

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΝΩΠΩΝ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΚΑΤΣΟΓΙΑΝΝΗ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ

Μεταπτυχιακή Μελέτη

*«ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ, ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ »*

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Γρ. ΛΑΜΠΡΙΝΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ (ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ)
Ε. ΜΑΝΩΛΟΠΟΥΛΟΥ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
Γ. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ, ΛΕΚΤΟΡΑΣ

ΑΘΗΝΑ 2010

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Καθηγητή μου κ Λαμπρινό Γρηγόριο για την εμπιστοσύνη που έδειξε στις δυνατότητες μου με την ανάθεση του θέματος της μεταπτυχιακής αυτής μελέτης αλλά και για την βοήθεια του κατά την εκπόνηση και την συγγραφή της. Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω όλους τους διδάσκοντες Καθηγητές της ειδίκευσης *‘Συντήρηση νωπών αγροτικών προϊόντων’* για τις πολύτιμες γνώσεις και εμπειρίες που μου μετέδωσαν κατά την διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου, πολλές από τις οποίες αποτέλεσαν την βάση για τη εκπόνηση της παρούσης μελέτης.

Δεν πρέπει να παραλείψω να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής Καθηγητές Κα. Ε. Μανωλοπούλου και Κο. Γ. Ξανθόπουλο για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσαν για να εξετάσουν την μεταπτυχιακή μου ερευνητική εργασία.

Τέλος ευχαριστώ τους συνάδελφους Σ. Ψυχογιού και Ε. Π. Αγγλογάλλο για την ουσιαστική συνεργασία και στήριξη κατά τη διάρκεια των πειραμάτων και τις πολύτιμες συμβουλές τους στη χρήση του στατιστικού πακέτου Statgraphics.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ΜΕΡΟΣ 1: ΓΕΝΙΚΟ.....	5
1. 1 ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΚΑΡΠΩΝ.....	6
1.1.1 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ.....	6
1.1.2 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΝΩΠΑ ΦΡΟΥΤΑ ΚΑΙ ΛΑΧΑΝΙΚΑ.....	6
1.1.3 ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ.....	9
1.1.4 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕ ΨΥΞΗ.....	10
1.1.4.1 Πρόψυξη.....	11
1.1.4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα και το χρόνο ψυχοσυντήρησης.....	12
1.1.5 ΦΟΡΤΩΣΗ ΠΑΛΕΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΕ ΧΑΜΗΛΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ.....	13
1.2 ΤΟΜΑΤΑ.....	15
1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	15
1.2.1.1 Καταγωγή - Ιστορικό του Φυτού.....	15
1.2.1.2 Σημερινή εξάπλωση της καλλιέργειας.....	16
1.2.1.3 Βοτανικοί χαρακτήρες.....	17
1.2.1.4 Καρπός.....	18
1.2.1.5 Καλλιεργούμενες Ποικιλίες.....	19
1.2.1.6 Κλίμα και Έδαφος.....	19
1.2.1.7 Διαιτητική αξία.....	20
1.2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΩΡΙΜΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	21
1.2.2.1 Φυτοκομικοί δείκτες ωριμότητας.....	21
1.2.2.2 Ποιοτικοί δείκτες ωριμότητας.....	23
1.2.3 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΜΑΤΑΣ.....	24
1.2.3.1 Άριστες συνθήκες αποθήκευσης.....	24
1.2.4 ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ.....	26
1.2.4.1 Αναπνευστική δραστηριότητα και μεταβολισμός.....	26
1.2.4.2 Παραγωγή αιθυλενίου και ευαισθησία σε αυτό.....	30
1.2.5 ΑΠΩΛΕΙΑ ΜΑΖΑΣ.....	31

