδα των καροτενοειδών που παρατηρούνται κατά την πορεία της ωρίμανσης. Ενώ η έκφραση γονιδίων που κωδικοποιούν ισόμορφα της συνθάσης φυτοενίου (PSY) που αποτελεί το ένζυμο κλειδί για την έναρξη της σύνθεσης των καροτενοειδών, καθώς και ενζύμων που συμβάλλουν στην σύνθεση του λυκοπενίου αυξάνεται κατά την έναρξη της συσσώρευσης καροτενοειδών, το επίπεδο μεταγραφών των κυκλασών λυκοπενίου μειώνεται, με αποτέλεσμα αυξημένη παραγωγή ολικών καροτενοειδών και συσσώρευση λυκοπενίου στα τελευταία στάδια ωρίμανσης. Στις κόκκινες τομάτες, το λυκοπένιο αποτελεί την κύρια χρωστική έως και σε ποσοστό 90% των συνολικών καροτενοειδών. Η κυκλοποίηση του λυκοπενίου αποτελεί ένα κεντρικό σημείο διακλάδωσης στη βιοσυνθετική οδό των καροτενοειδών. Η κύρια οδός κατά τη σύνθεση των καροτενοειδών στη τομάτα οδηγεί σε σύνθεση β-καροτενίου, ζεαξανθίνης, βιλαξανθίνης και νεοξανθίνης, παρέχοντας πρόδρομες ουσίες για τη σύνθεση του αμπισισικού οξέος (ABA) και των στριγλακτόνων, ενώ η εναλλακτική οδός οδηγεί σε α-καροτένιο και λουτεΐνη (Lee et al., 1997; Rodriguez-Concepcion and Stange, 2013; Πάσσαμ κ.ά., 2015; Liu et al., 2014).

1.2.2. Αλλαγές στην υφή κατά την ωρίμανση

Αρκετές μελέτες δείχνουν ότι πολλά γονίδια (περισσότερα από 50 δομικά γονίδια) συμμετέχουν και εκφράζονται σε μεγάλο βαθμό κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ωρίμανσης και μαλακώματος των καρπών τομάτας, κωδικοποιώντας τη σύνθεση και δράση ενζύμων όπως η εξπανσίνες (expansin, EXP), η λιποξυγενάση (LOX), η λυάση πηκτίνης ή πηκτινάση, η μεθυλεστεράση της πηκτίνης (PME) και η β-γαλακτοζιδάση (Xue et al., 2009; Uluisik et al., 2015). Το αιθυλένιο, η πολυγαλακτουρονάση (PG), η

λιποξυγενάση (LOX) και η εξπανσίνη (expansin EXP) είναι οι πιο κρίσιμοι ρυθμιστικοί παράγοντες στη διαδικασία μαλακώματος των καρπών κατά την ωρίμανσή τους (Xue et al., 2009). Η ωρίμανση των καρπών σχετίζεται με αλλαγές στην υφή και στις ιδιότητες της σάρκας των καρπών που πιστεύεται ότι προκύπτουν από την αποδιοργάνωση του πρωτεύοντος κυτταρικού τοιχώματος και περιλαμβάνουν τροποποιήσεις της δομής και της σύνθεσης των συστατικών πολυσακχαριτών (που έχουν συσχετιστεί με την έκφραση ενός ευρέως φάσματος από υδρολάσες και τρανσγλυκοσυλάσες). Το αιθυλένιο είναι απαραίτητο για τη ρύθμιση της ωρίμανσης των καρπών γιατί επηρεάζει την πολυγαλακτουρονάση. Η πολυγαλακτουρονάση έχει διαπιστωθεί ότι συμβάλλει στην υδρόλυση του κυτταρικού τοιχώματος, συνεπώς και στο μαλάκωμα των καρπών. Η επίδρασή της στο μαλάκωμα εκδηλώνεται κυρίως στα τελικά στάδια της ωρίμανσης (Xue et al., 2009; Uluisik et al., 2015).

1.2.3. Αναπνευστική δραστηριότητα και παραγωγή αιθυλενίου

Όσον αφορά την αναπνοή και το αιθυλένιο οι κλιμακτηριακοί καρποί όπως είναι και η τομάτα εμφανίζουν μια πτώση της αναπνοής σε ελάχιστο επίπεδο στα προκλιμακτηριακά στάδια και κατά την έναρξη της ωρίμανσης η αναπνοή αυξάνεται έως ένα μέγιστο επίπεδο (κλιμακτηριακή αιχμή) και στη συνέχεια μειώνεται αργά. Παράλληλα, οι καρποί αυτοί εμφανίζουν και αύξηση στη σύνθεση του αιθυλενίου κατά την ωρίμανση. Η παραγωγή αιθυλενίου είναι γενικά υψηλή κατά την άνθηση και για μικρό χρονικό διάστημα μετά από αυτή. Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια της μετέπειτα ανάπτυξης της τομάτας μειώνεται σε χαμηλό επίπεδο (λιγότερο από 0,05 nl C₂H₄/g καρπού/h). Αν ένας καρπός τραυματιστεί ή του προκληθεί κάποια βλάβη από παθογόνους μικροοργανισμούς η σύνθεση του αιθυλενίου αυξάνεται ενώ σε υγιείς καρπούς κατά τα αρχικά στάδια της ωρίμανσης εμφανίζεται με αύξηση του ρυθμού παραγωγής αιθυλενίου σε επίπεδα 2-10 nl C₂H₄/g/h παράλληλα με την κλιμακτηριακή αιχμή της αναπνοής. Η αύξηση στη σύνθεση του CO₂ και του αιθυλενίου είναι συνήθως οι πρώτες ενδείξεις έναρξης της ωρίμανσης, προτού εκδηλωθούν άλλα γεγονότα (Grierson and Kader, 1986).

Οι αλλαγές στη συγκέντρωση αυτών των αερίων κατά την ωρίμανση των καρπών πάνω στο φυτό μπορεί να γίνει με ανάλυση δειγμάτων που λαμβάνονται από την εσωτερική ατμόσφαιρα ενός καρπού με μια σύριγγα γιατί το 97% της ανταλλαγής αερίων που συμβαίνει στους καρπούς τομάτας πραγματοποιείται μέσω του κάλυκα. Συνεπώς και συνήθως, οι αλλαγές στην παραγωγή CO₂ και αιθυλενίου μπορούν να παρακολουθούνται με ανάλυση δειγμάτων αερίων που διαχέονται από τους καρπούς μετά τη συγκομιδή τους (Grierson and Kader, 1986).

1.2.4. Φυσικές μεταλλάξεις ωρίμανσης καρπών τομάτας

Αν και πολλά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την ωρίμανση έχουν αποδειχθεί ότι επηρεάζονται από το αιθυλένιο, η ταυτοποίηση και ο χαρακτηρισμός πολλών φυσικώς απαντώμενων μεταλλάξεων ωρίμανσης έχουν αποκαλύψει ένα άλλο επίπεδο ρύθμισης που ενεργεί παράλληλα με το αιθυλένιο (Osei et al., 2017). Στις μεταλλάξεις

αυτές περιλαμβάνεται η «πράσινη σάρκα» (green flesh – gf) στην οποία οι ώριμοι καρποί έχουν κόκκινο-καφέ χρώμα επειδή η απώλεια χλωροφύλλης είναι ελλιπής αλλά κατά τα άλλα είναι φυσιολογικοί. Στη μετάλλαξη «κίτρινη σάρκα» (yellow flesh – r) οι ώριμοι καρποί είναι κίτρινοι επειδή δεν συντίθεται λυκοπένιο αλλά κατά τα άλλα είναι φυσιολογικοί. Αυτές οι δύο μορφές μεταλλάξεων φαίνεται να επηρεάζουν μεμονωμένες πτυχές της ωρίμανσης, ενώ άλλες φαίνεται να ρυθμίζουν ταυτόχρονα περισσότερες διαδικασίες (Grierson and Kader, 1986). Οι μεταλλάξεις ωρίμανσης, ιδίως η «αλκομπάκα» (alc), η «μη ωρίμανση» (nor), ο «ποτέ ώριμος» (nr) και ο «αναστολέας ωρίμανσης» (rin) έχουν δεχθεί σημαντική προσοχή και χρησιμοποιούνται τα τελευταία 30 χρόνια για να παρατείνουν τη διάρκεια μετασυλλεκτικής ζωής της τομάτας. Αυτά τα γονίδια αναστέλλουν γενικά τη σύνθεση αιθυλενίου και/ή τροποποιούν την αντίληψη του από τα κύτταρα καθώς και την επίδραση του αιθυλενίου σε συγκεκριμένες βιοχημικές διεργασίες που σχετίζονται με την ωρίμανση των καρπών. Οι καρποί αυτών των μεταλλάξεων χαρακτηρίζονται γενικά από την απουσία αιθυλενίου που σχετίζεται με την ωρίμανση και την αδυναμία ωρίμανσης, παρουσία εξωγενούς αιθυλενίου. Επομένως, οι μεταλλάξεις αυτές είναι χρήσιμες στην έρευνα και τη βελτίωση καλλιεργούμενων γονότυπων τομάτας για αυξημένη μετασυλλεκτική ζωή (Osei et al., 2017). Πιο συγκεκριμένα, οι rin και nor είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες μεταλλάξεις: φυτά ομόζυγα για οποιοδήποτε από αυτά τα μεταλλαγμένα αλληλόμορφα οδηγούν σε καρπούς με κίτρινο ή ανοιχτό πορτοκαλί χρώμα αντίστοιχα, γιατί παράγουν πολύ μικρές ποσότητες λυκοπενίου (κόκκινη χρωστική). Επίσης, οι καρποί αυτοί μαλακώνουν πολύ αργά επειδή δεν παράγουν το ένζυμο πολυγαλακτουρονάση, δεν έχουν κλιμακτηριακή αναπνοή και δεν παρουσιάζουν αυξημένη σύνθεση αιθυλενίου κατά την ωρίμανση. Γι' αυτούς τους λόγους, οι δύο αυτές μεταλλάξεις βοηθούν στην περαιτέρω κατανόηση του τρόπου ελέγχου της κανονικής ωρίμανσης αλλά και δεδομένου ότι οι καρποί διατηρούνται σε καλή κατάσταση για πολλούς μήνες, είναι πολύτιμες και σε προγράμματα βελτίωσης που έχουν σχεδιαστεί για να αυξήσουν τη διάρκεια μετασυλλεκτικής ζωής των καρπών τομάτας (Grierson and Kader, 1986).

1.3 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ – ΥΒΡΙΔΙΑ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Για την αγορά νωπών καρπών πολύ σημαντικό ρόλο παίζει το ομοιόμορφο σχήμα, το μέγεθος, το βάρος, το χρώμα, η συνεκτικότητα – υφή του καρπού αλλά και η διατήρηση για μεγάλο χρονικό διάστημα «στο ράφι» (long shelf-life), γεγονός που ευνοεί το εσωτερικό και το εξωτερικό εμπόριο. Λόγω της μεγάλης οικονομικής σημασίας της τομάτας διεθνώς, τα τελευταία 30 χρόνια έχει παραχθεί ένας μεγάλος αριθμός ποικιλιών και υβριδίων τομάτας μακράς διατηρησιμότητας, κυρίως με την αξιοποίηση σε προγράμματα βελτίωσης των γενετικών μεταλλάξεων που προαναφέρθηκαν. Σήμερα, σχεδόν όλα τα εμπορικά υβρίδια τομάτας που κυκλοφορούν είναι μακράς διατηρησιμότητας, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό με δεδομένο ότι τα υβρίδια αντιπροσωπεύουν παραπάνω από το 50% της παραγωγής τόσο σε θερμοκήπια όσο και στον αγρό (OECD, 2017).

Οι επιθυμητές γενετικές βελτιώσεις περιλαμβάνουν υψηλότερα διαλυτά στερεά συστατικά (αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για ποικιλίες βιομηχανικής τομάτας), καρπούς με καλύτερη συνεκτικότητα, ομοιόμορφη και βραδύτερη ωρίμανση αλλά και παρατεταμένη αποθήκευση. Ακόμη, αντοχή σε κρουτραυματισμούς, ασθένειες,

ξηρασία και έντομα, αποτελούν χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να βελτιωθούν μέσω της ενσωμάτωσης γονιδίων από άγρια είδη καρπών τομάτας (Heuvelink, 2005).

Παράλληλα, έχουν δημιουργηθεί πολλών ειδών υβρίδια με διάφορα χαρακτηριστικά τα οποία είναι επιθυμητά στο ευρύ κοινό (με έμφαση στους ερασιτέχνες καλλιεργητές), όπως υβρίδια με βελτιωμένο χρώμα (π.χ. Sun Gold, Lemon Boy, Orange Slice), μέγεθος (π.χ. SteakHouse, Goliath, Napa Grape, Juliet), γεύση (π.χ. Supertasty, Supersweet 100, Black Pearl), όψη (π.χ. Tye – Dye, Shimmer, Sweet Seedless), και με πρόσθετα οφέλη για την υγεία (π.χ. Midnight Snack, Sun Sugar) (Foote, 2020).

1.3.1 Διαφορές ποικιλιών – υβριδίων μακράς διατηρησιμότητας

Στις διάφορες ποικιλίες αλλά και στα υβρίδια μακράς διατηρησιμότητας υπάρχουν κάποια βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτουν οι καρποί ώστε να είναι αποδεκτοί από τις αγορές και τους καταναλωτές. Οι διαφορές μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών και των υβριδίων αφορούν την ωρίμανση, την παραγωγή αιθυλενίου, την κλιμακτηριακή αναπνοή και τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά (χρώμα, συνεκτικότητα, γεύση, άρωμα) και παρατίθενται ακολούθως:

i. Στην ωρίμανση – αιθυλένιο – κλιμακτηριακή αναπνοή

Έχουν δημιουργηθεί πολλές διαγονιδιακές σειρές τομάτας με το ένζυμο απαμινάση του ACC (1-αμινοκυκλοπροπάνιο-1-καρβοξυλικό οξύ – η πρόδρομη ουσία του αιθυλενίου) και υπάρχει άμεση συσχέτιση μεταξύ του βαθμού αναστολής παραγωγής του αιθυλενίου και του ρυθμού ωρίμανσης. Όταν οι καρποί αυτοί απομακρύνονται από το φυτό, η περιεκτικότητα σε αιθυλένιο στο εσωτερικό τους μειώνεται γρήγορα. Παραταύτα, οι διαγονιδιακοί αυτοί καρποί έχουν αρκετό αιθυλένιο για να ωριμάζουν γρήγορα για 2 - 3 ημέρες μετά την απομάκρυνση από το φυτό πριν αρχίσει να επιβραδύνεται η ωρίμανσή τους. Αν και οι διαγονιδιακοί καρποί που συγκομίζονται στο στάδιο του γυρίσματος του χρώματος (turning) θα φτάσουν στο ώριμο στάδιο, οι καρποί που συλλέγονται στο στάδιο του σπασίματος του χρώματος (breakers) δεν φτάνουν στο κόκκινο ώριμο στάδιο. Κατά συνέπεια, οι διαγονιδιακές αυτές τομάτες που παράγουν μειωμένα επίπεδα αιθυλενίου ωριμάζουν γρηγορότερα όταν δεν αποκόπτονται από το μητρικό φυτό, ενώ όταν συγκομιστούν, λόγω μείωσης της συγκέντρωσης αιθυλενίου στο εσωτερικό τους καθυστερούν να ωριμάσουν. Αυτή η διαφορά δεν έχει παρατηρηθεί σε άγριους τύπους τομάτας. Σύμφωνα με τα παραπάνω και με τα δεδομένα που υπάρχουν για τις διάφορες φυσικές μεταλλάξεις στους καρπούς τομάτας που σχετίζονται με την ωρίμανσή τους, διαπιστώνεται η πολυπλοκότητα της ωρίμανσης που δεν εξαρτάται μόνο από το αιθυλένιο, γιατί πολλές πτυχές της ωρίμανσης προχωρούν κανονικά ακόμα και σε καρπούς που έχουν μικρή σύνθεση αιθυλενίου (Klee, 1993).

ii. *Στα ποιοτικά χαρακτηριστικά*

Παρά τις προαναφερθείσες διαφορές ως προς την ωρίμανση καρπών τομάτας μεταξύ διαγονιδιακών, μακράς διατηρησιμότητας και καλλιεργούμενων ποικιλιών μικρής μετασυλλεκτικής ζωής, δεν παρατηρήθηκε διαφορά στην συνεκτικότητά τους στο ώριμο κόκκινο στάδιο. Ωστόσο, υπήρξε σημαντική διαφορά υπέρ των διαγονιδιακών καρπών στην μετέπειτα υποβάθμιση – υπερωρίμανσή τους, η οποία προφανώς εξαρτήθηκε από την περιεκτικότητα σε αιθυλένιο. Οι διαγονιδιακοί καρποί δεν παρουσίασαν στον ίδιο βαθμό τις βιοχημικές διεργασίες που οδηγούν στην αποσύνθεση του καρπού σε σχέση με τους καρπούς από την καλλιεργούμενη μικρής μετασυλλεκτικής ζωής ποικιλία. Αυτό το αποτέλεσμα υποδηλώνει ότι η υπερωρίμανση προκαλείται από την υψηλή περιεκτικότητα αιθυλενίου στο εσωτερικό των καρπών στα τελευταία στάδια της ωρίμανσης. Όμως, η δραστηριότητα της πολυγαλακτουρονάσης (PG) φάνηκε να μην επηρεάζεται από τη συγκέντρωση αιθυλενίου, συνεπώς η έλλειψη διαφοράς στην PG στους διαγονιδιακούς και τους καρπούς της καλλιεργούμενης ποικιλίας υποδηλώνει ότι μια άλλη άγνωστη δραστηριότητα πρέπει να παίζει σημαντικό ρόλο στο μαλάκωμα και την υπερωρίμανση που τελικά οδηγεί σε υποβάθμιση και απώλεια των ώριμων καρπών τομάτας (Klee, 1993).

Ένας μεγάλος αριθμός μεταλλάξεων ωρίμανσης είναι διαθέσιμος και μερικά από αυτά τα μεταλλαγμένα γονίδια έχουν ενσωματωθεί σε εμπορικές γραμμές (ποικιλίες – υβρίδια). Οι μεταλλάξεις ωρίμανσης όπως το *rin* (αναστολέας ωρίμανσης), το *Nr* (ποτέ ώριμος) και *nor* (μη ωρίμανση) έχουν βοηθήσει σε μελέτες της φυσιολογίας της ωρίμανσης. Η ενσωμάτωση τέτοιων γονιδίων και η κατευθυνόμενη γενετική μηχανική έχουν δημιουργήσει υβρίδια με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τις συμβατικές ποικιλίες. Η κλιμακτηρική αιχμή τόσο στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα όσο και στην παραγωγή αιθυλενίου μειώνεται και αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι καρποί να χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να περάσουν από το στάδιο του σπασίματος του χρώματος στον ερυθρό ώριμο. Οι καρποί αυτοί είναι πιο σφριγηλοί από τις συμβατικές ποικιλίες, αλλά ούτε το χρώμα ούτε η σύνθεση τους αλλάζουν σημαντικά (Heuvelink, 2005).

Έχει παρατηρηθεί όμως ότι τα υβρίδια μακράς μετασυλλεκτικής ζωής που καλλιεργούνται σήμερα περιέχουν κάποιες μεταλλάξεις που επιβραδύνουν την ωρίμανση και βελτιώνουν τη διάρκεια της «ζωής στο ράφι», αλλά επηρεάζουν δυσμενώς τη γεύση και το χρώμα. Για παράδειγμα, καλλιεργούνται αρκετά τομάτες που διαθέτουν τη μετάλλαξη του αναστολέα ωρίμανσης (*rin*) για να προσδώσουν μεγάλη διάρκεια ζωής που είναι ζωτικής σημασίας για την αλυσίδα εφοδιασμού. Τα υβρίδια που έχουν τον αναστολέα ωρίμανσης (*rin*) παράγουν συνεκτικούς καρπούς που ωριμάζουν αργά, αλλά συχνά έχουν κακή γεύση, δεν αναπτύσσουν πλήρες χρώμα και έχουν μειωμένη θρεπτική αξία. Έτσι, τα τελευταία χρόνια πραγματοποιείται στοχευμένη προσπάθεια ελέγχου του μαλακώματος της τομάτας, χωρίς να επηρεάζονται άλλες πτυχές της ωρίμανσης, έτσι ώστε να παραμείνουν όλα τα οφέλη της μεγάλης διάρκειας ζωής, της αυξημένης δυνατότητας μεταφοράς και της αντοχής στις ασθένειες, χωρίς αρνητικές συνέπειες για το χρώμα, το άρωμα και τη γεύση. Αναφέρεται ότι το γονίδιο λύαση της πηκτίνης (*pectin lyase*) στην τομάτα είναι ζωτικής σημασίας για το μαλάκωμα των καρπών και ότι η σίγασή του μπορεί να

μεταβάλλει την υφή χωρίς να επηρεάζει άλλες πτυχές της ωρίμανσης (Uluışik et al., 2015).

Όλα αυτά τα διαφορετικά συμπεράσματα δείχνουν ότι τα περίπλοκα και αλληλένδετα συστατικά της ωρίμανσης και της ποιότητας δεν μπορούν ακόμη να χειριστούν κατά βούληση, επεμβαίνοντας σε κάποιο χωρίς να επηρεαστούν κάποια άλλα (Heuvelink, 2005).

iii. Τοπικές ποικιλίες με μακρά διατηρησιμότητα

Οι μεταλλάξεις ωρίμανσης τομάτας όπως τα rin, nor, nr, κ.α. μεταξύ άλλων, έχουν ως αποτέλεσμα καθυστέρηση ή και αδυναμία ωρίμανσης που σχετίζονται συχνά με την ευαισθησία που έχουν στην σύνθεση αιθυλενίου και με πλειοτροπικά αποτελέσματα στην ποιότητα, στο χρώμα και τη γεύση. Εξαιτίας αυτού, οι μεταλλάξεις rin και nor χρησιμοποιούνται μόνο ως ετερόζυγες σε προγράμματα αναπαραγωγής, με αποτέλεσμα την καθυστερημένη - αλλοιωμένη ωρίμανση και την επέκταση στην διάρκεια ζωής των καρπών. Σε αντίθεση, υπάρχουν τοπικές ποικιλίες τομάτας από την περιοχή της Μεσογείου οι οποίες φέρουν τον φαινότυπο «μακράς διατηρησιμότητας – Long Shelf-Life - LSL» και διαφέρουν από τις προαναφερθείσες μεταλλάξεις ως προς το ότι η ωρίμανση των καρπών δεν παρεμποδίζεται, ενώ επιπλέον εμφανίζεται φυσιολογική κλιμακτηριακή συμπεριφορά (Conesa, 2019). Έτσι, η ωρίμανση σε αυτές τις ποικιλίες μακράς διατηρησιμότητας επιτυγχάνεται πλήρως πάνω στο φυτό και η ποιότητα των καρπών αυτών υπερτερεί σαφώς σε σχέση με των μεταλλάξεων. Ωστόσο, η αποθήκευση μετά τη συγκομιδή που αποδίδεται στις διάφορες μεταλλάξεις είναι συνήθως χαμηλότερη από 60 ημέρες και κατά πολύ μικρότερη από τους 6-8 μήνες που αναφέρθηκαν για κάποιες από αυτές τις τοπικές ποικιλίες. Αν και ο φαινότυπος LSL στις τοπικές αυτές ποικιλίες φαίνεται να έχει συσχετιστεί με την μετάλλαξη αλκομπάκα (alc), μελέτες έδειξαν ότι δεν επαρκεί μόνο αυτή η μετάλλαξη για να επιφέρει την παρατεταμένη μετασυλλεκτική ζωή των καρπών από τις ποικιλίες αυτές. Μελέτες σε μεταλλάξεις τομάτας υποδεικνύουν ένα πιθανό ρόλο για την απώλεια νερού κατά την έναρξη της ωρίμανσης στην ενεργοποίηση της παραγωγής αιθυλενίου η οποία τελικά οδηγεί στην ολοκλήρωση της ωρίμανσης και στην υπερωρίμανση. Επομένως, η ικανότητα διατήρησης του νερού των LSL καρπών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μπορεί επίσης να είναι ένας παράγοντας που αποτρέπει την υπερβολική ωρίμανσή τους (Conesa, 2019).

1.4 ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ - ΤΕΧΝΗΤΗ ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΣΤΟ ΦΥΤΟ

Η ανάπτυξη και ωρίμανση των καρπών τομάτας είναι μια πολύπλοκη, γενετικά προγραμματισμένη διαδικασία που διαρκεί γενικά από 40 έως 50 ημέρες. Κατά τη διάρκεια των τελικών σταδίων ανάπτυξης, ο καρπός της τομάτας φτάνει σε πλήρες μέγεθος και ωριμάζει. Η ωρίμανση είναι μη αναστρέψιμη και εμφανίζεται με αλλαγές στην υφή, το χρώμα, τη γεύση, το άρωμα της σάρκας των καρπών και ο βιολογικός παράγοντας που επάγει τη διαδικασία ωρίμανσης είναι το αιθυλένιο, όταν η εσωτερική συγκέντρωση του φυσικά παραγόμενου αιθυλενίου φτάνει τα 0,1 έως 1,0 ppm. Πριν από αυτό το διάστημα, η φυσική διαδικασία ωρίμανσης μπορεί να ξεκινήσει τεχνητά, εκθέτοντας τους καρπούς σε εξωγενείς πηγές αιθυλενίου αλλά και σε άλλα μέσα ή αέρια (π.χ. προπυλένιο) που μπορεί να προωθήσουν την ωρίμανση εκτός φυτού (Sargent, 2000; Pek, 2010).

1.4.1 Επίδραση του σταδίου ωρίμανσης κατά την συγκομιδή στην ποιότητα και τη μετασυλλεκτική ζωή της τομάτας

Το στάδιο συγκομιδής καθορίζει το περιεχόμενο των θρεπτικών συστατικών καθώς και τη διάρκεια αποθήκευσης οποιουδήποτε καρπού. Σε ολόκληρο τον κόσμο, οι τομάτες συγκομίζονται σε διαφορετικά στάδια ωριμότητας, όπως το πράσινο ώριμο στάδιο, το στάδιο πριν την πλήρη ωρίμανση έως και το κόκκινο στάδιο της πλήρους ωρίμανσης. Μετά την συγκομιδή των καρπών οι συνθήκες στις οποίες θα συντηρηθούν – αποθηκευτούν παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην μετέπειτα πορεία τους. Οι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί μπορεί να έχουν ως σκοπό τη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών, δηλαδή, οι καρποί να συγκομιστούν πριν την πλήρη ωρίμανση και να ωριμάσουν υπό κατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης, αποκτώντας μετασυλλεκτικά τα επιθυμητά χαρακτηριστικά στο στάδιο της εμπορικής ωρίμανσης (ώριμο κόκκινο στάδιο). Παρόλα αυτά, πρέπει να σημειωθεί παρά τη βελτίωση της ποιότητας των καρπών τομάτας μετά τη συγκομιδή τους με την εφαρμογή κατάλληλων μετασυλλεκτικών χειρισμών, η τελική ποιότητα των καρπών στο στάδιο της εμπορικής ωρίμανσης υπολείπεται συνήθως της ποιότητας που θα είχαν οι καρποί εάν ωριμάζαν πάνω στο φυτό πριν τη συγκομιδή τους (Moneruzzaman et al., 2008; Πάσσαμ et al., 2015).

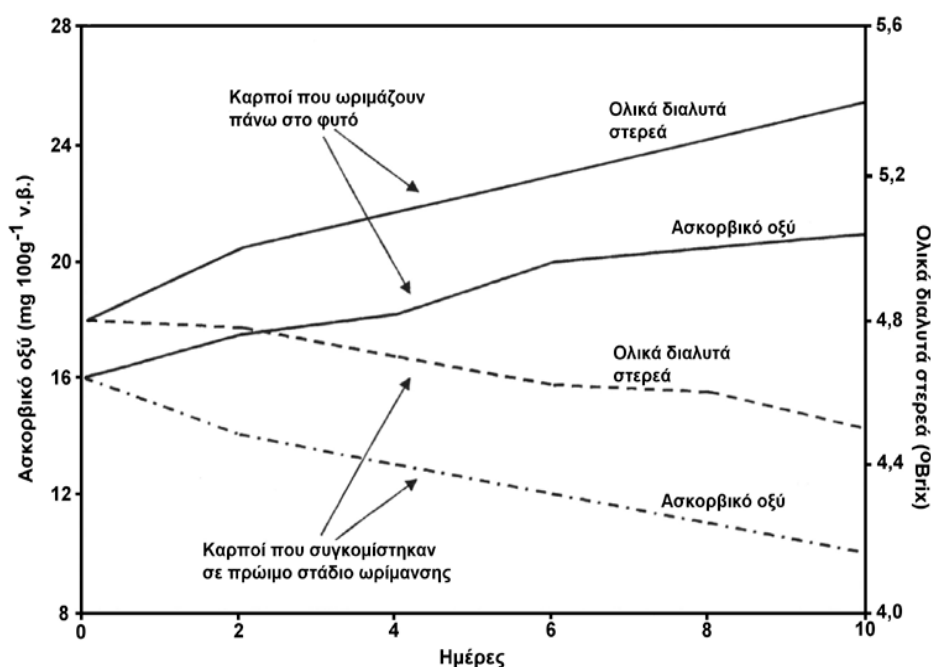
Το στάδιο ωρίμανσης επηρεάζει επίσης τη συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα, καθώς πράσινες φυσιολογικά ώριμες τομάτες έχουν βρεθεί να περιέχουν σημαντικά λιγότερα αντιοξειδωτικά από τις ώριμες κόκκινες. Δεν βρέθηκαν όμως σημαντικές διαφορές στη συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα μεταξύ καρπών που ωρίμασαν μετασυλλεκτικά ή πάνω στο φυτό και αποθηκεύτηκαν για 14 ημέρες στο σκοτάδι στους 15 °C. Αντίθετα, οι καρποί που συγκομίστηκαν ανώριμοι και ωρίμασαν μετασυλλεκτικά παρουσίασαν μειωμένο περιεχόμενο σε ξηρά ουσία σε σχέση με αυτούς που ωρίμασαν πάνω στο φυτό (Wold et al., 2004).

Σύμφωνα με τους Moneruzzaman et al. (2008) οι φυσιολογικά ώριμες πράσινες τομάτες είχαν υψηλότερη δυνατότητα αποθήκευσης (13 ημέρες), από ό,τι οι καρποί σε ενδιάμεσο στάδιο ωρίμανσης (12 ημέρες), ενώ οι πλήρως ώριμοι καρποί είχαν τη μικρότερη μετασυλλεκτική ζωή (10,3 ημέρες). Αντίστοιχα, τα μεγαλύτερα ποσοστά

αποσύνθεσης μετά από 15 ημέρες αποθήκευσης είχαν οι πλήρως ώριμες τομάτες, όταν οι καρποί που συγκομίστηκαν στο φυσιολογικά ώριμο πράσινο στάδιο εμφάνισαν τη μεγαλύτερη απώλεια βάρους, λόγω του υψηλότερου ρυθμού απώλειας νερού που συμβαίνει γενικά στους νεαρούς ιστούς. Οι φυσιολογικά ώριμες πράσινες τομάτες μαλάκωσαν μετά από 15 ημέρες συντήρησης, σε σχέση με τις 12 και 9 ημέρες αντίστοιχα των μισοώριμων και πλήρως ώριμων καρπών (Moneruzzaman et al., 2008).

1.4.2 Διαφορές τεχνητής και πάνω στο φυτό ωρίμανσης

Η τεχνητή ωρίμανση μπορεί να έχει θετικές και αρνητικές επιδράσεις. Στις θετικές επιδράσεις περιλαμβάνεται η ωρίμανση των ανώριμων καρπών (π.χ. μετασυλλεκτική ωρίμανση), η ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος και η επέκταση της μετασυλλεκτικής ζωής των καρπών. Παράλληλα όμως, υποβαθμίζονται τα ποιοτικά και κυρίως τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, γεύση, άρωμα) των καρπών, σε σχέση με τους καρπούς που ωριμάζουν πάνω στο φυτό. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι οι καρποί που ωριμάζουν πάνω στο φυτό συνεχίζουν να συσσωρεύουν σάκχαρα, οξέα και ασκορβικό οξύ κατά την ωρίμανσή τους, σε αντίθεση με αυτούς που συγκομίζονται σε πρώιμο στάδιο της ωρίμανσης και των οποίων η ωρίμανση εκτός φυτού βασίζεται αποκλειστικά στα ενδογενή τους αποθέματα (π.χ. παραγωγή διαλυτών σακχάρων μόνο από το άμυλο που είναι συσσωρευμένο στον καρπό κατά το στάδιο της συγκομιδής) (Πάσσαμ et al., 2015; Sargent, 2000). Σε πείραμα που πραγματοποίησαν οι Betancourt et al. (1997) παρατηρήθηκε ότι καρποί που συγκομίστηκαν στο στάδιο του σπασίματος του χρώματος και ωρίμασαν (τεχνητά) εκτός του φυτού, είχαν μειωμένα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά και αναγωγικά σάκχαρα σε σχέση με τους καρπούς που αφέθηκαν να ωριμάσουν πάνω στο φυτό (Διάγραμμα 1.2).



Διάγραμμα 1.2. Διαφορές στην ποσότητα ασκορβικού οξέος και ολικών διαλυτών στερεών σε καρπούς τομάτας που ωριμάζουν πάνω στο φυτό και σε καρπούς που συλλέχθηκαν 10 ημέρες πριν την πλήρη ωρίμανση (Rick, 1978)

Αν και οι ανώριμες τομάτες μπορούν να ωριμάσουν από την έκθεση σε αιθυλένιο που εφαρμόζεται εξωτερικά, δεν θα αναπτύξουν ποτέ παρόμοια ποιοτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά με τους καρπούς που συγκομίστηκαν ώριμοι κόκκινοι. Αν όμως η συγκομιδή γίνει σε μετέπειτα στάδια της ωρίμανσης, όπως στο στάδιο του σπασίματος ή του γυρίσματος του χρώματος, μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα των καρπών και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τους (ιδιαίτερα τη γεύση και το άρωμα) σε σχέση με πιο πρόωμη συγκομιδή (Διάγραμμα 1.2), όμως περιορίζεται η αποθηκευτική ζωή τους (Πάσσαμ et al., 2015; Sargent, 2000).

Παραταύτα, υπάρχουν αντικρουόμενα συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση της μετασυλλεκτικής ωρίμανσης στα ποιοτικά και κυρίως στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών τομάτας, κυρίως λόγω της διαφορετικής αντίδρασης των διαφόρων γονοτύπων, των συνθηκών ωρίμανσης εκτός του φυτού και των χαρακτηριστικών που προσδιορίστηκαν.

Σύμφωνα με τους Arias et al. (2000) η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο καρπών τομάτας που έχουν ωριμάσει πάνω στο φυτό ήταν υψηλότερη (6,63 mg/100g) σε σχέση με των καρπών που ωρίμασαν εκτός φυτού (5,00 mg/100g). Αντίστοιχα, μικρή αλλά σημαντική αύξηση του β-καροτενίου παρατηρήθηκε σε καρπούς που ωρίμασαν πάνω στο φυτό (0,18 mg/100g) σε σχέση με εκείνους που ωρίμασαν εκτός φυτού (0,13 mg/100g). Οι τομάτες που ωρίμασαν στο φυτό είχαν υψηλότερες τιμές a^* και αναλογία a^*/b^* αλλά χαμηλότερες τιμές L^* και b^* , επομένως είχαν πιο έντονο κόκκινο χρώμα, αλλά ήταν πιο σκούρες από τις τομάτες που ωρίμασαν εκτός φυτού. Τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά των καρπών που ωρίμασαν στο φυτό ήταν υψηλότερα κατά 7,6% σε σχέση με των καρπών που ωρίμασαν εκτός φυτού. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην κατανάλωση υποστρωμάτων, κυρίως υδατανθράκων από τα αποθέματα θρεπτικών συστατικών των καρπών που ωρίμασαν μετασυλλεκτικά για τη διατήρηση των φυσιολογικών τους λειτουργιών και/ή στην υψηλότερη συσσώρευση διαλυτών στερεών στους καρπούς που ωρίμασαν στο φυτό, λόγω της συνεχόμενης τροφοδοσίας από το μητρικό φυτό. Σε αντίθεση όμως με τα δεδομένα του διαγράμματος 1.2, δεν παρατηρήθηκε κάποια στατιστική διαφορά στην περιεκτικότητα ασκορβικού οξέος μεταξύ των δύο τύπων ωρίμανσης. Η συνεκτικότητα των καρπών που ωρίμασαν στο φυτό ήταν σημαντικά υψηλότερη, κατά 15,5%, σε σχέση με αυτή των καρπών που ωρίμασαν εκτός του φυτού. Η διαφορά στη συνεκτικότητα μπορεί να εξηγηθεί από τις φυσιολογικές αλλαγές μετά τη συγκομιδή των καρπών καθώς ο καρπός ωριμάζει (Arias et al., 2000).

Όμοια, οι Giovanelli et al. (1999) αναφέρουν ότι τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα και τα αναγωγικά σάκχαρα είχαν υψηλότερες τιμές όταν οι καρποί ωρίμασαν πάνω στο φυτό σε σχέση με τους καρπούς που ωρίμασαν εκτός φυτού (με παραμονή τους στους 20 °C σε φωτοπερίοδο 12 ωρών). Αντίθετα, παρατήρησαν ότι το λυκοπένιο, το β-καροτένιο, το ασκορβικό οξύ και τα ολικά φαινολικά συστατικά είχαν υψηλότερες τιμές κατά την ωρίμανση εκτός φυτού και κατά συνέπεια οι τομάτες που ωρίμασαν εκτός του φυτού είχαν υψηλότερη ολική αντιοξειδωτική δράση σε σχέση με αυτές που ωρίμασαν στο φυτό (Giovanelli et al., 1999). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Bisogni et al. (1976) ως προς το μειωμένο περιεχόμενο σε ασκορβικό οξύ στους καρπούς που ωρίμασαν στο φυτό σε σχέση με αυτούς που συγκομίστηκαν στο ώριμο πράσινο στάδιο και ωρίμασαν σε θάλαμο συντήρησης στους 20 °C που αεριζόταν με ρεύμα υγρού αέρα. Αυτό θα

μπορούσε ενδεχομένως να εξηγείται από τις ποικίλες περιβαλλοντικές συνθήκες που μπορεί να επικρατούν κατά την ωρίμανση των καρπών τομάτας στον αγρό όπως η θερμοκρασία. Σε αντίθεση με τα προαναφερθέντα, οι Bisogni et al. (1976) δεν παρατήρησαν σημαντικές διαφορές στο pH, στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα και τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά μεταξύ των καρπών που ωρίμασαν πάνω στο φυτό και εκτός φυτού. Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, οι μετρήσεις αυτές αντικατοπτρίζουν τις συνολικές ποσότητες σακχάρων και οργανικών οξέων και όχι τα μεμονωμένα συστατικά. Κατά συνέπεια, οι μετρήσεις αυτές ενδέχεται να μην είναι σε θέση να εντοπίσουν διαφορές που έχουν πράγματι συμβεί, γιατί γευστική δοκιμή από ομάδα δοκιμαστών έδειξε ότι οι καρποί που ωρίμασαν στον φυτό ήταν σημαντικά καλύτεροι στη συνολική ποιότητα και τη γεύση σε σχέση με τους καρπούς που ωρίμασαν εκτός φυτού (Bisogni et al., 1976).

Οι Pek et al. (2010) μελέτησαν την ανάπτυξη χρώματος και αντιοξειδωτικών κατά την ωρίμανση καρπών τομάτας πάνω στο φυτό και μετά τη συγκομιδή τους στο στάδιο αλλαγής του χρώματος (turning) κατά τη διατήρησή τους στους 15 και 30 °C. Οι καρποί που ωρίμασαν στους 15 °C και πάνω στο φυτό είχαν σημαντικά υψηλότερες τιμές a* (πιο κόκκινοι καρποί) σε σύγκριση με αυτούς που ωρίμασαν στους 30 °C. Αντίστοιχα, οι καρποί που ωρίμασαν στους 15 °C ήταν πιο γευστικοί σε σχέση με εκείνους που ωρίμασαν στο φυτό και στους 30 °C, διότι είχαν υψηλότερες τιμές ολικών διαλυτών στερεών συστατικών, σακχάρων, και οργανικών οξέων. Η ωρίμανση στους 15 °C παρουσίασε θετικά αποτελέσματα και στα ολικά φαινολικά συστατικά, ενώ όσον αφορά το ασκορβικό οξύ και το λυκοπένιο καλύτερα αποτελέσματα είχε η ωρίμανση πάνω στο φυτό. Σε γενικές γραμμές μπορεί να προκύψει το συμπέρασμα ότι η ωρίμανση στο φυτό είναι ιδανική, όμως η ωρίμανση εκτός του φυτού υπό τις κατάλληλες συνθήκες μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα στο χρώμα και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού τομάτας.

Για τη μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας στην ωρίμανση των καρπών τομάτας εκτός του φυτού, οι Takahashi et al. (2013) χρησιμοποίησαν καρπούς τομάτας πράσινου έως κόκκινου χρώματος οι οποίοι εκτέθηκαν για 0, 24 και 48 ώρες στους 15 °C και 20 °C. Μικρή αλλαγή χρώματος παρατηρήθηκε κατά την παραμονή των ώριμων κόκκινων καρπών έως και 48 ώρες ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Οι καρποί που συγκομίστηκαν στο πράσινο φυσιολογικά ώριμο στάδιο παρουσίασαν εντονότερη αλλαγή του χρώματος με την πάροδο του χρόνου, με εντονότερη αλλαγή στους 20 °C από ότι στους 15 °C. Εξετάστηκαν επίσης οι επιδράσεις της διάρκειας αποθήκευσης και της θερμοκρασίας στην περιεκτικότητα σε σάκχαρα, τη συνεκτικότητα και το νωπό βάρος των καρπών τομάτας με διαφορετικά στάδια ωριμότητας. Διαπιστώθηκε ότι η περιεκτικότητα σε σάκχαρα των καρπών αυξήθηκε και η συνεκτικότητά τους μειώθηκε κατά την παραμονή και στις δύο θερμοκρασίες (15 °C και 20 °C) ανεξάρτητα από το στάδιο ωριμότητας. Ο ρυθμός μείωσης του νωπού βάρους μετά την παραμονή στους 20 °C ήταν μεγαλύτερος από αυτόν στους 15 °C ανεξάρτητα από το στάδιο ωριμότητας κατά τη συγκομιδή. Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι οι μεταβολές στην περιεκτικότητα σε σάκχαρα, στη συνεκτικότητα και στο νωπό βάρος των καρπών μετά την συντήρησή τους στους 15 και 20 °C έως και 48 ώρες, δεν επηρεάστηκαν από το στάδιο ωρίμανσης στο οποίο βρίσκονταν οι καρποί (πράσινοι και κόκκινοι) (Takahashi et al., 2013).

1.4.3 Διάφορες μέθοδοι ωρίμανσης εκτός του φυτού

Σε αντίθεση με τα προαναφερθέντα, δεν έχουν παρατηρηθεί σημαντικές βιοχημικές, χημικές ή φυσιολογικές διαφορές μεταξύ των φυσιολογικά ώριμων πράσινων καρπών οι οποίοι ξεκίνησαν να ωριμάζουν τεχνητά με την εξωγενή εφαρμογή αιθυλενίου, ή αφέθηκαν να ωριμάσουν μόνοι τους, υπό την επίδραση του ενδογενώς παραγόμενου αιθυλενίου. Σύμφωνα με τους Paynter and Jen (1976) η εμφάνιση για 5 λεπτά πράσινων φυσιολογικά ώριμων καρπών τομάτας σε διάλυμα Ethrel 5000 ppm, επέσπευσε και επέφερε πιο ομοιόμορφη ωρίμανση, σε σχέση με τους καρπούς που δεν δέχθηκαν επέμβαση, αλλά δεν είχε καμία σημαντική επίδραση στο χρώμα, τη συνεκτικότητα, στο περιεχόμενο των καρπών σε λυκοπένιο, ασκορβικό οξύ, καροτενοειδή, ολικά διαλυτά στερεά, τιτλοδοτούμενη οξύτητα και στο pH του χυμού, εκτός από τη μείωση του απαιτούμενου χρόνου έως ότου οι ώριμοι πράσινοι καρποί τομάτας φτάσουν σε ένα ορισμένο στάδιο ωριμότητας.

Κατά συνέπεια, ο αιθυλενισμός (έναρξη της ωρίμανσης υπό την επίδραση εξωγενώς παρεχόμενου αιθυλενίου) των φυσιολογικά ώριμων πράσινων καρπών αποτελούσε για τις τομάτες ποικιλιών μικρής μετασυλλεκτικής ζωής συνηθισμένη και ωφέλιμη τεχνική, η οποία οδηγούσε σε πιο ομοιόμορφη και σε μικρότερο χρονικό διάστημα ωρίμανση, με παράλληλη ρύθμιση και αύξηση της μετασυλλεκτικής ζωής, διευκόλυνση των μετασυλλεκτικών χειρισμών κατά τη διάθεσή τους στην αγορά, ενώ μείωνε το φορτίο των καρπών πάνω στα φυτά δίνοντας τη δυνατότητα αυξημένης παραγωγής (Πάσσαμ et al., 2015; Sargent, 2000). Για το λόγο αυτό, κατά καιρούς έχουν γίνει πολλές έρευνες αλλά και εφαρμογές διαφόρων μεθόδων τεχνητής ωρίμανσης των καρπών τομάτας εκτός του φυτού, μετά τη συγκομιδή των καρπών στο ώριμο πράσινο στάδιο. Κάποιες από αυτές παρατίθενται παρακάτω.

Στην εμπορική πρακτική, οι ώριμες πράσινες τομάτες εκτίθενται σε επεξεργασία με αιθυλένιο για να επιταχυνθεί η ωρίμανση και να εξασφαλιστεί ομοιόμορφη ωρίμανση σε όλη την παρτίδα. Οι τομάτες μπορούν να εκτεθούν σε συγκέντρωση αιθυλενίου 100 - 150 ppm για 24 έως 48 ώρες σε θερμοκρασία 20-24 °C και σχετική υγρασία 90%. Καρποί πέρα από το στάδιο του σπασίματος του χρώματος (breaker) δεν θα επωφεληθούν από την εφαρμογή αιθυλενίου αφού η διαδικασία έχει ξεκινήσει ήδη από το ενδογενές αιθυλένιο του καρπού. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι το πρόσθετο αιθυλένιο μπορεί να επιταχύνει τη διαδικασία ωρίμανσης (Boyette, 1997).

Σύμφωνα με τον Sargent (2000) οι καρποί πρέπει να παραμείνουν κλεισμένοι σε αεροστεγή περιβάλλοντα για τη διατήρηση της επιθυμητής ατμόσφαιρας αιθυλενίου (τα οποία μπορεί να είναι από πλαστικοί περιέκτες έως θάλαμοι ή δωμάτια ωρίμανσης κατασκευασμένα από πάνελ ουρεθάνης με επίστρωση αλουμινίου). Η θερμοκρασία του χώρου πρέπει να διατηρείται στους 20 - 25 °C, η σχετική υγρασία στο 85 - 90% και η έκθεση των καρπών τομάτας σε αιθυλένιο να πραγματοποιείται για 24 - 48 ώρες. Οι συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα πρέπει να είναι μικρότερες από 4%, επομένως οι αεροστεγείς χώροι πρέπει να ανοίγουν και να αερίζονται πλήρως σε διαστήματα 12 ωρών για να αποφευχθεί συσσώρευση διοξειδίου του άνθρακα. Η ποσότητα του αιθυλενίου πρέπει να διατηρείται στα 100 - 150 ppm εάν ελέγχονται τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα (δεν υπάρχουν θετικά δεδομένα για υψηλότερες συγκεντρώσεις). Οι χώροι πρέπει να είναι κλειστοί και οι εσωτερικοί ανεμιστήρες θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση ομοιόμορφης διανομής αιθυλενίου.

Το σύστημα flow-thru είναι η πιο αποτελεσματική και οικονομική μέθοδος για την έναρξη ωρίμανσης ώριμων πράσινων καρπών τομάτας. Στο σύστημα αυτό, το αιθυλένιο αναμιγνύεται με αέρα σε συγκέντρωση 150 ppm και περνά μέσα από τον χώρο ωρίμανσης με την ελάχιστη ταχύτητα ροής να επιτρέπει τον πλήρη εξαερισμό του χώρου κάθε 6 ώρες. Αυτή η συγκέντρωση αιθυλενίου είναι αρκετή για να ξεκινήσει η ωρίμανση ενώ η ταχύτητα εξαερισμού διατηρεί το επίπεδο διοξειδίου του άνθρακα κάτω από 2%.

Ακόμη, σύμφωνα με τον Watada (1986), οι ώριμες πράσινες τομάτες μπορούν να υποβληθούν σε χειρισμό με 100 ppm, και σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να εφαρμοστούν 1.000 ppm, αιθυλένιο για 24-48 ώρες στους 20-25 °C και 85-90% σχετική υγρασία. Αν και 1-10 ppm αιθυλένιο επαρκεί για να προκαλέσει ωρίμανση, χρησιμοποιούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις για να εξασφαλιστεί η επεξεργασία καρπών που βρίσκονται στο κέντρο της παλέτας (όταν αφορά μεγάλες ποσότητες αποθηκευμένων καρπών) και για να αντισταθμιστεί η διαρροή αιθυλενίου από τους χώρους εφαρμογής. Επειδή τα υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα αναστέλλουν τη δράση του αιθυλενίου κατά την ωρίμανση, συνιστάται το CO₂ να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα, να μην συσσωρεύεται πέραν του 4% κατά τη διάρκεια του αιθυλενισμού και να διατηρείται κάτω του 2% μετά την επέμβαση (Watada, 1986).

Ακόμη ένα άλλο μέσο ωρίμανσης είναι το Ethephon που χρησιμοποιείται για να επισπεύσει την ωρίμανση όταν τα φυτά που έχουν προγραμματιστεί για πρόωμη συγκομιδή φυτεύονται αργά ή αναπτύσσονται αργά λόγω χαμηλών θερμοκρασιών, φτωχής ηλιοφάνειας και υψηλής υγρασίας ή όταν προβλέπεται δροσερός, υγρός καιρός στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, κάτι που μπορεί να καθυστερήσει την ωρίμανση και να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα της τομάτας (Watada, 1986).