1.2.6 ΧΡΩΜΑ	32
1.2.7 ΥΦΗ - ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	34
1.2.7.1 Μεταβολή της υφής των οπωρολαχανικών κατά την ωρίμαση.....	37
1.2.7.2 Μη καταστροφική συμπίεση (Non destructive deformation).....	41
1.2.8 ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΟΞΥΤΗΤΑ.....	44
1.2.9 ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	45
1.2.9.1 Φυσιολογικές Ασθένειες.....	45
1.2.9.2 Παθολογικές Ασθένειες	45
1.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ.....	47
1.3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	47
1.3.2 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ – ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ.....	48
ΜΕΡΟΣ 2: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ	52
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	53
2.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	58
2.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ	65
2.3.1 ΑΝΑΠΝΟΗ.....	65
2.3.2 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΜΑΖΑΣ.....	65
2.3.3 ΧΡΩΜΑ	71
2.3.4 ΥΦΗ.....	84
2.3.4.1 Αντίσταση στη Συμπίεση – Καταστροφική Δοκιμή.....	84
2.3.4.2 Μεταβολή Αντίστασης στη Συμπίεση (ελαστική περιοχή) – Μη Καταστροφική Δοκιμή.....	91
2.3.4.3 Αντίσταση στη Διείσδυση.....	97
2.3.5 ΟΞΥΤΗΤΑ.....	107
2.3.6 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΟΛΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ.....	109
2.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	114
3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	115

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν η φυσιολογική συμπεριφορά και η μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών καρπών βιολογικής τομάτας, οι οποίοι συντηρήθηκαν σε θερμοκρασίες 10 °C, 15 °C και 20 °C ως την πλήρη ωρίμασή τους.

Από την επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων προέκυψε ότι η θερμοκρασία έχει σημαντική επίδραση στο ρυθμό αναπνοής, ενώ η απώλεια μάζας μεταβάλλεται γραμμικά με το χρόνο συντήρησης. Επιπλέον η μέγιστη αντίσταση στη διείσδυση και η οξύτητα επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά μόνο από το χρόνο συντήρησης. Τις πιο ακριβείς μαθηματικές συσχετίσεις της χρωματικής μεταβολής έδωσαν οι αδιάστατοι παράγοντες a^*/b^* (μεταβολή χρώματος) και ΔE^* (ολική χρωματική μεταβολή) με τη θερμοκρασία και το χρόνο συντήρησης με υψηλούς συντελεστές συσχέτισης ($R^2=0.85$). Η μεταβολή της υφής εκφράστηκε από την κλίση της αντίστασης στη συμπίεση συναρτήσει της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης με υψηλό συντελεστή συσχέτισης ($R^2=0.91$).

Τέλος προέκυψε ότι στις χαμηλές θερμοκρασίες διατηρείται η οξύτητα η οποία μειώνεται με το χρόνο συντήρησης, ενώ στις υψηλές θερμοκρασίες ευνοείται η αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών.

ABSTRACT

In the present work the physiological behaviour and the quality characteristics variation of organic tomato were studied during cold storage until full ripening.

The experimental analysis of tomatoes showed that storage temperature has a significant effect on respiration rate, while mass loss is linear variation of storage time. Colour evaluation was efficiently expressed by the dimensionless factors a^*/b^* (Colour variation from a^* (green) to b^* (yellow)) and ΔE^* (Total Colour Variation). The mathematical equations, which related the previous factors with the storage time and temperature, revealed satisfactory correlation ($R^2=0.85$). Texture degradation was mathematically expressed also in terms of resistance gradient to compression with storage time and temperature ($R^2=0.92$).

Finally it was showed that cold storage conditions preserve the acidity (which is reduced as the storage time goes), whereas the warmer storage conditions help the total soluble solids to increase.

ΜΕΡΟΣ 1: ΓΕΝΙΚΟ

1. 1 ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΚΑΡΠΩΝ

1.1.1 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ

Το πρώτο βήμα στη μετασυλλεκτική ζωή των καρπών είναι η συλλογή/συγκομιδή (Πίνακας 1.1), η οποία πρέπει να γίνεται στο άριστο (optimum) στάδιο ανάπτυξης ώστε οι καρποί να έχουν τουλάχιστον φυσιολογικά ωριμάσει. Επιπλέον η γνώση του σταδίου συλλεκτικής ωριμότητας παίζει σπουδαίο ρόλο στη συντήρηση και στην ποιότητα των καρπών. Έτσι για να καθορίσουμε την ημερομηνία συγκομιδής, βασιζόμαστε στα αντίστοιχα κριτήρια συλλογής. Ο Πίνακας 1.2 παρουσιάζει τέτοια κριτήρια για διάφορους καρπούς.