Σε πείραμα που διεξήχθη από τον Sims (1969), μελετήθηκε η εφαρμογή Ethrel στην ωρίμανση ώριμων πράσινων καρπών τομάτας για νωπή κατανάλωση. Οι καρποί (cv. VFN-Bush) είχαν συλλεχθεί μηχανικά, πλύθηκαν σε χλωριωμένο νερό και κερώθηκαν. Δέκα καρποί μεγέθους 5 x 6 και πέντε μεγέθους 7 x 7 (μέθοδος ταξινόμησης μεγέθους των καρπών τομάτας), βυθίστηκαν για 10 δευτερόλεπτα σε διάλυμα Ethrel 10.000 ppm και στη συνέχεια αποθηκεύτηκαν στους 20 °C. Ο ίδιος αριθμός καρπών του ίδιου μεγέθους αφέθηκαν χωρίς επέμβαση. Σε οκτώ ημέρες όλοι οι καρποί, ανεξαρτήτως μεγέθους, οι οποίοι είχαν υποβληθεί σε επέμβαση με Ethrel ωρίμασαν στο κόκκινο ώριμο, στο ροζ ή στο στάδιο σπασίματος του χρώματος. Αντίθετα, από τους μη επεξεργασμένους καρπούς το 27% παρέμεινε πράσινο. Σε 12 ημέρες, όλοι οι καρποί που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία είχαν κόκκινο χρώμα, ενώ το 20% των καρπών που δεν είχαν υποβληθεί σε επέμβαση ήταν ακόμα πράσινο, με τους περισσότερους από αυτούς να είναι μεγάλου μεγέθους (7 x 7). Η ωρίμανση των καρπών που δέχθηκαν Ethrel ήταν νωρίτερη και πολύ πιο ομοιόμορφη. Δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων με κερί και χωρίς κερί. Συνεπώς, από αυτό το πείραμα μπορεί να προκύψει το αποτέλεσμα ότι και το Ethrel μπορεί να βοηθήσει στην ωρίμανση καρπών τομάτας εκτός φυτού (Sims, 1969).

Οι Paynter and Jen (1976) επίσης χρησιμοποίησαν Ethrel για την ωρίμανση καρπών τομάτας. Το διάλυμα εμφάνισης που χρησιμοποίησαν ήταν 5 λίτρα απεσταγμένου νερού που περιέχει 0.1% (w/w) Tween 20 και 5000 ppm Ethrel. Έκαναν εμφάνιση των καρπών σε αυτό το διάλυμα για 5 λεπτά και έπειτα τους τοποθέτησαν στους 25°C. Η επέμβαση με ethephon προώθησε την ωρίμανση και οδήγησε σε πιο

ομοιόμορφους καρπούς ως προς την ωρίμανσή τους, αλλά όπως προαναφέρθηκε δεν επέδρασε στις φυσικοχημικές ιδιότητες των καρπών σε σχέση με αυτούς που δεν δέχθηκαν επέμβαση. Όμως, όταν η επέμβαση με etherphon συνδυάστηκε με εφαρμογή φωτός, η ωρίμανση επιταχύνθηκε ακόμα περισσότερο αλλά ήταν και πιο ομοιόμορφη σε σχέση με την εφαρμογή μόνο με Etherphon όσο και μόνο με φως (Paynter and Jen, 1976).

1.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΤΟΜΑΤΑΣ

Η ένταση αλλά και το φάσμα του φωτός επιδρούν σημαντικά στη συσσώρευση διαφόρων συστατικών στους καρπούς τομάτας (σάκχαρα, οξέα, χρωστικές, αρωματικές ουσίες κ.ά.) κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, επηρεάζοντας ουσιαστικά τη γεύση και την εμφάνισή τους. Παρόλο που η ωρίμανση μπορεί να πραγματοποιηθεί απουσία φωτός, το φως την επιταχύνει, ενώ τα επίπεδα της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την ανάπτυξη των καρπών σχετίζονται στενά με την περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, με τα υψηλότερα επίπεδα ακτινοβολίας να επιφέρουν υψηλότερες συγκεντρώσεις σακχάρων στους καρπούς με αποτέλεσμα την πιο γλυκιά γεύση (Πάσσαμ κ.ά., 2015 ; Jen, 1974).

1.5.1 Ανάπτυξη χρώματος

Η ανάπτυξη του χρώματος στους καρπούς τομάτας είναι μια περίπλοκη διαδικασία (που αναλύεται παραπάνω στο κεφάλαιο 1.2) η οποία για να πραγματοποιηθεί είναι απαραίτητες κάποιες συνθήκες και μια από τις πιο βασικές είναι το φως-ακτινοβολία.

Έχουν γίνει πολλές μελέτες ώστε να διαπιστωθεί ποιου είδους φως είναι αποδοτικότερο στην ανάπτυξη του χρώματος της τομάτας. Σύμφωνα με τον Jen (1974), το κόκκινο φως είναι πιο αποτελεσματικό από το μπλε στην αποσύνθεση της χλωροφύλλης. Το πράσινο και το λευκό φως έχουν μικρότερη αποτελεσματικότητα, αλλά σε σχέση με τομάτες που αποθηκεύτηκαν σε σκοτάδι, συνέβαλλαν στην ταχύτερη αποσύνθεση της χλωροφύλλης. Επιπρόσθετα, τόσο το κόκκινο όσο και το μπλε φως είναι πιο αποτελεσματικά από το πράσινο ή το λευκό στην επιτάχυνση της βιοσύνθεσης καροτενοειδών κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Η παρατήρηση της ταχύτερης αύξησης των επιπέδων καροτενοειδών στους καρπούς που δέχθηκαν κόκκινο φως από ότι σε αυτούς που δέχθηκαν μπλε φως στις πρώτες τέσσερις ημέρες φωτισμού ήταν πιθανώς το αποτέλεσμα της ταχύτερης αποδόμησης της χλωροφύλλης. Από την έκτη ημέρα και μετά όμως, η αύξηση των καροτενοειδών στους καρπούς που δέχθηκαν μπλε φως ήταν στην πραγματικότητα ταχύτερη από εκείνους που δέχθηκαν κόκκινο φως και τελικά οι καρποί που δέχθηκαν μπλε φως παρήγαγαν περισσότερα καροτενοειδή (Jen, 1974).

Η αυξημένη φωτεινή ακτινοβολία ενισχύει τις συγκεντρώσεις λυκοπενίου και β-καροτενίου σε καρπούς τομάτας, ενώ μειώνει τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης. Αυτό έχει επιβεβαιωθεί με πειράματα επιλεκτικής σκίασης των καρπών όπου στα σημεία αυτά η περιεκτικότητα σε καροτενοειδή ήταν μειωμένη σε σχέση με τα σημεία που ήταν εκτεθειμένα στο φως (Gautier et al., 2008). Οι καρποί τομάτας διαθέτουν

διαφορετικούς φωτοϋποδοχείς (φυτοχρώματα και φωτοϋποδοχέα μπλε φωτός που ονομάζεται κρυπτοχρώμιο), οι οποίοι εμπλέκονται στη ρύθμιση της βιοσύνθεσης των καροτενοειδών. Είναι αποδεδειγμένο ότι το φυτόχρωμα ρυθμίζει τη συσσώρευση λυκοπενίου που προκαλείται από το φως επειδή το κόκκινο φως ενισχύει το πρώτο βήμα της καροτενογένεσης ρυθμίζοντας τη δραστηριότητα της συνθάσης του φυτοενίου (PSY) (Gautier et al., 2008).

Σύμφωνα με τους Lee et al. (1997), τομάτες που συλλέχθηκαν στο στάδιο του σπασίματος του χρώματος (Breaker) και δέχθηκαν κόκκινο φωτισμό (Red-R) 3 λεπτών κατά τη διάρκεια των πρώτων 4 ημερών ωρίμανσης, ανέπτυξαν πολύ πιο γρήγορα κόκκινο χρωματισμό. Αντίθετα, η εφαρμογή υπέρυθρου φωτισμού (Far Red-FR) καθυστέρησε την ανάπτυξη κόκκινου χρωματισμού. Η προώθηση της ανάπτυξης κόκκινου χρώματος με κόκκινη ακτινοβολία (R) επιβραδύνθηκε με επακόλουθο υπέρυθρο φωτισμό (FR), και παρομοίως, η καθυστέρηση στην ανάπτυξη κόκκινου χρώματος λόγω εφαρμογής υπέρυθρου, αναιρέθηκε με την ακόλουθη εφαρμογή κόκκινου φωτισμού. Η τελική επιτάχυνση ή η καθυστέρηση της ανάπτυξης του κόκκινου χρώματος των καρπών εξαρτήθηκε από ποια επέμβαση φωτισμού χορηγήθηκε τελευταία κατά τις πρώτες 4 ημέρες ωρίμανσης. Η αλλαγή χρωματισμού των καρπών ολοκληρώθηκε πλήρως όταν το διάστημα μεταξύ των επεμβάσεων κόκκινου (R) και υπέρυθρου (FR) φωτισμού ήταν 1 ή 2 ημέρες. Ο σποραδικός φωτισμός είχε τη μεγαλύτερη επίδραση στην ανάπτυξη χρώματος σε τομάτες που βρισκόταν στα στάδια σπασίματος (breaker) και γυρίσματος (turning) του χρώματος σε σχέση με εκείνες που δέχθηκαν φως όταν βρίσκονταν στο ροζ και ανοιχτό κόκκινο στάδιο (Lee et al., 1997). Επίσης, εφαρμογή κόκκινου φωτός σε πράσινους φυσιολογικά ώριμους καρπούς τομάτας πραγματοποίησαν οι Paynter and Jen (1976) και διαπίστωσαν και εκείνοι ότι οι καρποί ανέπτυξαν πιο γρήγορα κόκκινο χρώμα, ανεξάρτητα από το εάν είχαν δεχθεί ή όχι επίδραση αιθυλενίου για την επαγωγή της ωρίμανσης.

1.5.2 Ποιότητα

Ο φωτισμός κατά την ωρίμανση και συντήρηση των καρπών τομάτας επηρεάζει πολλά χαρακτηριστικά της ποιότητάς τους, όπως είναι το περιεχόμενο σε σάκχαρα, καροτενοειδή, τη συνεκτικότητα κ.ά. Σχετικά με αυτό έχουν γίνει πολλές έρευνες.

Σύμφωνα με τους Gautier et al. (2008) η θερμοκρασία και η ακτινοβολία επηρεάζουν σημαντικά την τελική σύσταση των καρπών. Τα σάκχαρα και τα οξέα (που συνδέονται με την γεύση των καρπών) δεν τροποποιούνται σημαντικά, αλλά οι δευτερογενείς μεταβολίτες που έχουν και αντιοξειδωτικές ιδιότητες είναι πολύ ευαίσθητοι στο περιβάλλον που βρίσκονται οι καρποί. Η αυξημένη ακτινοβολία ενισχύει τις συγκεντρώσεις ασκορβικού οξέος, ρουτίνης και παραγώγων καφεϊκού οξέος, ενώ μειώνει τη συγκέντρωση του οξειδωμένου ασκορβικού οξέος (του οποίου η αρχική εμφάνιση μπορεί να οφείλεται σε καρπούς που δεν εκτέθηκαν σε ακτινοβολία, αντιθέτως ήταν σκιασμένοι). Έχει αποδειχθεί ότι η βιοσύνθεση των φαινολικών συστατικών επηρεάζεται έντονα από το φως. Για παράδειγμα, το φως έχει αποδειχθεί ότι ρυθμίζει το επίπεδο μεταγραφής της συνθέτασης της χαλκόνης (CHS), ενός βασικού ενζύμου που καταλύει τη σύνθεση των φλαβονοειδών (π.χ. ρουτίνης).

Επιπλέον, η φασματική σύνθεση του φωτός μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη συσσώρευση των φαινολικών συστατικών, με το κόκκινο φως μέσω φυτοχρώματος και το μπλε φως μέσω κρυπτοχρωμίου να ρυθμίζουν εκ νέου την έκφραση της CHS και, κατά συνέπεια, τον σχηματισμό φλαβονοειδών. Έτσι, γίνεται συζήτηση σχετικά με το γεγονός ότι το φως μπορεί να συμβάλει στη ρύθμιση των βιοσυνθετικών μονοπατιών δευτερογενών μεταβολιτών (Gautier et al., 2008).

Ακόμη, σύμφωνα με τους Cozmuta et al. (2016), παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά ώριμων κόκκινων τοματών που συντηρήθηκαν για ένα μήνα στους 10°C σε μονοχρωματικό υπέρυθρο φωτισμό (Far-Red Light - FRL 740 nm) σε σχέση με την παραμονή τους σε σκοτάδι. Οι τομάτες που εκτέθηκαν σε FRL κατά την αποθήκευσή τους έχουν παρατεταμένη διάρκεια ζωής σε σύγκριση με εκείνες που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι. Το FRL διέγειρε την βιοσύνθεση των κηρών που δεν εμφανίστηκαν μόνο σε μεγαλύτερη αναλογία αλλά παρουσίασαν και πιο υδρόφοβη σύνθεση. Παράλληλα, παρατηρήθηκε αυξημένη πρόσφυση των κηρών στην επιδερμίδα των καρπών, κάτι που επιβεβαιώθηκε από τη μείωση της διαμέτρου και του ανοίγματος των κυττάρων του περικαρπίου. Αυτά, με τη σειρά τους, θεωρείται ότι οδήγησαν στη βελτίωση του φραγμού των καρπών έναντι της διαπνοής μέσω της επιδερμίδας, κάτι που έχει ως συνέπεια τη διατήρηση της συνεκτικότητας των καρπών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι το μικροβιολογικό φορτίο μειώθηκε περισσότερο στις τομάτες που εκτέθηκαν σε FRL. Επιπλέον, η αποθήκευση σε FRL αποδεικνύεται θετικότερη σε σύγκριση με το σκοτάδι όσον αφορά την ένταση καφετιάσματος, την τιτλοδοτούμενη οξύτητα και το περιεχόμενο σε ασκορβικό οξύ. Όμως, παρατηρήθηκε εντονότερος αποχρωματισμός στην επιφάνεια των καρπών που εκτέθηκαν σε FRL στο τέλος της αποθήκευσης σε σχέση με αυτών που συντηρήθηκαν στο σκοτάδι, ως αποτέλεσμα της μείωσης της περιεκτικότητας σε λυκοπένιο. Η θετική επίδραση του FRL στη συντήρηση τομάτας μπορεί να εφαρμοστεί για να παρέχει υπέρυθρο φως σε βιομηχανικές αποθήκες (αποθήκες μετασυλλεκτικής διαχείρισης), με αποτέλεσμα την παράταση της διάρκειας ζωής των καρπών τομάτας αλλά και τη διατήρηση της θρεπτικής αξίας τους (Cozmuta et al., 2016).

Οι Panjaia et al. (2019) διαπίστωσαν ότι όσο περισσότερο διαρκεί η εφαρμογή ερυθρής ακτινοβολίας με την χρήση λαμπτήρων LED, τόσο περισσότερο λυκοπένιο συσσωρεύεται και η ακτινοβολία για 30 λεπτά την ημέρα δεν είναι αρκετή για να διεγείρει επιπλέον σύνθεσή του. Ακόμη, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι τομάτες που αποθηκεύτηκαν υπό συνεχές ερυθρό φως μετά τη συγκομιδή συσσώρευσαν σημαντικά περισσότερο λυκοπένιο, β-καροτένιο, συνολικές φαινολικές ενώσεις, ολικά φλαβονοειδή καθώς και υδρόφιλα και λιπόφιλα αντιοξειδωτικά σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις με μικρότερο χρόνο ακτινοβολίας (30 λεπτά 6 ή 12 ώρες ανά ημέρα). (Panjaia et al., 2019).

Από τη μελέτη των Liu et al. (2009) μπορεί να συναχθεί ότι η καθημερινή ελαφρά εφαρμογή φωτισμού σε καρπούς τομάτας στο στάδιο του σπασίματος του χρώματος αυξάνει τη συσσώρευση του λυκοπενίου στο εξωκάρπιο, επιδρώντας όμως ελάχιστα στο χρώμα, τη συνεκτικότητα ή τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά κατά την αποθήκευση. Η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο σε αποθηκευμένες τομάτες αυξήθηκε με καθημερινές επεμβάσεις ερυθρού φωτός, UV-C ή ηλιακού φωτός, με την εφαρμογή ερυθρού φωτός να έχει την θετικότερη επίδραση. Ωστόσο, η συγκέντρωση του β-καροτενίου δεν επηρεάστηκε από την εφαρμογή UV-C ή ερυθρού φωτός και μειώθηκε

από την εφαρμογή ηλιακού φωτός κατά τη διάρκεια 21 ημερών αποθήκευσης, σε σύγκριση με τους καρπούς που δεν δέχθηκαν φωτισμό (Liu et al., 2009).

Τέλος οι Paynter and Jen (1976) επίσης αναφέρουν ότι το ερυθρό φως συμβάλει στην αύξηση του λυκοπενίου και των καροτενοειδών ειδικά αν συνδυαστεί με εφαρμογή Etherphon, σε ανώριμους καρπούς τομάτας, αν και παρατήρησαν μείωση της συνεκτικότητας των καρπών με αυτές τις μεταχειρίσεις. Όσον αφορά τη συνεκτικότητα, χαμηλότερες τιμές παρατήρησαν επίσης και οι Lee et al. (1997) σε καρπούς τομάτας που δέχθηκαν κόκκινο φωτισμό, σε σχέση με εκείνους που είχαν δεχθεί υπέρυθρο φως ή είχαν υποβληθεί σε επέμβαση με αιθυλένιο ή είχαν αποθηκευτεί στο σκοτάδι χωρίς καμία επέμβαση (Lee et al., 1997).

1.6 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η τομάτα είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα λαχανικά παγκοσμίως. Γι' αυτό τον λόγο και είναι ένα πολυμελετημένο και πιθανώς το καλύτερα καθορισμένο και χαρτογραφημένο όλων των καλλιεργούμενων ποωδών καρποφόρων φυτών. Λόγω της μεγάλης οικονομικής σημασίας της τομάτας διεθνώς τα τελευταία χρόνια έχει παραχθεί ένας πολύ μεγάλος αριθμός ποικιλιών και υβριδίων μακράς διατηρησιμότητας – long shelf-life οι οποίες καλλιεργούνται κυρίως στα θερμοκήπια αλλά και υπαίθρια. Τα υβρίδια αυτά έχουν στην ουσία εκτοπίσει τις παλιότερες ποικιλίες και υβρίδια τομάτας που χαρακτηρίζονται από μικρή μετασυλλεκτική ζωή. Παρά ταύτα, οι διαφορές στις μορφολογικές και φυσιολογικές αλλαγές κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και της συντήρησης των καρπών των υβριδίων μακράς διατηρησιμότητας σε σχέση με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των παλιότερων καλλιεργούμενων ποικιλιών και υβριδίων δεν είναι επαρκώς μελετημένες. Κατά συνέπεια, η διεθνής βιβλιογραφία που διατίθεται και αναφέρεται στο παρόν ζήτημα είναι περιορισμένη.

Συνεπώς, ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη των διαφορών που μπορούν να εντοπιστούν στα φυσικοχημικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά μεταξύ μιας τοπικής ποικιλίας περιορισμένης μετασυλλεκτικής ζωής και ενός υβριδίου μακράς διατηρησιμότητας ως προς την ωρίμανση των καρπών και τη συντηρησιμότητά τους σε σχέση και με τις συνθήκες ωρίμανσης (φως και σκοτάδι) και μετασυλλεκτικής συντήρησης (7 και 15 °C).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το παρόν πείραμα έλαβε χώρα στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών την χρονική περίοδο μεταξύ Μαρτίου - Μαΐου του 2019 και Ιανουαρίου - Φεβρουαρίου 2020.

2.1 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Για την διεξαγωγή του πειράματος συλλέχθηκαν καρποί από την τοπική ποικιλία MFS-106/07 (προέλευσης ΕΛΓΟ-Δήμητρα) για την οποία δεν υπάρχουν περαιτέρω πληροφορίες πέρα του ότι είναι μικρής διατηρησιμότητας και το εμπορικό υβρίδιο μακράς διατηρησιμότητας Formula F1 (Αγροτικός Οίκος Σπύρου ΑΕΒΕ) το οποίο είναι μεγαλόκαρπος καρπός (beef tomato), με ελκυστικό κόκκινο χρώμα, ομοιομορφία, αντοχή στο σκάσιμο, μεγάλη διατηρησιμότητα και καλή συμπεριφορά στις χαμηλές θερμοκρασίες. Τα φυτά είχαν καλλιεργηθεί σε υδροπονικό σύστημα στο υαλόφρακτο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Κηπευτικών του Γ.Π.Α. κατά την περίοδο χειμώνας-άνοιξη του 2019.

2.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΡΠΩΝ

Το πείραμα αποτελείται από δύο βασικά σκέλη: τη μελέτη της μετασυλλεκτικής ωρίμανσης πράσινων φυσιολογικά ώριμων καρπών και της συντήρησης καρπών μετά τη συγκομιδή τους στο πλήρως ώριμο κόκκινο στάδιο.

Για τη διεξαγωγή του πειράματος της ωρίμανσης συλλέχθηκαν ομοιόμορφοι σε μέγεθος καρποί από τα φυτά τοπικής ποικιλίας και του υβριδίου στο στάδιο του φυσιολογικά ώριμου πράσινου χρώματος (mature green - MG). Μετά από κάθε συγκομιδή, οι καρποί καθαρίζονταν με βρεγμένο χαρτί και τοποθετούνταν σε θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών στους 20 °C με φως (συνδυασμός λαμπτήρων φθορισμού και led πλήρως ορατού φάσματος, με θερμοκρασία φωτός 5000 K και ένταση 2.500 lx) και σκοτάδι (και στις δύο περιπτώσεις η Σ.Υ. διατηρήθηκε στο 85±2%) (Εικόνα 2.1). Στους καρπούς μετά τη συγκομιδή τους και την παραμονή τους στους θαλάμους ωρίμανσης για 4 ώρες ώστε να αποκτήσουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος ωρίμανσης και σε τακτά χρονικά διαστήματα (ανά ημέρα στους καρπούς της ποικιλίας και ανά δύο ημέρες σε αυτούς του υβριδίου) κατά την πορεία της ωρίμανσής τους πραγματοποιείτο ζύγιση, προσδιορισμός του χρώματος, του ρυθμού παραγωγής αιθυλενίου και CO₂ (αναπνοής), ενώ η συνεκτικότητα των καρπών προσδιορίστηκε κατά τη συγκομιδή και κατά το πέρας της διάρκειας ωρίμανσης. Το πέρας της ωρίμανσης σε κάθε καρπό χωριστά ορίστηκε με την πλήρη ανάπτυξη κόκκινου χρωματισμού.

Για τη μελέτη της μετασυλλεκτικής συμπεριφοράς των ώριμων καρπών συγκομίστηκαν ομοιόμορφοι καρποί ως προς το μέγεθος και το χρώμα (με βάση τις μετρήσεις του χρωματόμετρου) στο στάδιο του ελαφρά κόκκινου χρώματος (light red stage σύμφωνα με την κατάταξη του USDA – Εικόνα 1.1), ακολούθως καθαρίζονταν

με βρεγμένο χαρτί και τοποθετούνταν σε θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών στους 7 και 15 °C σε σκοτάδι και Σ.Υ. 85±2%) (Εικόνα 2.2). Κάθε τρεις ημέρες γίνονταν οι μετρήσεις του βάρους, του χρώματος, του ρυθμού παραγωγής αιθυλενίου και CO₂ (αναπνοής), ενώ επίσης προσδιορίστηκε η συνεκτικότητα κατά την συγκομιδή και μετά το πέρας της συντήρησης.

Ως πέρας της συντήρησης σε κάθε καρπό χωριστά ορίστηκε το σημείο στο οποίο ο καρπός είχε αρχίσει να εμφανίζει εμφανή μάρανση και έντονο μαλάκωμα, ενώ υπήρξαν περιπτώσεις, ιδιαίτερα στους καρπούς της τοπικής ποικιλίας, που εμφανίζονταν σχίσσιμο του καρπού κατά τα τελικά στάδια της συντήρησής του.



Εικόνα 2.1 Οι θάλαμοι που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή του πειράματος ωρίμανσης στους 20 °C με σκοτάδι (αριστερά) και φως (δεξιά)



Εικόνα 2.2 Οι θάλαμοι που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή του πειράματος συντήρησης ώριμων κόκκινων καρπών στους 7 °C (κάτω) και στους 15 °C (πάνω)

2.3 ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ένας ζυγός ακριβείας 0,01g (Mettler PE 3600), ένα χρωματόμετρο (Minolta CR-300, Konica-Minolta, Tokyo, Japan), ένας αέριος χρωματογράφος με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (FID) (Perkin-Elmer 8310B Gas Chromatography, Waltham, USA) για την μέτρηση του αιθυλενίου, ένας αναλυτής διοξειδίου του άνθρακα (Li-Cor LI-6252, Nebraska, USA) για την μέτρηση της αναπνοής και ένας αναλυτής υφής (texture analyzer - Chatillon DFIS-10, τοποθετημένο στην βάση TCM 201-M, John Chatillon, Greenboro, USA).

Η μέτρηση του χρώματος σε όλους τους καρπούς πραγματοποιήθηκε σε τέσσερα σημεία στην ισημερινή διάμετρο του κάθε καρπού. Το χρώμα προσδιορίστηκε με βάση τις χρωματικές παραμέτρους CIE [φωτεινότητα (L^*), ένταση πράσινου-κόκκινου χρώματος (a^*) και κίτρινου-μπλε (b^*)]. Σε κάθε ημερομηνία μέτρησης, το όργανο βαθμονομούνταν με τη χρήση λευκής πλάκας (Εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3 Το χρωματόμετρο (Minolta CR-300) που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του χρώματος των καρπών.

Σε όλους τους καρπούς των πειραμάτων ωρίμανσης και συντήρησης, ο προσδιορισμός του ρυθμού παραγωγής του αιθυλενίου γινόταν με τον εξής τρόπο: οι καρποί τοποθετήθηκαν σε αεροστεγώς κλειστά γυάλινα βάζα όγκου 4L (ένας καρπός σε κάθε βάζο) για δύο ώρες (εντός θαλάμου στην αντίστοιχη θερμοκρασία με την επέμβαση ωρίμανσης ή συντήρησης). Έπειτα, με gas-tight σύριγγα όγκου 1ml, λαμβανόταν δείγμα αέρα (αφού πρώτα είχε ανακινηθεί το βάζο) το οποίο τοποθετούνταν στον εισαγωγέα (injector) του αερίου χρωματογράφου. Ο αέριος χρωματογράφος (Perkin Elmer 8310B), είχε την εξής διάταξη: ανιχνευτή (detector) ιονισμού φλόγας (FID) με θερμοκρασία λειτουργίας 100°C, on column εισαγωγέα (injector) με θερμοκρασία λειτουργίας 60°C και πληρωμένη στήλη (packed column) Porapak R 106 – 120 (100-120 mesh) μήκους 1 m, με σταθερή θερμοκρασία λειτουργίας 50°C. Το φέρον αέριο που χρησιμοποιήθηκε ήταν άζωτο (N₂) με ταχύτητα ροής 45 ml/min. Στη συνέχεια, καταγραφόταν το ύψος της κορυφής που αντιστοιχεί στο αιθυλένιο. Η συγκέντρωση αιθυλενίου κάθε δείγματος υπολογιζόταν σε σχέση με το ύψος της κορυφής που προέκυπτε από 1 ml πρότυπου δείγματος (standard) αιθυλενίου συγκέντρωσης 10 ppm (Εικόνα 2.4).

Αντίστοιχα, η μέτρηση του ρυθμού αναπνοής σε κάθε καρπό πραγματοποιήθηκε με τη χρήση αναλυτή διοξειδίου του άνθρακα (Li-Cor LI-6252), σύμφωνα με την εξής διαδικασία: κάθε καρπός τοποθετήθηκε σε ειδικό γυάλινο δοχείο όγκου 2,5L το οποίο ήταν τοποθετημένο εντός θαλάμου ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Το δοχείο κλείνει αεροστεγώς και είναι συνδεδεμένο με τον αναλυτή διοξειδίου του άνθρακα με κλειστό κύκλωμα ροής αέρα. Με αυτό τον τρόπο καταγράφεται η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ εντός του δοχείου. Η μέτρηση διαρκούσε 5 λεπτά, και κάθε 30 δεύτερα καταγραφόταν η συγκέντρωση του CO₂. Η θερμοκρασία του θαλάμου ρυθμιζόταν στην αντίστοιχη θερμοκρασία ωρίμανσης ή συντήρησης (Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2.4 Ο αέριος χρωματογράφος (PERKIN – ELMER 8310B Gas Chromatography) που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του ρυθμού παραγωγής αιθυλενίου από τους καρπούς τομάτας.



Εικόνα 2.5 Ο αναλυτής διοξειδίου του άνθρακα που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της αναπνευστικής δραστηριότητας των καρπών τομάτας.

Ο προσδιορισμός της συνεκτικότητας των καρπών πραγματοποιήθηκε με συμπίεση των καρπών με μια επίπεδη πλάκα συμπίεσης, διαμέτρου 10cm, τοποθετημένη στο δυναμόμετρο (Chatillon DFS10) και μετρήθηκε η παραμόρφωση του καρπού σε mm μετά από τη συμπίεσή τους με την εφαρμογή δύναμης 25 Newton (Εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.6 Ο αναλυτής υφής (Chatillon DFIS-10 τοποθετημένος στη βάση TCM 201-M) που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της συνεκτικότητας των καρπών.

2.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ

Μετά την ολοκλήρωση της ωρίμανσης και της συντήρησης, οι καρποί τεμαχίστηκαν σε τέσσερα κομμάτια και τοποθετήθηκαν σε βαθιά κατάψυξη ($-80\text{ }^{\circ}\text{C}$) ώστε να διατηρηθούν αναλλοίωτοι μέχρι να διεξαχθούν οι αναλύσεις. Πριν ξεκινήσουν οι αναλύσεις όλοι οι καρποί πολτοποιήθηκαν ώστε να μπορέσουν να επεξεργαστούν. Οι χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι οι ακόλουθες:

2.4.1 Ολικά Διαλυτά Στερεά Συστατικά

Για την μέτρηση των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών ($^{\circ}$ Brix ή %) χρησιμοποιήθηκε το διαθλασίμετρο χειρός Schmidt & Haensch HR32B (Schmidt & Haensch GmbH & Co., Berlin, Germany). Στο πρίσμα του οργάνου τοποθετήθηκε μια σταγόνα καθαρού χυμού χωρίς τμήματα του ιστού από την πολτοποιημένη τομάτα έπειτα καλύφθηκε με το πλαστικό διαφανές κάλυμμα και στράφηκε το διαθλασίμετρο προς το φως και μέσω της διόπτρας γίνεται η καταγραφή της μέτρησης. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε δυο φορές για κάθε πολτοποιημένο καρπό ώστε τα αποτελέσματα να είναι πιο αξιόπιστα. Η ένδειξη του διαθλασίμετρου καταγράφηκε με ακρίβεια $0,2\text{ }^{\circ}\text{Brix}$ και μετά τον υπολογισμό της θερμοκρασίας όπου γινόταν η μέτρηση (συνήθως στους 22°C), έγινε διόρθωση των τιμών στους 20°C .

2.4.2 Τιτλοδοτούμενη Οξύτητα

Ο προσδιορισμός της οξύτητας πραγματοποιήθηκε με τιτλοδότηση. Από τον πολτό που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των ολικών διαλυτών στερεών ελήφθησαν 10 g και μεταφέρθηκαν σε ογκομετρικό κύλινδρο, όπου και προστέθηκε απεσταγμένο νερό έως 150 ml. Ακολούθησε καλή ανάδευση και διήθηση με τη χρήση πτυχωτού ηθμού (Macherey-Nagel MN 617we, Düren, Germany). Από το διήθημα, ελήφθησαν 2 δείγματα των 50 ml και μεταφέρθηκαν σε ευρύλαιμες κωνικές φιάλες. Διάλυμα NaOH (N/50) χρησιμοποιήθηκε για την αντίδραση της εξουδετέρωσης με τιτλοδότηση, το τέλος της οποίας προσδιορίστηκε με την αύξηση του pH του διηθήματος στο 8,1, με τη χρήση pHμετρου (Radiometer PHM250 pHmeter, Lyon, France). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε γραμμάρια κιτρικού οξέος ανά 100 g νωπού βάρους καρπού.

2.4.3 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών συστατικών

Τα ολικά φαινολικά εκτιμήκαν με κάποιες τροποποιήσεις της μεθόδου Folin-Ciocalteu (Singleton and Rossi, 1965), σύμφωνα με τους Velioglu et al. (1998).

Εκχύλιση: Σε πλαστικούς σωλήνες φυγοκέντρησης των 15 ml τοποθετήθηκε δείγμα 1 gr ζυγισμένο με ακρίβεια. Για την εκχύλιση προστέθηκαν 4 ml διαλύματος μεθανόλης 80% (v/v) ανά δείγμα και ομογενοποιήθηκε με ομογενοποιητή. Έπειτα, όλοι οι σωλήνες φυγοκέντρησης τοποθετήθηκαν σε orbital shaker (200rpm) για 2h σε θερμοκρασία δωματίου και κατόπιν τοποθετήθηκαν σε ψυχόμενη φυγόκεντρο (5300rpm, 15°C για 15 min). Μετά τη φυγοκέντρηση διαχωρίστηκαν τα υπερκείμενα και μεταφέρθηκαν σε άλλους σωλήνες. Στους σωλήνες με τον αρχικό ιστό προστέθηκαν πάλι 4 ml διαλύματος εκχύλισης και η διαδικασία επαναλήφθηκε. Τα υπερκείμενα που λήφθηκαν από τις δύο φυγοκεντρήσεις αναμείχθηκαν σε ένα σωλήνα για κάθε δείγμα.

Διαδικασία: Δείγματα όγκου 300 μl λήφθηκαν από τη μείξη των υπερκειμένων και τοποθετήθηκαν σε σωλήνες φυγοκέντρησης των 15 ml. Προστέθηκαν 2,25 ml αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu και ακολούθησε ανάδευση (με vortex). Μετά από 5 λεπτά παραμονής του διαλύματος αυτού σε θερμοκρασία δωματίου, προστέθηκαν 2,25 ml υδατικού διαλύματος άνυδρου ανθρακικού νατρίου (Na₂CO₃, 60 g/l), ακολούθησε ανάδευση σε vortex και μετά τη πάροδο 90 λεπτών σε θερμοκρασία δωματίου, μετρήθηκε η απορρόφηση στα 765 nm με τη χρήση φασματοφωτόμετρου (Perkin-Elmer Lambda 1A UV/VIS). Παράλληλα, μετρήθηκαν οι απορροφήσεις διαλυμάτων γαλλικού οξέος γνωστών συγκεντρώσεων για την παρασκευή πρότυπης καμπύλης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εις διπλούν για κάθε δείγμα και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg ισοδύναμων γαλλικού οξέος ανά 100gr νωπού βάρους καρπού (mg GAE 100g⁻¹ v.β.).

2.4.4 Προσδιορισμός συγκέντρωσης λυκοπενίου

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των καρπών σε λυκοπένιο έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο των Fish (2002) όπως τροποποιήθηκε από τους Javanmardi and Kubota (2006). Ζυγίστηκε 1 g του πολτού σε ζυγό ακριβείας (0,0001 g) Kern 770 και τοποθετήθηκε σε καλυμμένες με αλουμινόχαρτο φλάσκες των 50 ml με εσφυρισμένο πάμα. Οι φλάσκες διατηρούνταν σε πάγο πριν και μετά την προσθήκη του πολτού. Το διάλυμα εκχύλισης του λυκοπενίου (1000 ml), αποτελούμενο από 500 ml εξανίου, 250 ml αιθανόλης 95% και 250 ml ακετόνης στα οποία είχε προηγουμένως διαλυθεί 0,05% (β/ο) βουτυλιωμένο υδροξυ-τολουένιο (0,125 BHT), προστέθηκε σε ποσότητα 39 ml σε κάθε φιάλη. Ακολούθησε ανάδευση των φιαλών για 10 λεπτά με 180 rpm σε orbital shaker ενώ βρίσκονταν σε πάγο. Σε κάθε φιάλη προστέθηκαν 6 ml κρύου απεσταγμένου νερού και αναδεύτηκαν για ακόμη 5 λεπτά. Μετά το τέλος της ανάδευσης, τα διαλύματα μεταφέρθηκαν σε καλυμμένους με αλουμινόχαρτο ογκομετρικούς σωλήνες των 50 ml, και παρέμειναν για 15 λεπτά για διαχωρισμό της πολικής και μη πολικής φάσης. Από την υπερκείμενη φάση μεταφέρθηκε ποσότητα 3,5 ml σε κυβέτα χαλαζία πλάτους 1cm και καταγράφηκε η απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο υπεριώδους-ορατού σε μήκος κύματος 503 nm. Ως τυφλό δείγμα χρησιμοποιήθηκε καθαρό εξάνιο. Η ποσότητα λυκοπενίου στους ιστούς (mg/kg ν.β.) υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\text{λυκοπένιο (mg/kg NB)} = (V/W) \times A^{503} \times 3,12$$

όπου V ο όγκος του εξανίου (ml), W το βάρος του φυτικού ιστού, A^{503} η απορρόφηση στα 503 nm και 3,12 ο συντελεστής απορρόφησης.

2.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

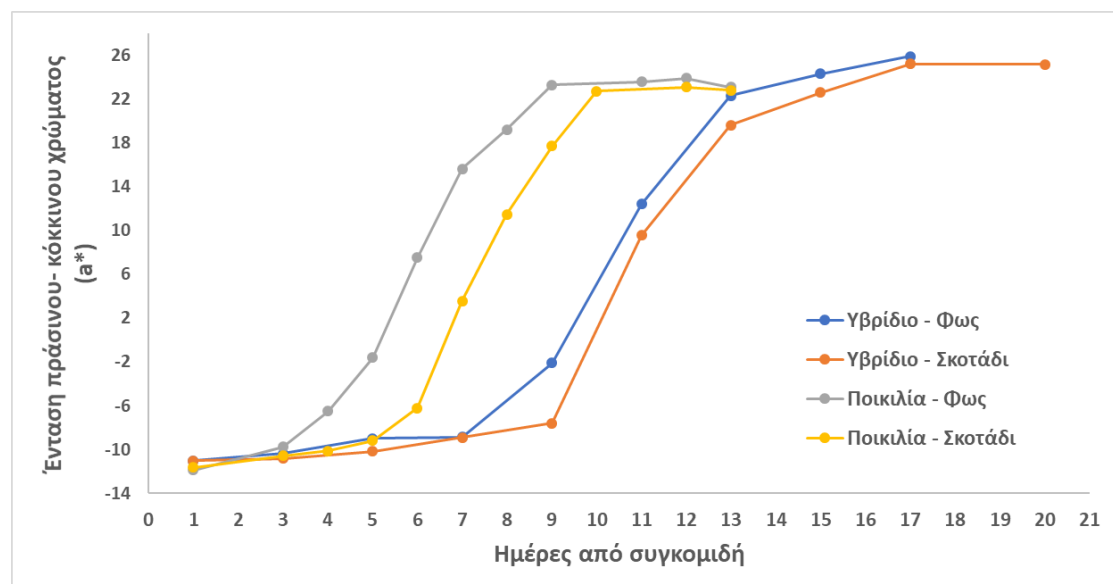
Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με βάση το μονοπαραγοντικό εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο, με 6-8 καρπούς-επαναλήψεις σε κάθε συνδυασμό παραγόντων (δηλ. ποικιλία-φως, ποικιλία-σκοτάδι, υβρίδιο-φως, υβρίδιο-σκοτάδι στη μελέτη της ωρίμανσης και ποικιλία-7° C, ποικιλία-15° C, υβρίδιο-7° C, υβρίδιο-15° C στη μελέτη της συντήρησης ώριμων καρπών). Πραγματοποιήθηκε ανάλυση της διασποράς (one-way ANOVA) για την εκτίμηση της σημαντικότητας των επεμβάσεων και οι διαφορές των μέσων εκτιμήθηκαν με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (Ε.Σ.Δ.) σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Οι στατιστικές δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν με το στατιστικό πρόγραμμα StatGraphics Centurion XV.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΚΑΡΠΩΝ ΤΟΠΙΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΟΥ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑ Ή ΟΧΙ ΦΩΤΟΣ

3.1.1. Μεταβολή χρώματος κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης

Στα Γραφήματα 3.1 και 3.2 παρουσιάζεται η μεταβολή του χρώματος της επιδερμίδας των καρπών από πράσινο σε κόκκινο και της φωτεινότητας αντίστοιχα υπό την επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων, ενώ στους Πίνακες 3.1 και 3.2 πραγματοποιείται σύγκριση των πειραματικών επεμβάσεων στις τιμές της έντασης του χρώματος και της φωτεινότητας σε τρεις ημερομηνίες κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης.



Γράφημα 3.1 Ένταση πράσινου – κόκκινου χρώματος (a*) επιδερμίδας καρπών τομάτας τοπικής ποικιλίας και εμπορικού υβριδίου, από τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο και μέχρι την ωρίμανσή τους στο στάδιο RR σε φως και σκοτάδι.

Στο Γράφημα 3.1 παρουσιάζονται οι διαφορές στην ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος μεταξύ της τοπικής ποικιλίας και του εμπορικού υβριδίου και του τρόπου ωρίμανσης των καρπών με φως και σκοτάδι. Συνολικά, παρατηρείται ότι οι καρποί του υβριδίου ωριμάζουν - αλλάζουν χρώμα από πράσινο σε κόκκινο πιο αργά σε σχέση με τους καρπούς της ποικιλίας. Επίσης, οι καρποί της ποικιλίας ωρίμασαν - ανέπτυξαν πιο γρήγορα κόκκινο χρώμα στο φως σε σχέση με αυτούς που ωρίμασαν στο σκοτάδι και αν και στους καρπούς του υβριδίου παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο, η επίδραση του φωτός στην επιτάχυνση της ωρίμανσης των καρπών αυτών είναι λιγότερο έντονη. Έτσι, η έναρξη αλλαγής του πράσινου χρώματος παρατηρείται στους καρπούς της ποικιλίας μετά τη 3^η (σε φως) και 5^η (σε σκοτάδι) ημέρα από τη συγκομιδή, ενώ στους καρπούς του υβριδίου μετά την 7^η και 9^η ημέρα αντίστοιχα. Η ανάπτυξη πλήρως κόκκινου χρωματισμού παρατηρείται στην ποικιλία στις 9 (φως) και 10 (σκοτάδι) ημέρες μετά

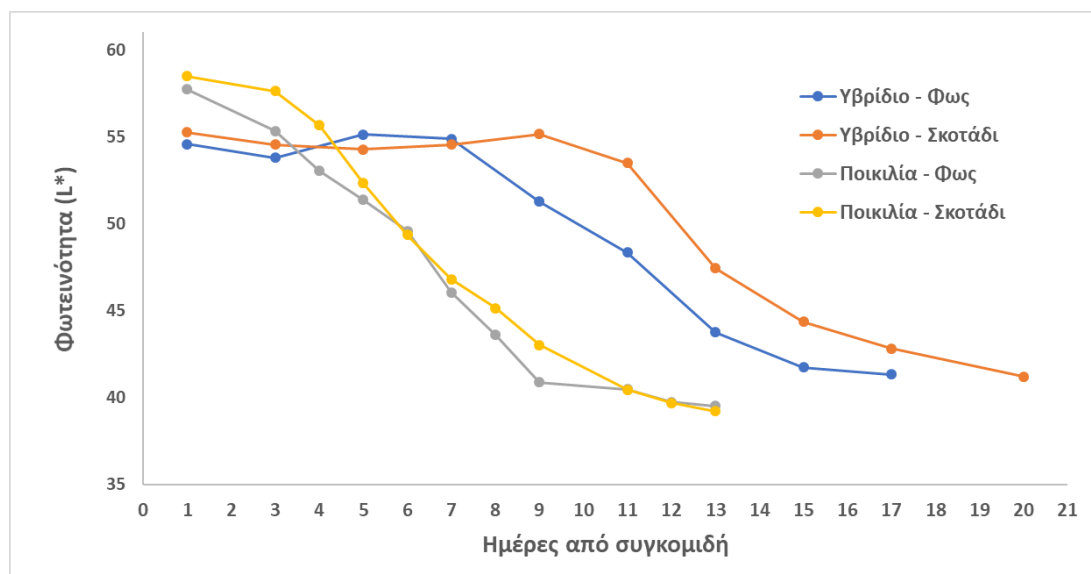
τη συγκομιδή, ενώ στο υβρίδιο στις 17 ημέρες μετά τη συγκομιδή, ανεξάρτητα από την εφαρμογή φωτισμού.

Πίνακας 3.1 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και της παρουσίας φωτός στην ένταση του πράσινου – κόκκινου χρώματος (a^*) της επιδερμίδας καρπών τομάτας, σε διάφορες ημέρες κατά τη διάρκεια της ωρίμανσής τους από τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο έως το στάδιο RR

Ένταση πράσινου – κόκκινου χρώματος (a^*)	7 ^η ημέρα	9 ^η ημέρα	13 ^η ημέρα
Υβρίδιο - Φως	-8,88 ± 0,88 C*	-2,09 ± 1,87 D*	22,29 ± 2,34 AB*
Υβρίδιο - Σκοτάδι	-8,90 ± 0,61 C	-7,59 ± 1,33 C	19,61 ± 1,94 B
Ποικιλία - Φως	15,62 ± 2,60 A	23,27 ± 2,72 A	23,07 ± 2,45 A
Ποικιλία - Σκοτάδι	3,56 ± 5,10 B	17,69 ± 2,97 B	22,77 ± 2,83 A

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Οι παρατηρήσεις αυτές επιβεβαιώνονται από την στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στις τιμές της παραμέτρου a^* των καρπών ποικιλίας και υβριδίου που ωρίμασαν σε φως και σκοτάδι, την 7^η, 9^η και 13^η ημέρα από τη συγκομιδή (Πίνακας 3.1). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι την 7^η ημέρα οι καρποί της ποικιλίας είχαν αποκτήσει κόκκινο χρωματισμό, στατιστικά όμως εντονότερο στο φως, ενώ οι καρποί του υβριδίου παρέμεναν πράσινοι, χωρίς επίδραση του φωτός ή σκοταδιού στην ένταση του πράσινου χρώματος. Διαφοροποίηση μεταξύ όλων των επεμβάσεων υπήρξε την 9^η ημέρα, όπου οι καρποί της ποικιλίας στο φως είχαν αναπτύξει χαρακτηριστικό της πλήρους ωρίμανσης κόκκινο χρωματισμό, ακολουθούσαν οι καρποί της ποικιλίας στο σκοτάδι που δεν ωρίμασαν πλήρως (χαμηλότερη ένταση κόκκινου χρώματος), και οι καρποί του υβριδίου είχαν ακόμα ελαφρά πράσινο χρωματισμό, εντονότερα όμως αυτοί που παρέμειναν στο σκοτάδι. Τέλος, την 13^η ημέρα δεν εντοπίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των καρπών της ποικιλίας και του υβριδίου στο φως, ενώ μόνο οι καρποί του υβριδίου στο σκοτάδι είχαν λιγότερο έντονο κόκκινο χρωματισμό σε σχέση με τους καρπούς της ποικιλίας, όχι όμως και του υβριδίου στο φως.



Γράφημα 3.2 Φωτεινότητα (L*) επιδερμίδας καρπών τομάτας τοπικής ποικιλίας και εμπορικού υβριδίου, από τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο και μέχρι την ωρίμανσή τους στο στάδιο RR σε φως και σκοτάδι

Στο Γράφημα 3.2 παρουσιάζονται οι διαφορές στη μεταβολή της φωτεινότητας (L*) μεταξύ της τοπικής ποικιλίας και του εμπορικού υβριδίου και του τρόπου ωρίμανσης των καρπών με φως και σκοτάδι. Αντίστοιχα με την ανάπτυξη του κόκκινου χρωματισμού, η μείωση της φωτεινότητας του καρπού αντανακλά την τάση του για ωρίμανση. Φαίνεται ξεκάθαρα η εντονότερη μείωση της φωτεινότητας στους καρπούς της τοπικής ποικιλίας σε σχέση με τους καρπούς του υβριδίου. Αντίθετα με την αντίδραση των καρπών στην ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος στο φως και στο σκοτάδι, εδώ δεν παρατηρείται έντονη επίδραση του φωτός στη μείωση της φωτεινότητας των καρπών της ποικιλίας, σε αντίθεση με τους καρπούς του υβριδίου, όπου το φως επιταχύνει την μείωση της φωτεινότητας. Επιπρόσθετα στην καθυστερημένη μείωση της φωτεινότητάς τους, οι καρποί του υβριδίου παρουσίασαν υψηλότερες τιμές φωτεινότητας σε σχέση με αυτούς της ποικιλίας στην πλήρη ωρίμανση (δες και Πίνακα 3.2)

Πίνακας 3.2 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και της παρουσίας φωτός στη φωτεινότητα (L*) της επιδερμίδας καρπών τομάτας, σε διάφορες ημέρες κατά τη διάρκεια της ωρίμανσής τους από τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο έως το στάδιο RR.

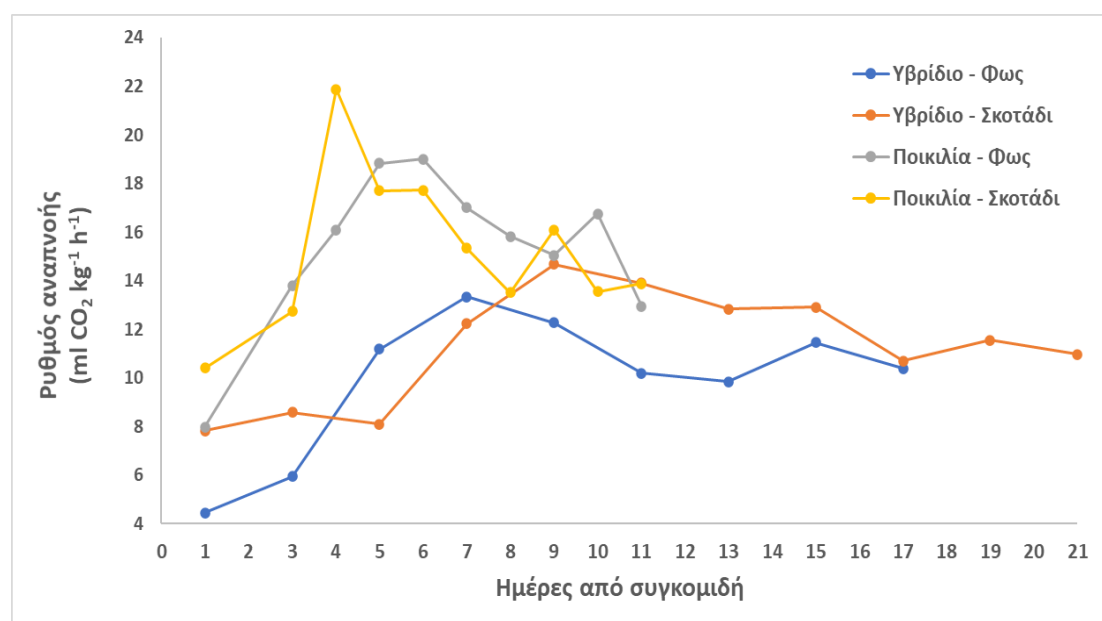
Φωτεινότητα καρπών (L*)	7 ^η ημέρα	9 ^η ημέρα	13 ^η ημέρα
Υβρίδιο - Φως	54,88 ± 1,22 A*	51,27 ± 2,11 B	43,76 ± 2,03 B
Υβρίδιο - Σκοτάδι	54,54 ± 1,76 A	55,16 ± 1,54 A	47,45 ± 2,95 A
Ποικιλία - Φως	46,05 ± 0,97 B	40,89 ± 0,58 C	39,52 ± 0,69 C
Ποικιλία - Σκοτάδι	46,82 ± 2,52 B	43,03 ± 1,49 C	39,22 ± 0,39 C

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Από την στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στις τιμές της παραμέτρου L^* των καρπών ποικιλίας και υβριδίου που ωρίμασαν σε φως και σκοτάδι, την 7^η, 9^η και 13^η ημέρα από τη συγκομιδή (Πίνακας 3.2) επιβεβαιώνονται οι παρατηρήσεις του γραφήματος 3.2. Σε όλες τις ημερομηνίες, οι καρποί της ποικιλίας είχαν σημαντικά χαμηλότερη φωτεινότητα σε σχέση με αυτούς του υβριδίου, ενώ διαφοροποίηση της ωρίμανσης σε φως ή σκοτάδι παρατηρείται την 9^η και 13^η ημέρα μόνο στους καρπούς του υβριδίου, με την ωρίμανση σε φως να προκαλεί εντονότερη μείωση της φωτεινότητας.

3.1.2. Αναπνευστική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης

Στο Γράφημα 3.3 παρουσιάζεται η πορεία της αναπνευστικής δραστηριότητας των καρπών υπό την επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων, ενώ στον Πίνακα 3.3 πραγματοποιείται σύγκριση των πειραματικών επεμβάσεων στις μέγιστες και τελικές (στο πέρας της ωρίμανσης) τιμές του ρυθμού παραγωγής CO_2 από τους καρπούς κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης.



Γράφημα 3.3 Ρυθμός παραγωγής CO_2 ($ml CO_2 kg^{-1} h^{-1}$) καρπών τομάτας τοπικής ποικιλίας και εμπορικού υβριδίου, από τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο και μέχρι την ωρίμανσή τους στο στάδιο RR σε φως και σκοτάδι

Σύμφωνα με το γράφημα 3.3, σε όλες τις περιπτώσεις παρουσιάζεται τυπική μεταβολή της αναπνευστικής δραστηριότητας των καρπών τομάτας με την πορεία της ωρίμανσης, με χαμηλά προκλιμακτηριακά επίπεδα (εκτός της ποικιλίας σε σκοτάδι), ακολουθούμενα από έντονη αύξηση (κλιμακτηριακή αιχμή), και μετέπειτα μείωση της αναπνευστικής δραστηριότητας έως την ολοκλήρωση της ωρίμανσης. Παρόλ' αυτά, η κλιμακτηριακή αιχμή παρατηρείται νωρίτερα στους καρπούς της ποικιλίας σε σχέση με αυτούς του υβριδίου, ακολουθώντας την ταχύτερη ωρίμανση των καρπών αυτών. Επίσης, ανεξάρτητα της παρουσίας φωτισμού, οι καρποί του υβριδίου σε σχέση με της ποικιλίας παρουσιάζουν λιγότερο έντονη κλιμακτηριακή αιχμή, καθώς και μικρότερη

μείωση της αναπνοής μετά την κλιμακτήριο. Το φως επέδρασε επίσης στον χρόνο εμφάνισης της κλιμακτηριακής αιχμής, με τους καρπούς της ποικιλίας σε φως να εμφανίζουν μέγιστο αναπνευστικής δραστηριότητας 5-6 ημέρες μετά τη συγκομιδή τους, έναντι 4 ημερών στους καρπούς στο σκοτάδι. Στο υβρίδιο το φως επέδρασε διαφορετικά, με τη μέγιστη αναπνοή των καρπών να παρατηρείται μετά από 7 ημέρες σε φως και 9 ημέρες από τη συγκομιδή τους σε σκοτάδι.

Πίνακας 3.3 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και της παρουσίας φωτός στον μέγιστο και τελικό ρυθμό αναπνοής ($\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης καρπών τομάτας από τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο έως το στάδιο RR

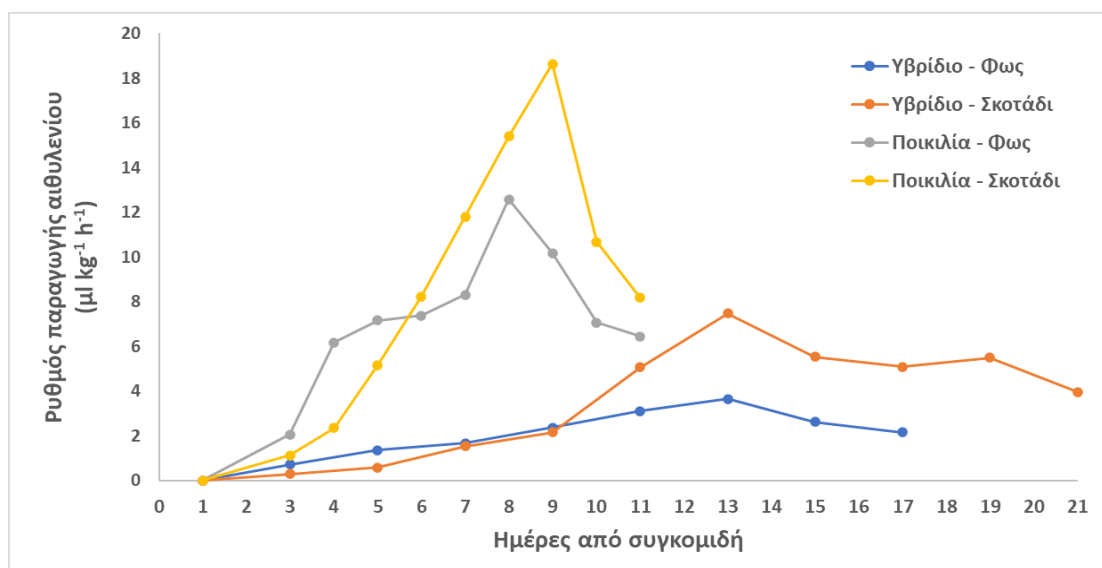
Ρυθμός αναπνοής ($\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Μέγιστες τιμές	Τελικές τιμές
Υβρίδιο - Φως	13,33 ± 0,90 C*	10,38 ± 2,03 B*
Υβρίδιο - Σκοτάδι	14,69 ± 1,09 C	10,96 ± 1,18 AB
Ποικιλία - Φως	19,01 ± 1,38 B	12,95 ± 2,03 AB
Ποικιλία - Σκοτάδι	21,87 ± 0,91 A	13,87 ± 3,25 A

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Όπως παρατηρείται στον Πίνακα 3.3, ο γονότυπος και η παρουσία φωτός κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης επέδρασαν σημαντικά στον μέγιστο ρυθμό αναπνοής των καρπών (κλιμακτηριακή αιχμή) και σε μικρότερο βαθμό στο ρυθμό κατά τα τελευταία στάδια της ωρίμανσης. Πιο συγκεκριμένα, οι καρποί της ποικιλίας παρουσίασαν εντονότερη κλιμακτηριακή αιχμή σε σχέση με αυτούς του υβριδίου ανεξάρτητα από την παρουσία φωτός ή όχι κατά την ωρίμανση. Οι καρποί της ποικιλίας παρουσίασαν επίσης εντονότερη αναπνευστική δραστηριότητα στο σκοτάδι, όταν η παρουσία φωτός δεν επέδρασε στην μέγιστη αναπνοή των καρπών του υβριδίου. Στα τελικά στάδια της ωρίμανσης η αναπνευστική δραστηριότητα παρουσίασε διαφορές μόνο μεταξύ των καρπών της ποικιλίας σε σκοτάδι και των καρπών του υβριδίου σε φως.

3.1.3. Ρυθμός έκλυσης αιθυλενίου κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης

Στο γράφημα 3.4 παρουσιάζεται η μεταβολή του ρυθμού παραγωγής αιθυλενίου των καρπών υπό την επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων, ενώ στον Πίνακα 3.4 πραγματοποιείται σύγκριση των πειραματικών επεμβάσεων στις μέγιστες και τελικές (κατά το πέρας της ωρίμανσης) τιμές του ρυθμού παραγωγής αιθυλενίου από τους καρπούς κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης.



Γράφημα 3.4 Ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) καρπών τομάτας τοπικής ποικιλίας και εμπορικού υβριδίου, από τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο και μέχρι την ωρίμανσή τους στο στάδιο RR σε φως και σκοτάδι

Από το γράφημα 3.4 φαίνεται ξεκάθαρη επίδραση του γονότυπου και του φωτός κατά την ωρίμανση, στο ρυθμό παραγωγής αιθυλενίου, τόσο ως προς το πρότυπο της παραγωγής, όσο και στις τιμές του ρυθμού. Ανεξάρτητα της παρουσίας φωτός, οι καρποί του υβριδίου παρήγαγαν πολύ λιγότερο αιθυλένιο σε σχέση με τους καρπούς της ποικιλίας, ενώ η αύξηση στον ρυθμό παραγωγής αιθυλενίου ήταν πολύ πιο καθυστερημένη στους καρπούς του υβριδίου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι μέγιστοι ρυθμοί παραγωγής αιθυλενίου παρατηρούνται στην ποικιλία 4 ημέρες και στο υβρίδιο 5-6 ημέρες μετά από την κλιμακτηριακή αιχμή της αναπνοής. (13^η ημέρα στο υβρίδιο σε φως και σε σκοτάδι και στην ποικιλία την 8^η ημέρα στο φως και την 9^η ημέρα στο σκοτάδι).

Πίνακας 3.4 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και της παρουσίας φωτός στον μέγιστο και τελικό ρυθμό παραγωγής αιθυλενίου ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης καρπών τομάτας από τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο έως το στάδιο RR.

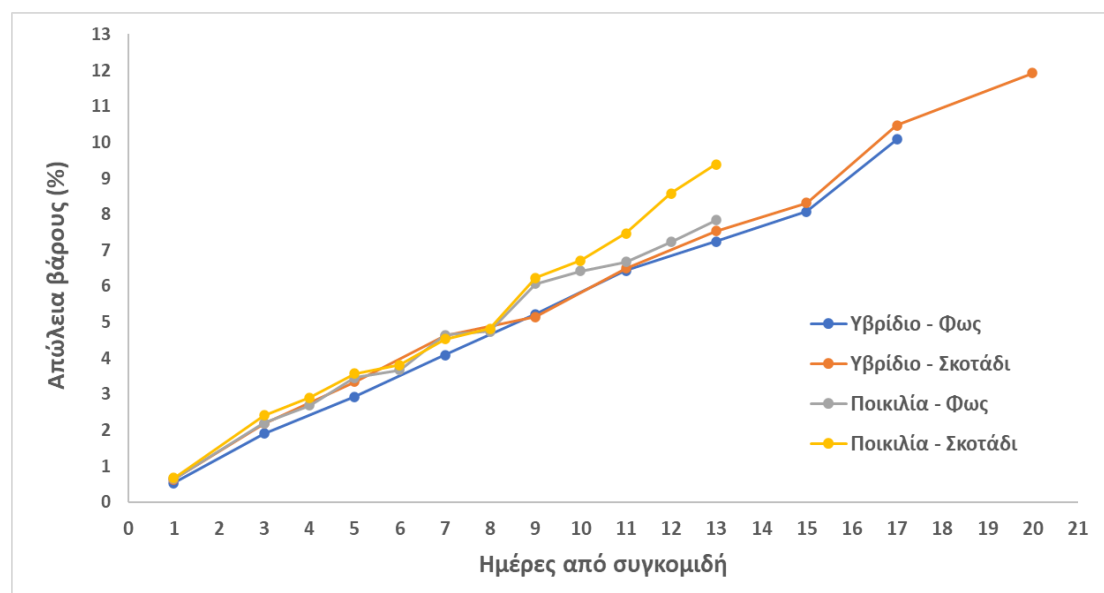
Ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	Μέγιστες τιμές	Τελικές τιμές
Υβρίδιο - Φως	$3,66 \pm 0,52$ D*	$2,17 \pm 0,48$ C*
Υβρίδιο - Σκοτάδι	$7,48 \pm 1,43$ C	$2,97 \pm 0,99$ C
Ποικιλία - Φως	$12,58 \pm 2,77$ B	$6,45 \pm 1,06$ B
Ποικιλία - Σκοτάδι	$18,62 \pm 2,00$ A	$8,17 \pm 1,31$ A

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Από τα δεδομένα του Πίνακα 3.4 φαίνεται πως ο γονότυπος και η παρουσία φωτός είχαν μεγαλύτερη επίδραση στον μέγιστο και τελικό ρυθμό παραγωγής αιθυλενίου σε σχέση με την αναπνευστική δραστηριότητα. Έτσι, ο μέγιστος ρυθμός αιθυλενίου ήταν υψηλότερος στην ποικιλία σε σχέση με το υβρίδιο ανεξάρτητα από την παρουσία φωτός, και κατά την παραμονή σε σκοτάδι σε σχέση με φως, ανεξάρτητα από τον γονότυπο. Οι τελικοί ρυθμοί παρουσίασαν διαφορές μεταξύ ποικιλίας και υβριδίου ανεξάρτητα παρουσίας φωτός, ενώ το σκοτάδι επέδρασε σε υψηλότερο ρυθμό έκλυσης αιθυλενίου στην ποικιλία, όταν στο υβρίδιο ο φωτισμός δεν επέδρασε σημαντικά.

3.1.4. Απώλεια βάρους καρπών κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης

Στο γράφημα 3.5 παρουσιάζεται η πορεία της απώλειας βάρους (%) των καρπών υπό την επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων, ενώ στον Πίνακα 3.5 πραγματοποιείται σύγκριση των πειραματικών επεμβάσεων στην τελική απώλεια βάρους (%) των καρπών κατά το πέρας της ωρίμανσης.



Γράφημα 3.5 Απώλεια βάρους (%) καρπών τομάτας τοπικής ποικιλίας και εμπορικού υβριδίου, από τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο και μέχρι την ωρίμανσή τους στο στάδιο RR σε φως και σκοτάδι

Από το γράφημα 3.5 παρουσιάζεται μια σχεδόν γραμμική απώλεια βάρους των καρπών κατά την πορεία της ωρίμανσης, χωρίς ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις μεταξύ των γονοτύπων (υβρίδιο – τοπική ποικιλία) και της ύπαρξης ή όχι φωτός κατά την ωρίμανση, εκτός από μια εντονότερη απώλεια βάρους από τους καρπούς της ποικιλίας στο σκοτάδι από την 9^η ημέρα μετά τη συγκομιδή. Παρά ταύτα, η καθυστέρηση των καρπών του υβριδίου να αναπτύξουν κόκκινο χρώμα σε σχέση με αυτούς της ποικιλίας, πιθανά να επέδρασε σε αυξημένη απώλεια βάρους στο τέλος της ωρίμανσης, ιδιαίτερα στο σκοτάδι. Αυτό παρατηρείται στον Πίνακα 3.5 όπου η απώλεια βάρους στο τέλος της ωρίμανσης ήταν σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς του υβριδίου σε σχέση με αυτούς της ποικιλίας όταν συγκρίνονται καρποί που ωρίμασαν ξεχωριστά σε φως ή σκοτάδι. Σε κάθε γονότυπο, η ωρίμανση σε φως ή σκοτάδι δεν επέδρασε σημαντικά στην απώλεια βάρους.

Πίνακας 3.5 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και της παρουσίας φωτός στην συνολική απώλεια βάρους (%) κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης καρπών τομάτας από τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο έως το στάδιο RR

Απώλεια Βάρους (%)	Τελικές τιμές
Υβρίδιο - Φως	11,92 ± 1,24 A*
Υβρίδιο - Σκοτάδι	11,68 ± 0,98 AB
Ποικιλία - Φως	10,55 ± 0,55 BC
Ποικιλία - Σκοτάδι	10,19 ± 0,90 C

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

3.1.5. Συνεκτικότητα των καρπών

Η συνεκτικότητα των καρπών προσδιορίστηκε κατά τη συγκομιδή και μετά το πέρας της ωρίμανσης. Στον Πίνακα 3.6 εμφανίζεται η επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων στη συνεκτικότητα των καρπών κατά το πέρας της ωρίμανσης, καθώς και σε σχέση με την αρχική συνεκτικότητα.

Πίνακας 3.6 Μέτρηση συνεκτικότητας (παραμόρφωση των καρπών σε mm) καρπών τομάτας τοπικής ποικιλίας και εμπορικού υβριδίου, κατά τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο και μετά την ωρίμανσή τους (RR) σε φως και σκοτάδι

	Συνεκτικότητα (mm)
Υβρίδιο (συγκομιδή στο MG)	0,403 ± 0,039 A*
Ποικιλία (συγκομιδή στο MG)	0,506 ± 0,106 A
Υβρίδιο – Σκοτάδι (RR)	1,304 ± 0,242 BC
Υβρίδιο – Φως (RR)	1,179 ± 0,247 B
Ποικιλία – Σκοτάδι (RR)	1,413 ± 0,294 CD
Ποικιλία – Φως (RR)	1,519 ± 0,210 D

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Τα δεδομένα του Πίνακα 3.6 δείχνουν ότι παρά το ότι οι MG καρποί της ποικιλίας και του υβριδίου δεν είχαν διαφορά στη συνεκτικότητά τους, μετά το πέρας της ωρίμανσης οι καρποί του υβριδίου διατήρησαν σε υψηλότερο βαθμό τη συνεκτικότητά τους σε σχέση με τους καρπούς της ποικιλίας όταν ωρίμασαν στο φως αλλά όχι στο σκοτάδι. Οι συνθήκες ωρίμανσης (φως ή σκοτάδι) δεν επέδρασαν σημαντικά στη συνεκτικότητα των καρπών μετά το πέρας της ωρίμανσης.

3.1.6. Περιεχόμενο των καρπών σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά

Το περιεχόμενο των καρπών σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (ΟΔΣ) προσδιορίστηκε κατά τη συγκομιδή και μετά το πέρας της ωρίμανσης. Στον Πίνακα 3.7 εμφανίζεται η επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων στο περιεχόμενο των καρπών σε ΟΔΣ κατά το πέρας της ωρίμανσης, καθώς και σε σχέση με τις τιμές κατά τη συγκομιδή.

Τα δεδομένα του Πίνακα 3.7 δείχνουν ότι και στους δύο γονότυπους παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση των ΟΔΣ των καρπών κατά την ωρίμανση, ανεξάρτητα από την παρουσία φωτός. Παράλληλα, δεν παρατηρείται επίδραση του φωτισμού στο περιεχόμενο των καρπών σε ΟΔΣ και στους δύο γονότυπους. Αντίστοιχα, δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στο περιεχόμενο σε ΟΔΣ των καρπών του υβριδίου σε σχέση με αυτούς της ποικιλίας και κατά την συγκομιδή (στάδιο MG) και στην πλήρη ωρίμανση (στάδιο RR), ανεξάρτητα μάλιστα με το αν οι καρποί ωρίμασαν σε φως ή σκοτάδι.

Πίνακας 3.7 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και της παρουσίας φωτός κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης στο περιεχόμενο σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά ($^{\circ}$ Brix) καρπών τομάτας κατά τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο και μετά την ωρίμανσή τους στο στάδιο RR

	Περιεχόμενο σε ΟΔΣ ($^{\circ}$ Brix)
Υβρίδιο (συγκομιδή στο MG)	4,24 ± 0,23 BC*
Ποικιλία (συγκομιδή στο MG)	4,16 ± 0,34 C
Υβρίδιο – Φως (RR)	4,60 ± 0,41 AB
Υβρίδιο – Σκοτάδι (RR)	4,65 ± 0,40 AB
Ποικιλία – Φως (RR)	4,90 ± 0,39 A
Ποικιλία – Σκοτάδι (RR)	4,91 ± 0,35 A

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο E.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

3.1.7. Τιτλοδοτούμενη οξύτητα των καρπών

Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (% κιτρικό οξύ) των καρπών τομάτας προσδιορίστηκε κατά τη συγκομιδή και μετά το πέρας της ωρίμανσης. Στον Πίνακα 3.8 εμφανίζεται η επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων στο περιεχόμενο των καρπών σε κιτρικό οξύ (%) κατά το πέρας της ωρίμανσης, καθώς και σε σχέση με τις τιμές κατά τη συγκομιδή.

Τα δεδομένα του Πίνακα 3.8 δείχνουν ότι στο υβρίδιο παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της οξύτητας των καρπών κατά την ωρίμανση, ενώ στους καρπούς της ποικιλίας δεν υπήρξε σημαντική μείωση. Παράλληλα, δεν παρατηρείται επίδραση του φωτισμού στο περιεχόμενο των καρπών σε τιτλοδοτούμενη οξύτητα των καρπών και στους δύο γονότυπους. Αντίστοιχα, αν και παρατηρείται σημαντική υπεροχή στο περιεχόμενο σε κιτρικό οξύ των καρπών του υβριδίου σε σχέση με αυτούς της ποικιλίας κατά την συγκομιδή (στάδιο MG), η διαφορά αυτή έπαψε να υπάρχει στην πλήρη ωρίμανση (στάδιο RR), ανεξάρτητα με το αν οι καρποί ωρίμασαν σε φως ή σκοτάδι.

Πίνακας 3.8 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και της παρουσίας φωτός κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα καρπών τομάτας κατά τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο και μετά την ωρίμανσή τους στο στάδιο RR

	Τιτλοδοτούμενη οξύτητα (% κιτρικό οξύ)
Υβρίδιο (συγκομιδή στο MG)	0,514 ± 0,061 A*
Ποικιλία (συγκομιδή στο MG)	0,438 ± 0,066 B
Υβρίδιο – Φως (RR)	0,421 ± 0,052 B
Υβρίδιο – Σκοτάδι (RR)	0,385 ± 0,055 B
Ποικιλία – Φως (RR)	0,389 ± 0,032 B
Ποικιλία – Σκοτάδι (RR)	0,419 ± 0,036 B

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο E.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

3.1.8. Περιεχόμενο των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά

Το περιεχόμενο των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά (ΟΦΣ) προσδιορίστηκε κατά τη συγκομιδή και μετά το πέρας της ωρίμανσης. Στον Πίνακα 3.9 εμφανίζεται η επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων στο περιεχόμενο των καρπών σε ΟΦΣ κατά το πέρας της ωρίμανσης, καθώς και σε σχέση με τις τιμές κατά τη συγκομιδή.

Πίνακας 3.9 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και της παρουσίας φωτός κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης στο περιεχόμενο ολικών φαινολικών συστατικών (mg GAE/100 g v.β.) καρπών τομάτας κατά τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο και μετά την ωρίμανσή τους στο στάδιο RR.

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα

	Ολικά φαινολικά συστατικά (mg GAE/100 g v.β.)
Υβρίδιο (συγκομιδή στο MG)	16,53 ± 3,99 CD*
Ποικιλία (συγκομιδή στο MG)	13,55 ± 2,66 D
Υβρίδιο – Φως (RR)	18,29 ± 2,26 C
Υβρίδιο – Σκοτάδι (RR)	23,01 ± 2,24 B
Ποικιλία – Φως (RR)	33,71 ± 4,39 A
Ποικιλία – Σκοτάδι (RR)	35,77 ± 5,15 A

με το κριτήριο E.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Στον Πίνακα 3.9 φαίνεται ότι στην ποικιλία παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση των ΟΦΣ των καρπών κατά την ωρίμανση με συνέπεια οι RR καρποί να φέρουν όμοια επίπεδα ολικών φαινολικών ανεξάρτητα από την παρουσία ή μη φωτός. Αντίθετα, στους καρπούς του υβριδίου αύξηση παρατηρήθηκε μόνο στους καρπούς που ωρίμασαν σε σκοτάδι, οι οποίοι υπερτερούν ως προς το περιεχόμενο σε ΟΦΣ σε σχέση με αυτούς που ωρίμασαν σε φως. Αντίστοιχα, αν και στο στάδιο MG δεν υπήρχε διαφορά στο περιεχόμενο σε ΟΦΣ μεταξύ των γονοτύπων, μετά την ωρίμανση οι καρποί της ποικιλίας ανεξάρτητα της παρουσίας ή μη φωτός υπερτερούν ως προς το περιεχόμενο σε ΟΦΣ σε σχέση με αυτούς του υβριδίου.

3.1.9. Περιεχόμενο των καρπών σε λυκοπένιο

Το περιεχόμενο των καρπών σε λυκοπένιο προσδιορίστηκε κατά τη συγκομιδή και μετά το πέρας της ωρίμανσης. Στον Πίνακα 3.10 εμφανίζεται η επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων στο περιεχόμενο των καρπών σε λυκοπένιο κατά το πέρας της ωρίμανσης, καθώς και σε σχέση με τις τιμές κατά τη συγκομιδή.

Από τον Πίνακα 3.10 παρατηρείται ότι μόνο οι καρποί του υβριδίου που ωρίμασαν στο σκοτάδι είχαν μειωμένο περιεχόμενο σε λυκοπένιο σε σχέση με τους άλλους καρπούς οι οποίοι δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Σημείωση: Οι μάρτυρες (καρποί MG) δεν περιείχαν ανιχνεύσιμες ποσότητες λυκοπενίου.

Πίνακας 3.10 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και της παρουσίας φωτός κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης στο περιεχόμενο λυκοπενίου (mg/kg v.β.) καρπών τομάτας κατά τη συγκομιδή τους στο MG στάδιο και μετά την ωρίμανσή τους στο στάδιο RR

	Λυκοπενίου (mg/kg v.β.)
Υβρίδιο (συγκομιδή στο MG)	-
Ποικιλία (συγκομιδή στο MG)	-
Υβρίδιο – Φως (RR)	95,86 ± 17,06 A *
Υβρίδιο – Σκοτάδι (RR)	70,71 ± 9,71 B
Ποικιλία – Φως (RR)	106,12 ± 12,38 A
Ποικιλία – Σκοτάδι (RR)	97,82 ± 6,21 A

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο E.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

3.2 ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΡΠΩΝ ΤΟΜΑΤΑΣ ΤΟΠΙΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΥΒΡΙΔΙΟΥ ΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΘΗΚΑΝ ΣΕ ΔΥΟ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

3.2.1. Αξιολόγηση οπτικών χαρακτηριστικών ποιότητας κατά την διάρκεια και το τέλος της αποθήκευσης

Στον πίνακα 3.11 και στην εικόνα 3.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της οπτικής αξιολόγησης στο ενδιάμεσο διάστημα (10 και 7 ημέρες στους 7 και 15 °C αντίστοιχα) και στο τέλος της συντήρησης (20 και 15 ημέρες στους 7 και 15 °C αντίστοιχα) των καρπών. Η αξιολόγηση της οπτικής ποιότητας των καρπών έγινε σε κλίμακα 0-5, όπου:

0. έναρξη εμφάνισης σήψης ή έναρξη σκισίματος του καρπού από την περιοχή του κάλυκα / μη εμπορεύσιμος
1. έντονη μάρανση-ρυτίδωση στον καρπό / μη εμπορεύσιμος
2. έναρξη μάρανσης με εμφανείς ρυτιδώσεις πάνω στον καρπό / ελαφρώς αλλοιωμένος καρπός
3. Μέτρια μάρανση
4. Πολύ καλή κατάσταση
5. Άριστη κατάσταση

Πίνακας 3.11 Οπτική ποιότητα καρπών τομάτας (τοπικής ποικιλίας και εμπορικού υβριδίου) κατά την διάρκεια και μετά την συντήρηση των καρπών σε θερμοκρασία 7°C (στις 10 και 20 ημέρες) και 15°C (στις 7 και 15 ημέρες).

Οπτική ποιότητα	Ενδιάμεσο διάστημα αποθήκευσης	Μετά την αποθήκευση
Υβρίδιο 15°C	4,75	1,29
Υβρίδιο 7°C	4,38	2,50
Ποικιλία 15°C	5,00	1,00
Ποικιλία 7°C	4,75	2,38

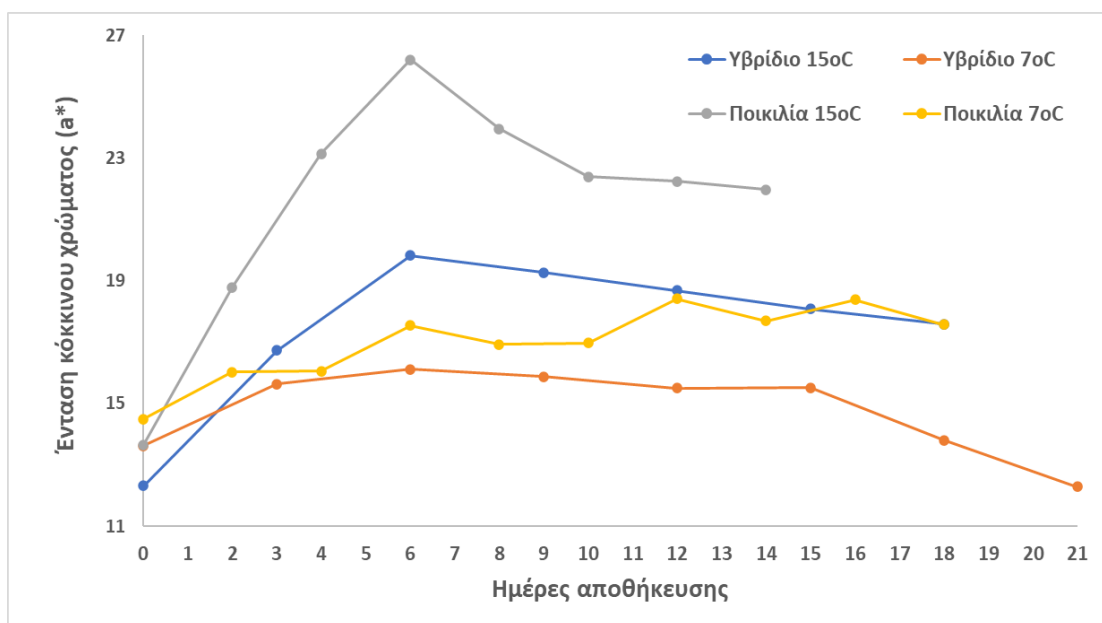


Εικόνα 3.1 Στα αριστερά φαίνονται οι καρποί που αποθηκεύτηκαν στους 15°C (αριστερά το υβρίδιο και δεξιά η ποικιλία) και στα δεξιά φαίνονται οι καρποί που αποθηκεύτηκαν στους 7 °C (αριστερά το υβρίδιο και δεξιά η ποικιλία) και στις δυο περιπτώσεις επάνω είναι οι καρποί προ και κάτω μετά την αποθηκευτική περίοδο

Από τα δεδομένα του Πίνακα 3.11 μπορεί να παρατηρηθεί ότι οι καρποί που αποθηκεύτηκαν στους 7°C εμφάνισαν καλύτερη διατηρησιμότητα σε σχέση με εκείνους που βρίσκονταν στους 15°C (ανεξαρτήτως γονότυπου) κατά την ολοκλήρωση της αποθήκευσης. Αξιοσημείωτο είναι ότι όλοι οι καρποί της ποικιλίας και οι περισσότεροι καρποί του υβριδίου που συντηρήθηκαν στους 15°C για 15 και 20 ημέρες αντίστοιχα ήταν μη εμπορεύσιμοι με σημάδια έντονης μάρανσης, σήψης ή σχισίματα στην περιοχή του κάλυκα. Αντίθετα, στους 7°C οι καρποί και της ποικιλίας και του υβριδίου διατήρησαν σε σχετικά ικανοποιητικό βαθμό την οπτική τους ποιότητα. Η αξιολόγηση στο ενδιάμεσο διάστημα αποθήκευσης φανερώνει ότι όλοι οι καρποί βρίσκονταν σε άριστη έως πολύ καλή κατάσταση, ανεξάρτητα από το γονότυπο και τη θερμοκρασία αποθήκευσης, ενώ, σε αντίθεση με τα προαναφερθέντα κατά τη λήξη της συντήρησης, οι καρποί του υβριδίου στους 7°C παρουσίασαν μια εντονότερη τάση για οπτική υποβάθμιση σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις.

3.2.2. Μεταβολή χρώματος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης

Στα Γραφήματα 3.6 και 3.7 παρουσιάζεται η μεταβολή του κόκκινου χρώματος της επιδερμίδας των καρπών (a^*) και της φωτεινότητας (L^*) αντίστοιχα υπό την επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων, ενώ στους Πίνακες 3.12 και 3.13 πραγματοποιείται σύγκριση των πειραματικών επεμβάσεων στις τιμές της έντασης του χρώματος και της φωτεινότητας πριν και κατά την ολοκλήρωση της αποθήκευσης.



Γράφημα 3.6 Ένταση κόκκινου χρώματος (a^*) επιδερμίδας καρπών τομάτας τοπικής ποικιλίας και εμπορικού υβριδίου, κατά τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και την αποθήκευση τους στους 7 και 15 °C

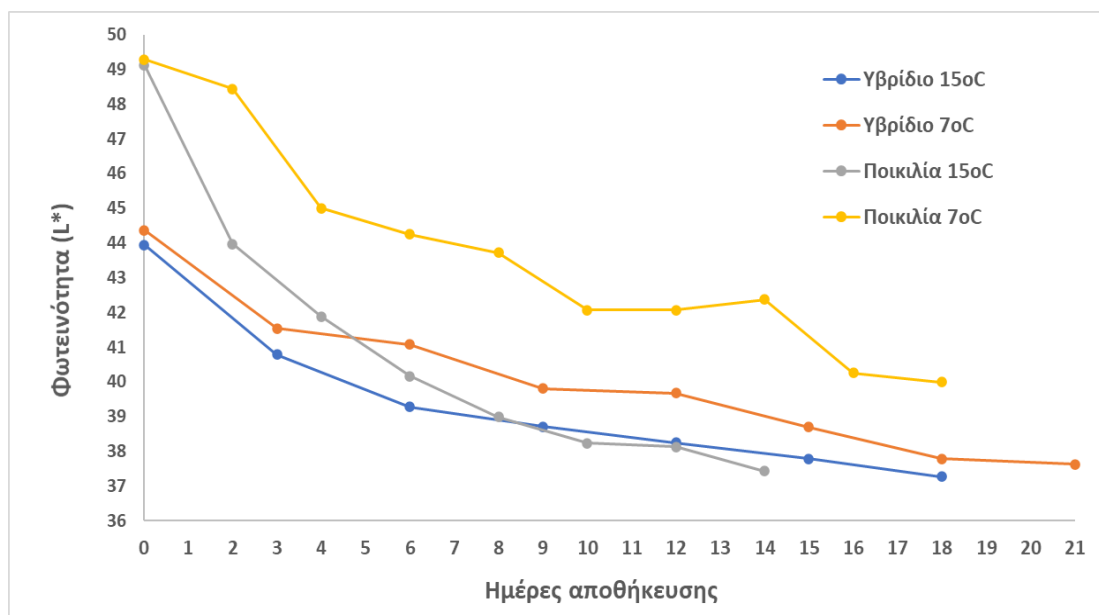
Από το Γράφημα 3.6 παρατηρείται συνολικά αρχική τάση για αύξηση του κόκκινου χρωματισμού έως ότου οι ελαφρά κόκκινοι καρποί φτάσουν στο κόκκινο ώριμο στάδιο, που εξαρτήθηκε από τις πειραματικές επεμβάσεις. Πιο συγκεκριμένα, οι καρποί που αποθηκεύτηκαν στους 15 °C ανεξαρτήτως γονότυπου αύξησαν εντονότερα τον κόκκινο χρωματισμό τους σε σχέση με τους καρπούς στους 7 °C. Διαφορές παρατηρούνται και μεταξύ των γονοτύπων, με την ποικιλία να εμφανίζει εντονότερη αυξητική τάση ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Έτσι, η μεταβολή του χρώματος της επιδερμίδας των καρπών σε πλήρως κόκκινο παρατηρείται στους καρπούς της ποικιλίας κατά την 6^η (στους 15 °C) και την 16^η (στους 7 °C) ημέρα από τη συγκομιδή, ενώ στους καρπούς του υβριδίου μετά την 6^η ημέρα ανεξαρτήτως θερμοκρασίας αποθήκευσης. Όμως είναι εμφανές ότι η ένταση του κόκκινου χρώματος είναι αισθητά χαμηλότερη στους καρπούς του υβριδίου σε σχέση με της ποικιλίας ανεξάρτητα τις θερμοκρασίες αποθήκευσης (7 και 15°C). Επιπλέον, μετά την 6^η ημέρα αποθήκευσης σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από την ποικιλία στους 7 °C, παρατηρήθηκε έντονη μείωση του κόκκινου χρώματος.

Πίνακας 3.12 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και της αποθήκευσης στην ένταση του κόκκινου χρώματος (a^*) της επιδερμίδας καρπών τομάτας, κατά τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και την αποθήκευσή τους στους 7 και 15 °C

	Ένταση κόκκινου χρώματος (a^*)
Υβρίδιο – Μάρτυρες	13,01 ± 1,26 CD*
Ποικιλία - Μάρτυρες	14,11 ± 1,74 C
Υβρίδιο - 15 °C	17,59 ± 1,60 B
Υβρίδιο - 7 °C	12,28 ± 1,79 D
Ποικιλία - 15 °C	21,96 ± 2,21 A
Ποικιλία - 7 °C	17,56 ± 2,01 B

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Οι παρατηρήσεις αυτές επιβεβαιώνονται από την στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στις τιμές της παραμέτρου a^* των καρπών ποικιλίας και υβριδίου που αποθηκεύτηκαν στους 7 και 15 °C, την ημέρα της συγκομιδής στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και κατά το πέρας της αποθήκευσης (πίνακας 3.12). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι την ημέρα της συγκομιδής στο ελαφρά κόκκινο στάδιο οι καρποί της ποικιλίας και του υβριδίου δεν είχαν έντονη διαφορά στην ένταση του κόκκινου χρώματος. Αντίθετα, κατά το τέλος της αποθήκευσης, σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από το υβρίδιο στους 7 °C οι καρποί ανέπτυξαν πιο κόκκινο χρωματισμό, εντονότερα στην ποικιλία σε σχέση με το υβρίδιο (ανεξάρτητα θερμοκρασίας) και στους 15°C σε σχέση 7 °C (ανεξαρτήτως γονότυπου).



Γράφημα 3.7 Φωτεινότητα (L^*) της επιδερμίδας των καρπών τομάτας τοπικής ποικιλίας και εμπορικού υβριδίου, από τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και κατά την αποθήκευσή τους στους 7 και 15 °C

Από το γράφημα 3.7 φαίνεται ξεκάθαρα η εντονότερη μείωση της φωτεινότητας στους καρπούς που αποθηκεύτηκαν στους 15 °C σε σχέση με αυτούς στους 7 °C και στους δύο γονότυπους που μελετήθηκαν. Μεταξύ των δύο γονοτύπων, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης εμφανίζεται εντονότερη μείωση στους καρπούς της ποικιλίας, σε σχέση με του υβριδίου.

Πίνακας 3.13 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και της αποθήκευσης στη φωτεινότητα (L*) της επιδερμίδας καρπών τομάτας, κατά τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και την αποθήκευση τους στους 7 και 15 °C

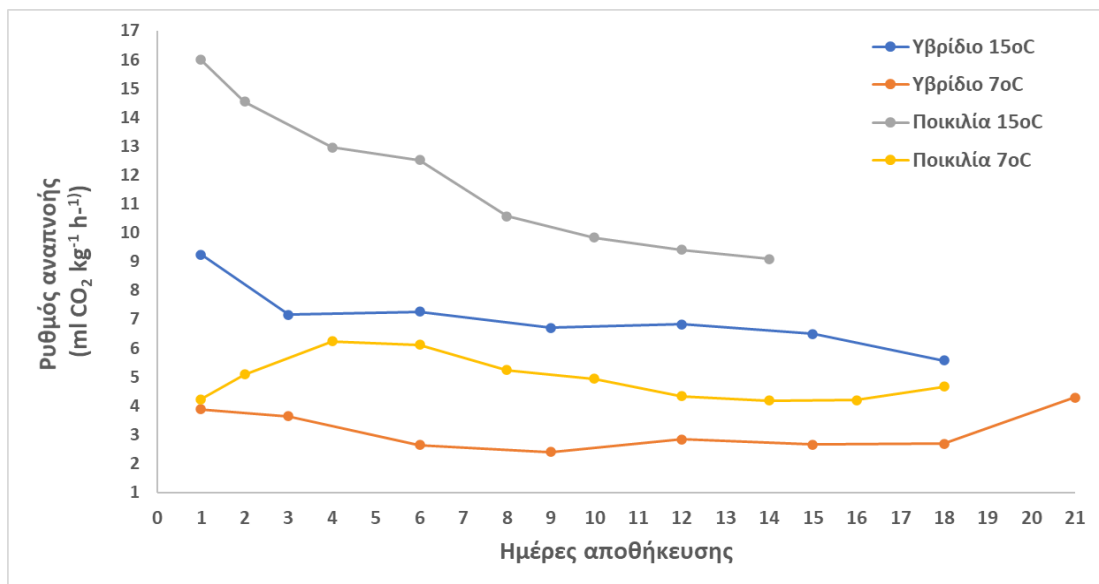
	Φωτεινότητα (L*)
Υβρίδιο – Μάρτυρες	44,14 ± 2,09 B*
Ποικιλία - Μάρτυρες	49,20 ± 1,87 A
Υβρίδιο - 15 °C	37,27 ± 0,69 C
Υβρίδιο - 7 °C	37,62 ± 1,92 C
Ποικιλία - 15 °C	37,43 ± 0,55 C
Ποικιλία - 7 °C	39,99 ± 2,18 C

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Από τον πίνακα 3.13 παρατηρείται ότι την ημέρα της συγκομιδής στο ελαφρά κόκκινο στάδιο οι καρποί της ποικιλίας είχαν υψηλότερη φωτεινότητα σε σχέση με τους καρπούς του υβριδίου. Μετά το τέλος της αποθήκευσης παρατηρείται σε όλες τις περιπτώσεις μείωση της φωτεινότητας στα ίδια επίπεδα, ανεξάρτητα από την αρχική τιμή της φωτεινότητας των καρπών, τον γονότυπο και τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

3.2.3. Αναπνευστική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης

Στο γράφημα 3.8 παρουσιάζεται η πορεία της αναπνευστικής δραστηριότητας των καρπών υπό την επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων, ενώ στον πίνακα 3.14 πραγματοποιείται σύγκριση των πειραματικών επεμβάσεων στις τιμές του ρυθμού παραγωγής CO₂ από τους καρπούς την πρώτη και τελευταία ημέρα της αποθήκευσης.



Γράφημα 3.8 Ρυθμός παραγωγής CO₂ (ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) καρπών τομάτας τοπικής ποικιλίας και εμπορικού υβριδίου, από τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και την αποθήκευση τους στους 7 και 15 °C

Σύμφωνα με το γράφημα 3.8, σε όλες τις περιπτώσεις παρουσιάζεται μια σταθερή αναπνευστική δραστηριότητα των καρπών τομάτας (εκτός της ποικιλίας στους 15°C). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι ο ρυθμός αναπνοής είναι αισθητά χαμηλότερος κατά την συντήρηση του υβριδίου και της ποικιλίας στους 7°C σε σχέση με την αποθήκευση στους 15°C. Αντίστοιχα, στην ίδια θερμοκρασία αποθήκευσης ο αναπνευστικός ρυθμός των καρπών της ποικιλίας είναι σαφώς υψηλότερος από τον αντίστοιχο στο υβρίδιο. Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ στους καρπούς του υβριδίου στους 7 και 15°C και της ποικιλίας στους 7°C ο ρυθμός αναπνοής εμφανίζει σχετικά πιο σταθερές τιμές, στην ποικιλία στους 15°C ο ρυθμός σταδιακά μειώνεται.

Πίνακας 3.14 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και των θερμοκρασιών αποθήκευσης στον ρυθμό αναπνοής ($\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) την 1^η και τελευταία ημέρα αποθήκευσης καρπών τομάτας από τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και την ολοκλήρωση της αποθήκευσής τους στους 7 και 15 °C

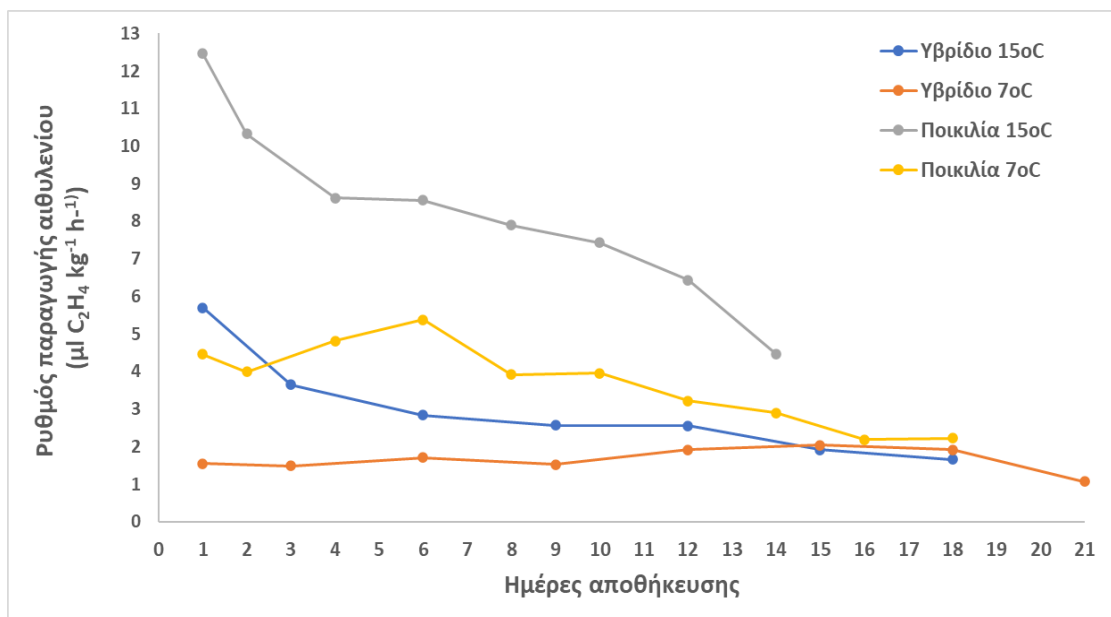
Ρυθμός αναπνοής ($\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	1 ^η ημέρα αποθήκευσης	Τέλος αποθήκευσης
Υβρίδιο 15°C	9,24 ± 1,63 B*	5,57 ± 0,54 B*
Υβρίδιο 7°C	3,88 ± 0,69 C	4,29 ± 0,58 C
Ποικιλία 15°C	15,10 ± 1,14 A	9,08 ± 1,24 A
Ποικιλία 7°C	4,23 ± 1,05 C	4,66 ± 1,05 BC

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Από τα στοιχεία του πίνακα 3.14 επιβεβαιώνονται οι παρατηρήσεις του γραφήματος 3.8, με την στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στις τιμές του ρυθμού παραγωγής CO_2 των καρπών ποικιλίας και υβριδίου που αποθηκεύτηκαν στους 7 και 15 °C, μία ημέρα μετά τη συγκομιδή στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και κατά το πέρας της αποθήκευσης. Πιο συγκεκριμένα, οι καρποί που αποθηκεύτηκαν στους 15°C είχαν πιο έντονη διακύμανση του ρυθμού αναπνοής κατά την ολοκλήρωση της αποθήκευσης σε σχέση με εκείνους που αποθηκεύτηκαν στους 7°C ανεξαρτήτως γονότυπου. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι η ποικιλία που αποθηκεύτηκε στους 15°C παρουσίασε αρχικά υψηλότερες τιμές ρυθμού αναπνοής και έντονη μείωση κατά την ολοκλήρωση της αποθήκευσης. Αν και από το γράφημα 3.8 φαίνεται ότι οι καρποί της ποικιλίας είχαν υψηλότερο ρυθμό αναπνοής σε σχέση με αυτούς του υβριδίου στους 7 °C, αυτό δεν επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα του πίνακα 3.14 τουλάχιστον ως προς την 1^η και την τελευταία ημέρα αποθήκευσης.

3.2.4. Ρυθμός έκλυσης αιθυλενίου κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης

Στο γράφημα 3.9 παρουσιάζεται η μεταβολή του ρυθμού παραγωγής αιθυλενίου των καρπών υπό την επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων, ενώ στον πίνακα 3.15 πραγματοποιείται σύγκριση των πειραματικών επεμβάσεων στις τιμές του ρυθμού παραγωγής αιθυλενίου από τους καρπούς την 1^η και τελευταία ημέρα της αποθήκευσης.



Γράφημα 3.9 Ο Ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου ($\mu\text{l kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) καρπών τομάτας τοπικής ποικιλίας και εμπορικού υβριδίου, από τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και την αποθήκευση τους στους 7 και 15 °C

Στο γράφημα 3.9, σε όλες τις περιπτώσεις, εκτός της ποικιλίας στους 15°C, παρουσιάζεται ένας σχετικά σταθερός ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου ($\mu\text{l kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) των καρπών τομάτας. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται ότι ο ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου είναι χαμηλότερος στο υβρίδιο σε σχέση με την ποικιλία, κυρίως κατά την αποθήκευση στους 15 °C και λιγότερο στους 7 °C. Αξίζει να σημειωθεί όμως ότι ενώ στους καρπούς του υβριδίου στους 7 και 15°C και της ποικιλίας στους 7°C ο ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου εμφανίζει σχετικά πιο σταθερές και χαμηλές τιμές, στην ποικιλία στους 15°C η παραγωγή του αιθυλενίου ήταν πολύ υψηλότερη και σταδιακά μειωνόταν.

Πίνακας 3.15 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και των θερμοκρασιών αποθήκευσης στον προ και μετά την αποθήκευση ρυθμό παραγωγής αιθυλενίου ($\mu\text{l kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης καρπών τομάτας, από τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και την ολοκλήρωση της αποθήκευσής τους στους 7 και 15 °C

Ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου ($\mu\text{g kg}^{-1} \text{h}^{-1}$)	1 ^η ημέρα αποθήκευσης	Τέλος αποθήκευσης
Υβρίδιο 15°C	5,705 ± 1,24 B*	1,665 ± 0,33 BC*
Υβρίδιο 7°C	1,546 ± 0,59 C	1,076 ± 0,33 C
Ποικιλία 15°C	12,457 ± 4,34 A	4,466 ± 1,11 A
Ποικιλία 7°C	4,456 ± 1,15 BC	2,885 ± 1,46 B

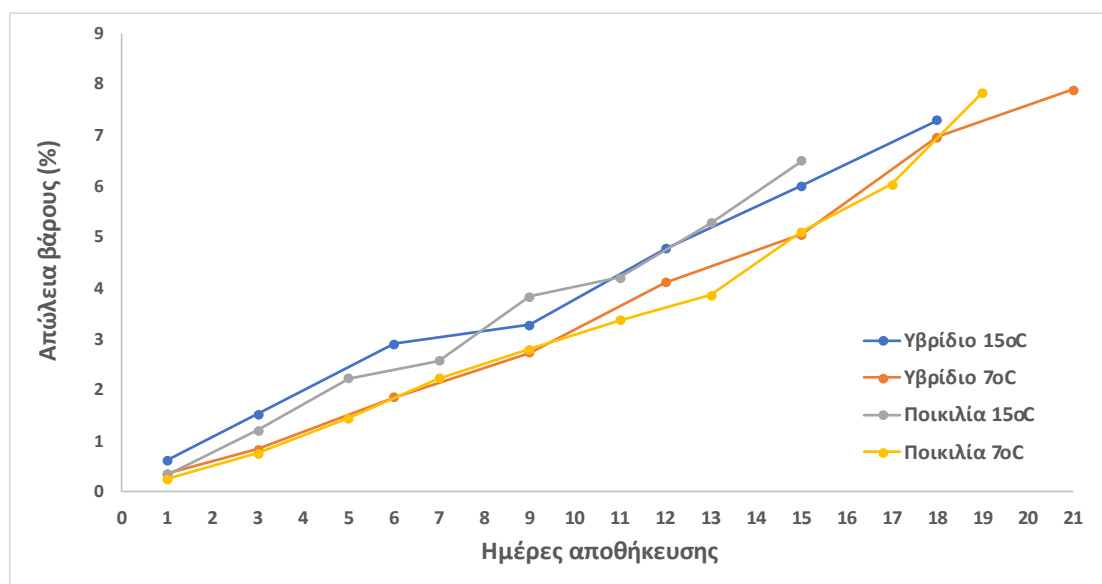
*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Από τα δεδομένα του πίνακα 3.15 επιβεβαιώνονται οι παρατηρήσεις του γραφήματος 3.9. Πιο συγκεκριμένα, οι καρποί που αποθηκεύτηκαν στους 15 °C είχαν πιο έντονη διακύμανση του ρυθμού παραγωγής αιθυλενίου κατά την ολοκλήρωση της αποθήκευσης σε σχέση με εκείνους που αποθηκεύτηκαν στους 7 °C ανεξαρτήτως γονότυπου. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι η ποικιλία που αποθηκεύτηκε στους 15 °C παρουσίασε αρχικά υψηλότερες τιμές ρυθμού παραγωγής αιθυλενίου και έντονη μείωση κατά την ολοκλήρωση της αποθήκευσης. Σε κάθε περίπτωση, οι καρποί της ποικιλίας στους 15 °C εμφάνισαν την υψηλότερη παραγωγή αιθυλενίου, ακολουθούμενοι με σημαντική διαφορά από αυτούς του υβριδίου στους 15 °C και της ποικιλίας στους 7 °C και τον χαμηλότερο ρυθμό επιδείκνυαν οι καρποί του υβριδίου στους 7 °C.

3.2.5. Απώλεια βάρους καρπών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης

Στο γράφημα 3.10 παρουσιάζεται η πορεία της απώλειας βάρους (%) των καρπών υπό την επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων, ενώ στον πίνακα 3.16 πραγματοποιείται σύγκριση των πειραματικών επεμβάσεων στην τελική απώλεια βάρους (%) των καρπών κατά το πέρας της αποθήκευσης.

Στο γράφημα 3.10 παρουσιάζεται μια σχεδόν γραμμική απώλεια βάρους των καρπών κατά την πορεία της αποθήκευσης, χωρίς ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις μεταξύ των γονοτύπων (υβρίδιο – τοπική ποικιλία) και των θερμοκρασιών αποθήκευσης (7 και 15 °C). Τα δεδομένα αυτά επιβεβαιώνονται και στον πίνακα 3.16 με τις τιμές της απώλειας βάρους (%) να μην παρουσιάζουν στατιστική διαφορά κατά την ολοκλήρωση της αποθήκευσης.



Γράφημα 3.10 Απώλεια βάρους (%) καρπών τομάτας τοπικής ποικιλίας και εμπορικού υβριδίου, κατά τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και την ολοκλήρωση της αποθήκευσής τους στους 7 και 15 °C

Πίνακας 3.16 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και των θερμοκρασιών αποθήκευσης στην απώλεια βάρους (%) μετά το πέρας της αποθήκευσης στους 7 και 15 °C

	Απώλεια Βάρους (%)
Υβρίδιο 15°C	7,31 ± 1,00 A*
Υβρίδιο 7°C	7,90 ± 1,26 A
Ποικιλία 15°C	6,50 ± 1,07 A
Ποικιλία 7°C	7,84 ± 1,25 A

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

3.2.6. Συνεκτικότητα των καρπών

Η συνεκτικότητα των καρπών προσδιορίστηκε κατά τη συγκομιδή στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και μετά το πέρας της αποθήκευσης. Στον πίνακα 3.17 εμφανίζεται η επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων στη συνεκτικότητα των καρπών κατά το πέρας της αποθήκευσης, καθώς και σε σχέση με την αρχική συνεκτικότητα.

Τα δεδομένα του πίνακα 3.17 δείχνουν ότι οι καρποί του υβριδίου είχαν μεγαλύτερη συνεκτικότητα σε σχέση με τους καρπούς της ποικιλίας ανεξαρτήτως των συνθηκών αποθήκευσης (7 και 15 °C), τόσο πριν, όσο και μετά την αποθήκευσή τους. Η θερμοκρασία δεν επέδρασε σημαντικά στη συνεκτικότητα των καρπών σε κάθε γονότυπο, ενώ σε σχέση με τις τιμές πριν την αποθήκευση, οι καρποί είχαν σημαντικά χαμηλότερη συνεκτικότητα με το πέρας της αποθήκευσης.

Πίνακας 3.17 Μέτρηση συνεκτικότητας (παραμόρφωση των καρπών σε mm) καρπών τομάτας τοπικής ποικιλίας και εμπορικού υβριδίου, κατά τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και την αποθήκευση τους στους 7 και 15 °C

	Συνεκτικότητα (παραμόρφωση σε mm)
Υβρίδιο – Μάρτυρες	0,600 ± 0,111 A*
Ποικιλία - Μάρτυρες	1,016 ± 0,202 B
Υβρίδιο - 15 °C	1,062 ± 0,199 B
Υβρίδιο - 7 °C	1,219 ± 0,169 B
Ποικιλία - 15 °C	1,500 ± 0,319 C
Ποικιλία - 7 °C	1,431 ± 0,192 C

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

3.2.7. Περιεχόμενο των καρπών σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά

Το περιεχόμενο των καρπών σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (ΟΔΣ) προσδιορίστηκε κατά τη συγκομιδή και μετά το πέρας της αποθήκευσης. Στον πίνακα 3.18 εμφανίζεται η επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων στο περιεχόμενο των καρπών σε ΟΔΣ κατά το πέρας της αποθήκευσης, καθώς και σε σχέση με τις τιμές κατά τη συγκομιδή στο ελαφρά κόκκινο στάδιο.

Πίνακας 3.18 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στο περιεχόμενο σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (°Brix) καρπών τομάτας κατά τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και μετά την αποθήκευσή τους στους 7 και 15 °C

	Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (°Brix)
Υβρίδιο – Μάρτυρες	4,46 ± 0,93 B*
Ποικιλία - Μάρτυρες	5,54 ± 0,58 A
Υβρίδιο - 15 °C	4,38 ± 0,43 B
Υβρίδιο - 7 °C	4,46 ± 0,33 B
Ποικιλία - 15 °C	6,04 ± 0,18 A
Ποικιλία - 7 °C	5,70 ± 0,68 A

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Τα δεδομένα του πίνακα 3.18 δείχνουν ότι και στους δύο γονότυπους δεν παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στο περιεχόμενό τους σε ΟΔΣ μετά την αποθήκευση, και στις δύο θερμοκρασίες αποθήκευσης, σε σχέση με τις τιμές κατά τη συγκομιδή τους. Μεταξύ των γονοτύπων η ποικιλία παρουσίασε σημαντικά υψηλότερο περιεχόμενο σε ΟΔΣ σε σχέση με το υβρίδιο, τόσο πριν, όσο και μετά το τέλος της αποθήκευσης.

3.2.8. Τιτλοδοτούμενη οξύτητα των καρπών

Η τιτλοδοτούμενη οξύτητα (% κιτρικό οξύ) των καρπών τομάτας προσδιορίστηκε κατά τη συγκομιδή στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και μετά το πέρας της αποθήκευσης. Στον πίνακα 3.19 εμφανίζεται η επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων στο περιεχόμενο των καρπών σε κιτρικό οξύ κατά το πέρας της αποθήκευσης, καθώς και σε σχέση με τις τιμές κατά τη συγκομιδή στο ελαφρά κόκκινο στάδιο.

Πίνακας 3.19 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και των θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα (% κιτρικό οξύ) καρπών τομάτας, κατά τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και μετά την αποθήκευση τους στους 7 και 15 °C

	Τιτλοδοτούμενη οξύτητα (% κιτρικό οξύ)
Υβρίδιο – Μάρτυρες	0,495 ± 0,111 A*
Ποικιλία - Μάρτυρες	0,447 ± 0,063 AB
Υβρίδιο - 15 °C	0,346 ± 0,045 C
Υβρίδιο - 7 °C	0,402 ± 0,048 BC
Ποικιλία - 15 °C	0,359 ± 0,057 C
Ποικιλία - 7 °C	0,419 ± 0,052 B

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Τα δεδομένα του πίνακα 3.19 δείχνουν ότι οι καρποί της ποικιλίας και του υβριδίου κατά την συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο δεν είχαν σημαντική διαφορά ως προς την τιτλοδοτούμενη οξύτητά τους. Όμως, μετά την ολοκλήρωση της αποθηκευτικής περιόδου, στους καρπούς του υβριδίου μειώθηκε σημαντικά η τιτλοδοτούμενη οξύτητα χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των 15 και 7 °C, ενώ στην ποικιλία η οξύτητα μειώθηκε σημαντικά στους 15 °C όχι όμως στους 7 °C.

3.2.9. Περιεχόμενο των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά

Το περιεχόμενο των καρπών σε ολικά φαινολικά συστατικά (ΟΦΣ) προσδιορίστηκε κατά τη συγκομιδή στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και μετά το πέρας της αποθήκευσης. Στον πίνακα 3.20 εμφανίζεται η επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων στο περιεχόμενο των καρπών σε ΟΦΣ κατά το πέρας της αποθήκευσης, καθώς και σε σχέση με τις τιμές κατά τη συγκομιδή στο ελαφρά κόκκινο στάδιο.

Σύμφωνα με τον πίνακα 3.20 οι καρποί της ποικιλίας κατά την συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο είχαν μεγαλύτερο περιεχόμενο σε ΟΦΣ σε σχέση με του υβριδίου. Κατά την ολοκλήρωση της αποθηκευτικής περιόδου παρατηρήθηκε ότι το περιεχόμενο σε ΟΦΣ δεν διαφοροποιήθηκε αλλά παρέμεινε το ίδιο ανεξάρτητα των θερμοκρασιών αποθήκευσης, με τους καρπούς της ποικιλίας να διατηρούν το υψηλότερο περιεχόμενο σε ΟΦΣ σε σχέση με του υβριδίου.

Πίνακας 3.20 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και των θερμοκρασιών στο περιεχόμενο ολικών φαινολικών συστατικών (mg GAE/100 g v.β.) καρπών τομάτας, κατά τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και την αποθήκευση τους στους 7 και 15 °C

	Ολικά φαινολικά συστατικά (mg GAE/100 g v.β.)
Υβρίδιο – Μάρτυρες	20,82 ± 6,33 B*
Ποικιλία - Μάρτυρες	34,25 ± 5,81 A
Υβρίδιο - 15 °C	22,45 ± 4,18 B
Υβρίδιο - 7 °C	22,19 ± 3,56 B
Ποικιλία - 15 °C	34,89 ± 2,59 A
Ποικιλία - 7 °C	34,26 ± 1,83 A

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

3.2.10. Περιεχόμενο των καρπών σε λυκοπένιο

Το περιεχόμενο των καρπών σε λυκοπένιο προσδιορίστηκε κατά τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και μετά το πέρας της αποθήκευσης τους. Στον πίνακα 3.21 εμφανίζεται η επίδραση των πειραματικών επεμβάσεων στο περιεχόμενο των καρπών σε λυκοπένιο κατά το πέρας της αποθήκευσης, καθώς και σε σχέση με τις τιμές κατά τη συγκομιδή στο ελαφρά κόκκινο στάδιο.

Πίνακας 3.21 Επίδραση του γονότυπου (τοπική ποικιλία – εμπορικό υβρίδιο) και των θερμοκρασιών στο περιεχόμενο σε λυκοπένιο (mg/kg v.β.) καρπών, κατά τη συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο και την αποθήκευση τους στους 7 και 15 °C

	Λυκοπένιο (mg/kg v.β.)
Υβρίδιο – Μάρτυρες	21,81 ± 4,30 C*
Ποικιλία - Μάρτυρες	33,22 ± 13,94 C
Υβρίδιο - 15 °C	74,30 ± 11,46 B
Υβρίδιο - 7 °C	28,03 ± 3,64 C
Ποικιλία - 15 °C	113,34 ± 11,69 A
Ποικιλία - 7 °C	28,91 ± 7,94 C

*Μέσοι σε στήλες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της Ε.Σ.Δ. σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

Από τον πίνακα 3.21 προκύπτει ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς το περιεχόμενο σε λυκοπένιο μεταξύ των καρπών της ποικιλίας και του υβριδίου κατά την συγκομιδή τους στο ελαφρά κόκκινο στάδιο. Κατά την ολοκλήρωση της αποθηκευτικής περιόδου παρατηρήθηκε ότι το περιεχόμενο σε λυκοπένιο αυξήθηκε κατά την αποθήκευση των καρπών ανεξαρτήτως γονότυπου στους 15 °C, όταν δεν υπήρξε αύξηση των τιμών σε σχέση με αυτές της συγκομιδής στους 7 °C. Εντονότερη ήταν η αύξηση της συγκέντρωσης του λυκοπενίου στους καρπούς της ποικιλίας στους 15 °C, σε σχέση με του υβριδίου.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η τομάτα είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα και καταναλώσιμα λαχανικά παγκοσμίως. Συνεπώς, οι φυσιολογικές και φυσικοχημικές αλλαγές των καρπών τομάτας κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και υπερωρίμανσης-γήρανσης έχουν μελετηθεί σε βάθος και αποτελούν σημαντικό αντικείμενο έρευνας για αρκετές δεκαετίες. Παρά ταύτα, δεν έχουν μελετηθεί ιδιαίτερα οι διαφορές στα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά ωρίμανσης και γήρανσης των καρπών της τομάτας που προέρχονται από ποικιλίες μικρής μετασπλεκτικής ζωής και σύγχρονες ποικιλίες ή υβρίδια μακράς διατηρησιμότητας και για το λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα περιορισμένα τα σχετικά βιβλιογραφικά δεδομένα. Επιπλέον, δεν υπάρχουν έρευνες που να μελετούν τις διαφορές αυτές υπό την επίδραση διαφορετικών συνθηκών, όπως η παρουσία ή μη φωτός κατά τη διάρκεια της μετασπλεκτικής ωρίμανσης φυσιολογικά ώριμων πράσινων καρπών και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος κατά τη συντήρηση καρπών που συλλέχθηκαν στο ελαφρά κόκκινο στάδιο ωρίμανσης.

4.1 ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΚΑΡΠΩΝ ΤΟΠΙΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΟΥ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑ Ή ΟΧΙ ΦΩΤΟΣ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η ωρίμανση των καρπών της τοπικής ποικιλίας επήλθε νωρίτερα από ότι στους καρπούς του υβριδίου μακράς διατηρησιμότητας, ανεξάρτητα από τις συνθήκες ωρίμανσης. Πιο συγκεκριμένα, οι καρποί της ποικιλίας κατά την ωρίμανση στο φως και στο σκοτάδι ανέπτυξαν πιο γρήγορα κόκκινο χρωματισμό επιδερμίδας και έφτασαν στο κόκκινο ώριμο στάδιο νωρίτερα από ότι οι καρποί του υβριδίου στις ίδιες συνθήκες ωρίμανσης, σε 9 (φως) και 10 (σκοτάδι) ημέρες μετά τη συγκομιδή, σε σχέση με τις 17 ημέρες μετά τη συγκομιδή στο υβρίδιο, ανεξάρτητα από την εφαρμογή φωτισμού. Παράλληλα με την ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος και η φωτεινότητα της επιδερμίδας μειώθηκε πιο γρήγορα στους καρπούς της ποικιλίας. Μείωση της φωτεινότητας της επιδερμίδας παρατηρείται κατά την ωρίμανση και υπερωρίμανση των καρπών τομάτας, επομένως η ταχύτερη υποβάθμιση της στους καρπούς της ποικιλίας υποδηλώνει ταχύτερη ωρίμανση. Παρά τις διαφορές αυτές, οι τελικές τιμές του κόκκινου χρώματος (a^*) δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από το γονότυπο (Γράφημα 3.1, Πίνακας 3.1), ενώ η φωτεινότητα (L^*) ήταν σημαντικά αυξημένη στο υβρίδιο (Γράφημα 3.2., Πίνακας 3.2).

Η παρουσία φωτός κατά την ωρίμανση επέδρασε σε ταχύτερη ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος κυρίως στην ποικιλία και κατά πολύ λιγότερο στο υβρίδιο, ενώ, αντίθετα, προκάλεσε εντονότερη μείωση της φωτεινότητας στο υβρίδιο αλλά όχι στην ποικιλία (Πίνακες 3.1 και 3.2). Είναι γνωστό ότι το φως είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη του χρώματος στους καρπούς τομάτας κατά την ωρίμανσή τους, συμβάλλοντας ιδιαίτερα στη σύνθεση των καροτενοειδών (Grierson and Kader, 1986). Επίσης, αυξημένη φωτεινή ακτινοβολία (ιδιαίτερα στο φάσμα του κόκκινου φωτός) επιταχύνει την ανάπτυξη του κόκκινου χρωματισμού σε καρπούς τομάτας, αυξάνοντας τη βιοσύνθεση του λυκοπενίου και του β -καροτενίου και μειώνοντας τα επίπεδα της χλωροφύλλης (Jen, 1974; Paynter and Jen, 1976; Gaultier et al., 2008). Καρποί cherry τομάτας δύο υβριδίων μακράς διατηρησιμότητας που συγκομίστηκαν στο MG στάδιο

και δέχθηκαν αιθυλενισμό για την επαγωγή της ωρίμανσης ανέπτυξαν πλήρως κόκκινο χρώμα εντός 6 ημερών από τον αιθυλενισμό, σε σχέση με τις 16 ημέρες που απαιτήθηκαν στο σκοτάδι και που οδήγησαν σε καρπούς με ανομοιόμορφη ωρίμανση (Karapanos et al., 2015). Παρά το γεγονός αυτό, οι καρποί του υβριδίου ωφελήθηκαν πολύ λίγο από την παρουσία φωτός, σε αντίθεση με αυτούς της ποικιλίας.

Σε αντίθεση με την παράμετρο a^* που προσδιορίζει το κόκκινο χρώμα της επιδερμίδας, η περιεκτικότητα των καρπών σε λυκοπένιο ανέδειξε διαφορές μεταξύ της παρουσίας φωτός και σκοταδιού στην ωρίμανση των καρπών του υβριδίου, με το φως να επιδρά σε σημαντικά υψηλότερο περιεχόμενο σε λυκοπένιο, στα επίπεδα των καρπών της ποικιλίας. Όμοια, οι Gautier et al. (2008) και Panjaia et al. (2019) αναφέρουν αυξημένη σύνθεση λυκοπενίου σε καρπούς τομάτας με υψηλότερη φωτεινή ακτινοβολία. Το γεγονός αυτό ίσως να οφείλεται στη μειωμένη παραγωγή λυκοπενίου στη σάρκα των καρπών στο σκοτάδι σε σχέση με το φως στους καρπούς του υβριδίου, όταν η συγκέντρωση του λυκοπενίου στην επιδερμίδα δεν επηρεάστηκε σημαντικά από το φως (όμοιες τιμές a^*). Είναι επίσης σύνηθες φαινόμενο οι καρποί των σύγχρονων υβριδίων τομάτας να έχουν πολύ λιγότερο κόκκινο χρωματισμό σάρκας σε σχέση με την επιδερμίδα, και τα δεδομένα της εργασίας αυτής δείχνουν ότι πιθανά ο φτωχός φωτισμός κατά την ωρίμανση των καρπών να επιτείνει το φαινόμενο αυτό.

Η αναπνευστική δραστηριότητα και η παραγωγή αιθυλενίου αποτελούν πολύ σημαντικούς φυσιολογικούς παράγοντες για τη σύγκριση των διαφορών που εντοπίζονται στην ωρίμανση των καρπών των υπό μελέτη γονότυπων σε φως και σκοτάδι. Λόγω του ότι η αναπνευστική δραστηριότητα αντανάκλα την ένταση του μεταβολισμού και το ρυθμό των φυσιολογικών αλλαγών κατά την ωρίμανση των καρπών (Πάσσαμ κ.ά. 2015), οι διαφορές στην ένταση και στην πορεία των μεταβολών της αναπνοής κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης υποδεικνύουν διαφορές στον ρυθμό και πιθανά στη φυσιολογία της ωρίμανσης μεταξύ της καρπών ποικιλίας και υβριδίου. Ο χαμηλότερος ρυθμός αναπνοής, επομένως και ρυθμός μεταβολισμού, στους καρπούς του υβριδίου πιθανά να επιδρά και σε καθυστερημένη ωρίμανση σε σχέση με την ποικιλία. Για το λόγο αυτό η κλιμακτηριακή αιχμή παρουσιάζεται πιο γρήγορα και είναι εντονότερη στους καρπούς της ποικιλίας σε σχέση με του υβριδίου, αντανάκλωντας και τις ταχύτερες αλλαγές (στο χρώμα, τη συνεκτικότητα, την αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών και τη μείωση της οξύτητας) στους καρπούς αυτούς. Η παρουσία του φωτός δεν φαίνεται να επηρεάζει ιδιαίτερα την ένταση της αναπνοής, ούτε και το χρόνο εμφάνισης της κλιμακτηριακής αιχμής.

Ένας από τους πιθανούς λόγους για την μειωμένη μεταβολική δραστηριότητα και την καθυστερημένη ωρίμανση των καρπών του υβριδίου είναι και ο χαμηλότερος ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου που παρουσιάζουν. Εκτός από τις μέγιστες τιμές που είναι κατά πολύ χαμηλότερες στο υβρίδιο και η εμφάνιση κλιμακτηριακής αιχμής στην παραγωγή αιθυλενίου είναι πολύ λιγότερο εμφανής και καθυστερημένη στο υβρίδιο σε σχέση με την ποικιλία. Είναι γνωστό ότι η αναπνευστική δραστηριότητα και η παραγωγή αιθυλενίου στα σύγχρονα υβρίδια μακράς διατηρησιμότητας παρουσιάζεται χαμηλότερη και αυτός είναι ένας λόγος που καθυστερεί η ωρίμανση αυτών των καρπών (Heuvelink, 2005). Σε αντίθεση με την αμελητέα επίδραση του φωτός στο ρυθμό αναπνοής, ο μέγιστος ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου επηρεάστηκε θετικά από την ωρίμανση σε σκοτάδι και στους δύο γονότυπους, γεγονός όμως που δεν συσχετίζεται με την ταχύτερη ωρίμανση των καρπών, τουλάχιστον της ποικιλίας, στο φως.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι η απώλεια του βάρους ήταν σταδιακή και ομαλή ανεξάρτητα τις συνθήκες ωρίμανσης με τους καρπούς του υβριδίου να παρουσιάζουν μεγαλύτερη απώλεια σε σχέση με της ποικιλίας, γεγονός που μπορεί να δικαιολογηθεί από την πιο αργή ωρίμανσή τους και επομένως τη διατήρηση των καρπών αυτών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στους θαλάμους ωρίμανσης. Παρά την υψηλότερη απώλεια βάρους των καρπών του υβριδίου, στη συνεκτικότητα παρουσιάστηκε αλληλεπίδραση του γονότυπου και της παρουσίας φωτός. Πιο συγκεκριμένα, αν και το φως δεν επηρέασε το μαλάκωμα των καρπών της ποικιλίας, μείωσε το μαλάκωμα στο υβρίδιο. Επομένως, αν και οι καρποί της ποικιλίας και του υβριδίου δεν διέφεραν ως προς τη συνεκτικότητά τους στο σκοτάδι, στο φως οι καρποί του υβριδίου ήταν σημαντικά πιο συνεκτικοί από της ποικιλίας.

Η γέυση των καρπών της τομάτας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα επίπεδα των ΟΔΣ και της ΤΑ, με αυξημένες τιμές να συνεπάγονται πιο γευστικούς καρπούς (Grierson and Kader, 1985). Όπως ήταν αναμενόμενο (Hobson and Grierson, 1993), παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη αύξηση των ΟΔΣ από την συγκομιδή στο MG έως την πλήρη ωρίμανση και στους δύο γονότυπους, η οποία δεν επηρεάστηκε από το φως. Όμως οι τελικές τιμές των ΟΔΣ δεν είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των καρπών ποικιλίας και υβριδίου, αν και υπάρχει τάση υψηλότερων τιμών στην ποικιλία, η οποία όμως δεν αποδεικνύεται ως στατιστικά σημαντική λόγω των σχετικά υψηλών διασπορών. Όσον αφορά την τιτλοδοτούμενη οξύτητα η μόνη διαφορά που παρατηρήθηκε ήταν από την συγκομιδή των καρπών του υβριδίου στο στάδιο του MG έως την πλήρη ωρίμανση RR, χωρίς όμως να διαφέρουν οι τελικές τιμές τους με της ποικιλίας. Συνεπώς, η ανάπτυξη των γευστικών χαρακτηριστικών που προσδιορίστηκαν δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι εξαρτήθηκε σημαντικά από το γονότυπο ή την παρουσία φωτός. Όμως, η γέυση των καρπών της τομάτας εξαρτάται από πολλούς άλλους παράγοντες, με κυρίαρχο το άρωμα, κατά συνέπεια, δεν μπορούν να συναχθούν συμπεράσματα σχετικά με τη γέυση των καρπών μόνο από τα δεδομένα των ΟΔΣ και ΤΑ. Είναι όμως γενικά αποδεκτό ότι πολλά από τα σύγχρονα υβρίδια μακράς διατηρησιμότητας έχουν καλύτερη συνεκτικότητα αλλά υστερούν σε γέυση σε σχέση με τις παραδοσιακές ποικιλίες μικρής μετασυλλεκτικής ζωής (Heuvelink, 2005; Uluisik et al., 2015).

Οι καρποί της ποικιλίας, ανεξαρτήτως συνθηκών ωρίμανσης, ανέπτυξαν περισσότερα ολικά φαινολικά συστατικά σε σχέση με του υβριδίου κατά την ωρίμανσή τους, ενώ δεν διέφεραν σημαντικά στο MG στάδιο. Παρόμοια αποτελέσματα εντοπίστηκαν και στο λυκοπένιο, μόνο όμως στο σκοτάδι.

Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της ωρίμανσης, είναι ότι οι καρποί της ποικιλίας ωριμάζουν πιο γρήγορα και αναπτύσσουν πιο έντονο κόκκινο χρώμα, ΟΔΣ, ολικά φαινολικά συστατικά και λυκοπένιο (μόνο στο σκοτάδι) σε σχέση με τους καρπούς του υβριδίου μακράς διατηρησιμότητας. Αυτό, πιθανά οφείλεται, μεταξύ άλλων, και στο ότι η αναπνευστική δραστηριότητα και η παραγωγή αιθυλενίου των καρπών του υβριδίου ήταν πολύ μικρότερη σε σχέση με της ποικιλίας. Το γεγονός αυτό πιθανά περιόρισε αλλά δεν παρεμπόδισε τις μεταβολικές και φυσιολογικές διεργασίες που πραγματοποιούνται στους καρπούς της τομάτας κατά την ωρίμανση, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο υβρίδιο με βραδύτερο ρυθμό. Το φως, προώθησε την ωρίμανση, ιδιαίτερα στην ποικιλία και λιγότερο στο υβρίδιο, αλλά δεν επηρέασε σημαντικά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των καρπών.

4.2 ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΩΡΙΜΩΝ ΚΟΚΚΙΝΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΤΟΜΑΤΑΣ ΤΟΠΙΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΥΒΡΙΔΙΟΥ ΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΘΗΚΑΝ ΣΕ ΔΥΟ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Συνολικά, από τα αποτελέσματα της συντήρησης των καρπών και ιδιαίτερα από την αξιολόγηση της οπτικής ποιότητάς τους, προκύπτει ότι οι καρποί του υβριδίου συντηρήθηκαν για τουλάχιστον 5 ημέρες περισσότερο (οι καρποί του υβριδίου συντηρήθηκαν για 20 ημέρες και της ποικιλίας για 15 ημέρες με όμοια μείωση της ποιότητας στους δύο γονότυπους σε επίπεδα αποδεκτά για την αγορά) στους 7 °C. Αντίθετα, στους 15 °C αντίστοιχα διαστήματα αποθήκευσης επέδρασαν σε σοβαρή υποβάθμιση της ποιότητας, με τους περισσότερους καρπούς και των δύο γονότυπων να είναι μη εμπορεύσιμοι λόγω εμφάνισης σοβαρού μαλακώματος, σήψεων και σχισιμάτων στην περιοχή του κάλυκα (το τελευταίο σύμπτωμα εμφανίστηκε κυρίως στους καρπούς της ποικιλίας).

Παρά ταύτα, στο ενδιάμεσο διάστημα αποθήκευσης (7 ημέρες στους 15 °C και 10 ημέρες στους 7 °C) σε παρατηρήθηκαν μέτριες αλλοιώσεις σε υψηλότερο ποσοστό καρπών κατά την αποθήκευσή τους στους 7 °C σε σχέση με τους 15 °C και στους δύο γονότυπους (Πίνακας 3.11). Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στην εμφάνιση κρουτραυματισμών στους καρπούς της τομάτας σε θερμοκρασίες κάτω των 12°C (Heuvelink, 2005), και δευτερευόντως στο μακρύτερο διάστημα αποθήκευσης στους 7 σε σχέση με τους 15 °C (10 και 7 ημέρες αντίστοιχα).

Η οπτική παρατήρηση των καρπών επιβεβαίωσε την μεταβολή του κόκκινου χρωματισμού όπως μετρήθηκε με το χρωματομέτρο (a^*), όπου παρατηρείται ξεκάθαρα ότι οι καρποί που αποθηκεύτηκαν στους 7 °C δεν ανέπτυξαν περαιτέρω τον κόκκινο χρωματισμό τους, ιδιαίτερα στο υβρίδιο, επομένως το χρώμα τους αναπτύχθηκε λίγο περισσότερο από ελαφρύ κόκκινο (light red) στην ποικιλία και δεν μεταβλήθηκε στο υβρίδιο από τη συγκομιδή τους. Αντίθετα, οι καρποί που αποθηκεύτηκαν στους 15°C ανέπτυξαν τον κόκκινο χρωματισμό τους μετά την αποθήκευση στα επίπεδα του ώριμου κόκκινου σταδίου (red-ripe) στην ποικιλία και στα επίπεδα της ποικιλίας στους 7 °C (μεταξύ ελαφρού κόκκινου και πλήρως ώριμου) στο υβρίδιο (Γράφημα 3.6).

Η προαναφερθείσα επίδραση του γονότυπου και της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος κατά την αποθήκευση των καρπών αποδεικνύεται και από το περιεχόμενο των καρπών σε λυκοπένιο, που παρουσιάζεται αμετάβλητο σε σχέση με τα προ-αποθήκευσης επίπεδα και στους δύο γονότυπους στους 7 °C, ενώ αυξάνεται στους 15 °C περισσότερο στην ποικιλία σε σχέση με το υβρίδιο. Η αδυναμία *de novo* σύνθεσης λυκοπενίου στους 7 °C είναι γνωστή, αφού οι κατάλληλες θερμοκρασίες σύνθεσης του λυκοπενίου είναι μεταξύ 12 και 32°C (Dumas et al., 2003). Αντίστοιχα, οι Toor and Savage (2006) παρατήρησαν ότι η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο καρπών τομάτας μετά από 10 ημέρες αποθήκευσης στους 15 ή 25 °C ήταν υπερδιπλάσια από αυτή των καρπών που αποθηκεύτηκαν στους 7 °C, ενώ οι Javanmardi and Kubota (2006) αναφέρουν ακόμα και μείωση στο περιεχόμενο των καρπών τομάτας κατά την αποθήκευσή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες. Στους καρπούς του υβριδίου σε σχέση με της ποικιλίας, παρατηρείται εκτός από μειωμένη ανάπτυξη κόκκινου χρώματος και περιορισμός στη απώλεια της φωτεινότητας κατά την αποθήκευση, υποδηλώνοντας μειωμένη τάση για υπερωρίμανση και γήρανση.

Όπως και κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, η αναπνευστική δραστηριότητα των καρπών της ποικιλίας κατά τη συντήρησή τους ήταν υψηλότερη από των καρπών του υβριδίου, ιδιαίτερα στους 15 °C, φανερώνοντας εντονότερο μεταβολισμό και τάση για υπερωρίμανση και γήρανση, παρά την έντονη μείωση στα τελευταία στάδια της συντήρησης. Παρά ταύτα, οι καρποί του υβριδίου στους 15 °C εμφανίζουν σχετικά υψηλή αναπνευστική δραστηριότητα, η οποία μπορεί να δικαιολογεί την αδυναμία συντήρησής τους σε αποδεκτή για τον καταναλωτή ποιότητα για 15 ημέρες στη θερμοκρασία αυτή. Γενικά, η θερμοκρασία των 15 °C θεωρείται υψηλή για την συντήρηση ώριμων καρπών τομάτας και επιλέχθηκε για να μελετηθεί ο μεταβολισμός και οι φυσικοχημικές αλλαγές στους καρπούς της ποικιλίας και του υβριδίου κατά την υπερωρίμανση και γήρανση που μπορεί να παρεμποδίζονται στους 7 °C (π.χ. σύνθεση λυκοπενίου, μαλάκωμα λόγω αποδόμησης πηκτινών μέσω της δράσης πηκτινολυτικών ενζύμων, κ.ά.).

Σε αντίθεση με την αναπνευστική δραστηριότητα, η παραγωγή αιθυλενίου από τους καρπούς του υβριδίου ήταν πολύ χαμηλή και στις δύο θερμοκρασίες αποθήκευσης, ενώ πρακτικά δεν διαφοροποιήθηκε μεταξύ των 7 και 15 °C από την 9η ημέρα αποθήκευσης και μετά. Έτσι, στους 15 °C ήταν συγκρίσιμη με αυτή των καρπών της ποικιλίας που αποθηκεύτηκαν στους 7 °C και στους 7 °C πάρα πολύ χαμηλή σε απόλυτες τιμές, ιδιαίτερα τις 10 πρώτες ημέρες αποθήκευσης. Σε αντίθεση, οι καρποί της ποικιλίας παράγαγαν υψηλές ποσότητες αιθυλενίου στους 15 °C ιδιαίτερα κατά τις 3 πρώτες αποθήκευσης, ενώ η μείωση της θερμοκρασίας αποθήκευσης από τους 15 στους 7 °C μείωσε δραστικά το ρυθμό παραγωγής αιθυλενίου, σχεδόν στα προαναφερθέντα επίπεδα των καρπών του υβριδίου, κυρίως κατά τα τελευταία στάδια της αποθήκευσης όπου παρατηρείται κάμψη της παραγωγής αιθυλενίου. Κατά συνέπεια, οι καρποί του υβριδίου και στις δυο θερμοκρασίες παρουσίασαν χαμηλότερα επίπεδα παραγωγής αιθυλενίου και ίσως αυτός να είναι ένας λόγος που αυτοί οι καρποί είχαν καλύτερη διατηρησιμότητα.

Παρά τις διαφορές στην διατηρησιμότητα των καρπών ποικιλίας-υβριδίου, στη θερμοκρασία αποθήκευσης και στο χρόνο αποθήκευσης σε κάθε θερμοκρασία, δεν παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις στην απώλεια βάρους των καρπών μετά την αποθήκευσή τους. Παράλληλα, το τελικό ποσοστό απώλειας βάρους (έως 8%) δεν μπορεί να δικαιολογήσει την ποιοτική υποβάθμιση των καρπών (ακόμα και σε μη εμπορεύσιμο επίπεδο στους 15 °C), γιατί συνήθως ποσοστά ανώτερα των 10% ευθύνονται για συμπτώματα έντονης μάρανσης και υπερβολικού μαλακώματος στους καρπούς τομάτας (Πάσσαμ κ.ά., 2015). Επομένως, οι καρποί υποβαθμίστηκαν ποιοτικά λόγω υπερωρίμανσης και γήρανσης, με την απώλεια βάρους να παίζει δευτερεύοντα ρόλο. Τα συμπεράσματα αυτά μπορούν να υποστηριχθούν από τα αποτελέσματα της συνεκτικότητας που έδειξαν ότι οι καρποί του υβριδίου μετά το πέρας της αποθηκευτικής περιόδου ήταν πιο συνεκτικοί σε σχέση με αυτούς της ποικιλίας, αν και έχασαν όμοιο ποσοστό βάρους. Οι καρποί του υβριδίου, όμοια με την βραδύτερη ωρίμανσή τους, παρουσιάζουν και βραδύτερη υπερωρίμανση και γήρανση σε σχέση με τους καρπούς της ποικιλίας, παράγοντας λιγότερο αιθυλένιο και εμφανίζοντας μειωμένη αναπνευστική δραστηριότητα, επομένως και μεταβολισμό.

Το περιεχόμενο των καρπών σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (ΟΔΣ) και για τις δυο θερμοκρασίες αποθήκευσης ήταν χαμηλότερο στους καρπούς του υβριδίου, χωρίς όμως να παρατηρηθεί και στους δύο γονότυπους σημαντική αύξηση μετά την

αποθήκευση σε σχέση με τις τιμές κατά τη συγκομιδή των καρπών (αν και σε αντίθεση με το υβρίδιο υπήρξε μια τάση για αύξηση στην περίπτωση της ποικιλίας που όμως ήταν μη σημαντική λόγω υψηλών διασπορών των τιμών). Σε αντίθεση με τη μεταβολή στο περιεχόμενο των καρπών σε ΟΔΣ, ως προς την τιτλοδοτούμενη οξύτητα, με εξαίρεση τους καρπούς της ποικιλίας στους 7°C, σε όλες τις άλλες περιπτώσεις παρατηρήθηκε μείωση των τιμών κατά την αποθήκευση. Αν αναλυθούν συνδυαστικά τα αποτελέσματα των ΟΔΣ και της τιτλοδοτούμενης οξύτητας μπορεί να παρατηρηθεί ότι οι πιο γευστικοί καρποί ήταν της ποικιλίας που αποθηκεύτηκαν στους 7°C διότι είχαν υψηλότερες τιμές ΟΔΣ και οι τιμές της τιτλοδοτούμενης οξύτητας δεν παρουσίασαν έντονη μείωση από εκείνες που είχαν κατά την συγκομιδή τους.

Το περιεχόμενο σε ολικά φαινολικά συστατικά (ΟΦΣ) ήταν χαμηλότερο στους καρπούς του υβριδίου σε σχέση με της ποικιλίας χωρίς όμως να παρατηρηθεί και στους δύο γονότυπους σημαντική αύξηση στο περιεχόμενό τους σε ΟΦΣ μετά την αποθήκευση σε σχέση με τις τιμές κατά τη συγκομιδή τους. Οι συνθήκες αποθήκευσης επηρεάζουν τη συνολική αντιοξειδωτική δραστηριότητα των καρπών τομάτας, είτε αυξάνοντάς την κατά 17-27% σύμφωνα με τους Toor and Savage (2006) μετά από αποθήκευση για 10 ημέρες στους 7, 15 και 25 °C με μικρή αύξηση στο περιεχόμενο των καρπών σε ΟΔΣ και ασκορβικό οξύ ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία, είτε αφήνοντάς την αμετάβλητη, παρά την παρατηρηθείσα μείωση στο περιεχόμενο σε λυκοπένιο σε χαμηλές θερμοκρασίες, σύμφωνα με τους Javanmardi and Kubota (2006).

Συνεπώς, από τη μελέτη της ωρίμανσης και διατηρησιμότητας των καρπών της τοπικής ποικιλίας και του υβριδίου μακράς διατηρησιμότητας, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι καρποί του υβριδίου παρουσιάζουν πιο βραδεία ωρίμανση και υπερωρίμανση-γήρανση που επιδρούν σε αυξημένη διατηρησιμότητα σε σχέση με τους καρπούς της ποικιλίας. Σε αντίθεση με τους 7 °C οι οποίοι διατήρησαν σε αποδεκτά επίπεδα την ποιότητα των καρπών για μεγαλύτερο διάστημα στο υβρίδιο (20 ημέρες) και λιγότερο (15 ημέρες) στην ποικιλία, οι 15 °C υποβαθμίζουν μετά από 10 ημέρες αισθητά την ποιότητα και στους δύο γονότυπους, ιδιαίτερα στην ποικιλία. Οι μεταβολικοί ρυθμοί των καρπών του υβριδίου τόσο κατά την ωρίμανση όσο και κατά την συντήρηση τους όταν συλλεχθούν σε στάδιο προχωρημένης ωριμότητας είναι σαφώς χαμηλότεροι από της ποικιλίας, γεγονός που μπορεί να αποδίδεται και στην μειωμένη σύνθεση αιθυλενίου. Αυτό αντανακλά σε λιγότερο έντονες φυσικοχημικές αλλαγές στους καρπούς του υβριδίου στις ίδιες ημέρες ωρίμανσης και συντήρησης σε σχέση με τους καρπούς της ποικιλίας. Σε αντίθεση όμως με τα αποδεδειγμένα υποδεέστερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (ιδιαίτερα ως προς τα γευστικά χαρακτηριστικά) των καρπών των σύγχρονων υβριδίων μακράς διατηρησιμότητας σε σχέση με τις παλιότερες ποικιλίες και υβρίδια μικρής μετασυλλεκτικής ζωής, στην παρούσα εργασία αν και παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές στο περιεχόμενο των καρπών της ποικιλίας σε ΟΔΣ, ΤΑ και λυκοπένιο, οι διαφορές δεν ήταν πολύ έντονες, με συνέπεια η συνολική ποιότητα των καρπών του υβριδίου να είναι ιδιαίτερα υψηλή.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arias, R., Lee, T.-C., Specca, D., and Janes, H. . (2000). Quality Comparison of Hydroponic Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) Ripened On and Off Vine. *Journal of Food Science*, 65(3), 545-548.
- Betancourt, L. A., Stevens, M. A., and Kader, A. A. (1997). Accumulation and Loss of Sugars and Reduced Ascorbic Acid in Attached and Detached Tomato Fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 102(6), 721-723.
- Bisogni, C. A., Armbruster, G. and Brecht, P.E. (1976). Quality comparisons of room ripened and field ripened tomato fruits. *Journal of Food Science*, 41, 333-338.
- Boyette, M., Estes, E., and Sanders, D., C. . (1997). Postharvest Cooling and Handling of Field- and Greenhouse-Grown Tomatoes.
<https://content.ces.ncsu.edu/postharvest-cooling-and-handling-of-field-and-greenhouse-grown-tomatoes>
- Conesa, M. À., Fullana-Pericàs, M., Granell, A., and Galmes, J. (2019). Mediterranean long shelf-life landraces: an untapped genetic resource for tomato improvement. *Frontiers in Plant Science*. doi:10.3389/fpls.2019.01651
- Cozmuta, A. M., Cozmuta, L. M., Peter, A., Nicula, C., Vosgan, Z., Giurgiulescu, L., Vulpoi, A., and Baia, M. . (2016). Effect of monochromatic Far-Red light on physical-nutritional-microbiological attributes of red tomatoes during storage. *Scientia Horticulturae*, 211, 220-230.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.08.031>
- Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G., and Grolier, P. (2003). Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Science of Food and Agriculture*, 83(5), 369-382. doi:
<https://doi.org/10.1002/jsfa.1370>
- FAO. (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Fish, W. W., Perkins-Veazie, P., and Collins, J. K. (2002). A Quantitative Assay for Lycopene That Utilizes Reduced Volumes of Organic Solvents. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15(3), 309-317. doi:10.1006/jfca.2002.1069
- Foote, N. (2020). 15 OF THE BEST TOMATO HYBRIDS FOR YOUR VEGGIE PATCH. <https://gardenerspath.com/plants/vegetables/top-tomato-hybrids/>
- Gaultier, H., Diakou-Verdin, V., Benard, C., Reich, M., Buret, M., Bourgaud, F., Poessel, J-L., Caris-Veyrat, C., and Genard M. (2008). How Does Tomato Quality (Sugar, Acid, and Nutritional Quality) Vary with Ripening Stage, Temperature, and Irradiance? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 1241-1250. doi:10.1021/jf072196t
- Grierson, D., and Kader, A., A. (1986). Fruit ripening and quality. In J. G. Atherton, and Rudich, J. (Ed.), *The Tomato Crop (A scientific basis for improvement)* (pp. 241-280): Springer, Dordrecht.
- Giovanelli, G., Lavelli, V., Peri, C., and Nobili, S. (1999). Variation in antioxidant components of tomato during vine and post-harvest ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1583-1588.
- Heuvelink, E. (2005). *Tomatoes*: CAB International.
- Hobson, G., and Grierson, D. (1993). Tomato. In G. B. Seymour, Taylor J. E., Tucker, G. A. (Ed.), *Biochemistry of Fruit Ripening* (pp. 405-442). London: Chapman & Hall.

- Javanmardi, J., and Kubota, C. . (2006). Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41(2), 151-155. doi:10.1016/j.postharvbio.2006.03.008
- Jen, J. J. (1974). Influence of spectral quality of light on pigment systems of ripening tomatoes. *Journal of Food Science*, 39, 907-910.
- Karapanos I.C., Chandra M., Akoumianakis K.A., Passam H.C. and Alexopoulos A.A.(2015). The Ripening and Quality Characteristics of Cherry Tomato Fruit in Relation to the Time of Harvest. *Acta Horticulturae*, 1079, 495-500.
- Klee, H. J. (1993). Ripening Physiology of Fruit from Transgenic Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Plants with Reduced Ethylene Synthesis. *Plant Physiology*, 102, 911-916.
- Lee, G. H., Bunn, J.M., Han, Y.J., and Christenbury G.D. . (1997). Ripening Characteristics of Light Irradiated Tomatoes. *Journal of Food Science*, 62, 138-140.
- Liu, L., Shao, Z., Zhang, M., and Wang, Q. (2014). Regulation of Carotenoid Metabolism in Tomato. *Molecular Plant*, 8(1), 28-39. doi:<https://doi.org/10.1016/j.molp.2014.11.006>
- Liu, L. H., Zabarar, D., Bennett, L.E., Aguas, P., and Woonton, B.W. (2009). Effects of UV-C, red light and sun light on the carotenoid content and physical qualities of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chemistry*, 115, 495-500.
- McGlasson, B. (2003). TOMATOES. In C. B. (Ed.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition ed., pp. 5800-5808): Academic Press.
- Moneruzzaman, K. M., Hossain, A.B.M.S., Sani, W., and Saifuddin, M. (2008). Effect of Stages of Maturity and Ripening Conditions on the Physical Characteristics of Tomato. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 4, 329-335. doi:10.3844/ajbbbsp.2008.329.335
- OECD. (2017). Tomato (*Solanum lycopersicum*). *Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment*, Volume 7(2), 69-104. doi: <https://doi.org/10.1787/9789264279728-6-en>
- Osei, M. K., Danquah, A., Blay, E. T., Danquah, E. and Adu-Dapaah, H. . (2017). An overview of tomato fruit-ripening mutants and their use in increasing shelf life of tomato fruits. *African Journal of Agricultural Research*, 12(51), 3520-3528. doi:10.5897/AJAR2017.12756
- Panjaia, L., Noga, G., Hunsche, M., and Fiebige, A. (2019). Optimal red light irradiation time to increase health-promoting compounds in tomato fruit postharvest. *Scientia Horticulturae*, 251, 189-196.
- Paynter, V. A., and Jen, J. J. . (1976). Comparative effects of light and ethephon on the ripening of detached tomatoes. *Journal of Food Science*, 41, 1366-1369.
- Pek, Z., Helyes, L., and Lugasi, A. (2010). Color Changes and Antioxidant Content of Vine and Postharvestripened Tomato Fruits. *HortScience*, 45, 466-468.
- Preedy, V. R., and Watson, R. R. . (2008). *Tomatoes and Tomato Products*. USA: Science Publishers.
- Rick, C. M. (1978). The Tomato. *Scientific American*, 239(2), 76-89.
- Rodriguez-Concepcion, M., and Stange, C. (2013). Biosynthesis of carotenoids in carrot: An underground story comes to light. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 539, 110–116. doi:10.1016/j.abb.2013.07.009

- Sargent, S. (2000). *Ripening Tomatoes With Ethylene* Retrieved from Department of Horticultural Sciences, University of Florida:
<https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/IR/00/00/46/98/00001/CV20600.PDF>
- Sims, W. L. (1969). Effects of Ethrel on fruit ripening of tomatoes... greenhouse, field and postharvest trials. *California Agriculture*, 23(7), 12-14.
- Singleton, V. L., and Rossi, J. A. Jr. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Takahashi, N., Maki, H., Nishina, H., and Takayama, K. (2013). Evaluation of Tomato Fruit Color Change with Different Maturity Stages and Storage Temperatures Using Image Analysis. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(4), 147-149. doi:<https://doi.org/10.3182/20130327-3-JP-3017.00034>
- Toor, R. K., and Savage, G.P. (2006). Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chemistry*, 99, 724-727.
- Ulusik, S., Chapman, N. H., Smith, R., Poole, M., Adams, G., Gillis, R. B., Besong, T. M. D., Sheldon, J., Stieglmeyer, S., Perez, L., Samsulrizal, N., Wang, D., Fisk, I. D., Yang, N., Baxter, C., Rickett, D., Fray, R., Blanco-Ulate, B., Powell, A. L. T., Harding, S. E., Craigon, J., Rose, J. K. C., Fich, E. A., Sun, L., Domozych, D. S., Fraser, P. D., Tucker, G. A., Grierson, D., and Seymour, G. B. . (2015). Genetic improvement of tomato by targeted control of fruit softening. *nature biotechnology*. doi:10.1038/nbt.3602
- USDA. (1991). United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes.
- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., and Oomah, B. D. . (1998). Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4113-4117. doi:10.1021/jf9801973
- Watada, A. E. (1986). Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. *Food Technology*, 82-85.
- Wold, A. B., Rosenfeld, H. J., Holte, K., Baugerød, H., Blomhoff, R., and Haffner, K. (2004). Colour of post-harvest ripened and vine ripened tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as related to total antioxidant capacity and chemical composition. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 295-302. doi:10.1111/j.1365-2621.2004.00784.x
- Xue, Z., Kou, X., Luo, Y., Zhu, B. and Xu, W. (2009). Effect of Ethylene on Polygalacturonase, Lipoxygenase and Expansin in Ripening of Tomato Fruits. *Transactions of Tianjin University*, 15, 173-177. doi:10.1007/s12209-009-0031-4
- Πάσσαμ, Χ.-Κ., Τσαντίλη, Ε., Χριστόπουλος, Μ., Κανκαλέτου, Μ., Αλεξόπουλος, Α., και Καραπάνος, Ι. (2015). *Μετασυλλεκτική Μεταχείριση Καρπών και Λαχανικών*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.