Με τη βοτανική ή φυσιολογική έννοια, ωριμότητα είναι η μετάβαση απ' το βλαστικό στο αναπαραγωγικό στάδιο ενώ σε ό,τι αφορά τους καρπούς διακρίνεται σε φυσιολογική και εμπορική ή οργανοληπτική (Μανωλοπούλου και Λαμπρινός, 1989). Φυσιολογική ωριμότητα είναι το στάδιο της μέγιστης ανάπτυξης του καρπού που συνδυάζεται με την αναπαραγωγική ικανότητά του, ενώ εμπορική είναι το στάδιο που καλύπτει τις απαιτήσεις του καταναλωτή και της αγοράς. Η εμπορική ωριμότητα δεν συμπίπτει πάντα με την φυσιολογική αλλά με κάποιο άλλο στάδιο (ποιοτικής διαφοροποίησης του προϊόντος), όπως συμβαίνει στους κλιμακτηριακούς καρπούς. Τέτοιοι καρποί είναι τα μήλα, τα αχλάδια, τα βερίκοκα, οι μπανάνες, οι τομάτες κλπ. των οποίων η εμπορική ωρίμαση συνοδεύεται από αναπνευστική κρίση και παράλληλη ανάπτυξη των επιθυμητών οργανοληπτικών χαρακτήρων για να ακολουθήσει η υπερωρίμαση και η γήρανση του καρπού.

1.1.2 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΝΩΠΑ ΦΡΟΥΤΑ ΚΑΙ ΛΑΧΑΝΙΚΑ

Ποιότητα στα νωπά φρούτα και λαχανικά, είναι ο συνδυασμός φυσικών χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων που αναφέρονται στη βρωσιμότητα, στην εμφάνιση και γενικώς στη χρησιμότητα ενός προϊόντος, στο οποίο δίνουν θρεπτική αξία, ικανοποιώντας ταυτόχρονα τον καταναλωτή (Σφακιωτάκης, 1995). Οι παράγοντες που επηρεάζουν κάποια από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.3, ενώ τα κριτήρια που καθορίζουν την ποιότητα στον Πίνακα 1.4.

Πίνακας 1.1: Μετασυλλεκτικοί χειρισμοί.



(Πηγή: Kader, 1992; Σφακιωτάκης, 1995)

Πίνακας 1.2: Κριτήρια συλλογής καρπών

Κριτήριο	Είδη που εφαρμόζεται
Καρπική περίοδος	Μήλα και αχλάδια
<u>ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ</u>	
Αναπνευστική δραστηριότητα	Κλιμακτηριακοί καρποί
Παραγωγή αιθυλενίου	Κλιμακτηριακοί καρποί
<u>ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</u>	
Σχηματισμός ζώνης αποκοπή	Πεπόνια
Μέγεθος	Σχεδόν όλοι οι καρποί
Σχήμα καρπού	Μπανάνες
Συνεκτικότητα σάρκας	Μήλα, αχλάδια, ακτινίδιο πυρηνόκαρπα
Χρώμα εξωτερικό	Σε όλους τους καρπούς
Χρώμα της σάρκας και δομή	Σχηματισμός ζελατινώδους μάζας σε καρπούς τομάτας, μπανάνα
<u>ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ</u>	
Περιεκτικότητα σε άμυλο	Μήλα και αχλάδια
Περιεκτικότητα σε σάκχαρα	Μήλα, αχλάδια, πυρηνόκαρπα, σταφύλια
Περιεκτικότητα σε οξέα	Εσπεριδοειδή, πεπόνια
Σχέση σάκχαρα/ οξέα	Εσπεριδοειδή
Ελαιοπεριεκτικότητα	Αβοκάντο
Περιεκτικότητα σε δεψικές ουσίες	Λωτός, χουρμάδες
Εσωτερική συγκέντρωση αιθυλενίου	Μήλα

(Πηγή: Μανωλοπούλου και Λαμπρινός, 1989; Kader, 1992; Σφακιωτάκης, 1995)

Πίνακας 1.3: Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των νωπών φρούτων και λαχανικών.

Παράγοντας	Χαρακτηριστικό ποιότητας
<u>Παράγοντες περιβάλλοντος</u> (Kader, 1992)	
Θερμοκρασία, φως	Θρεπτική αξία
<u>Καλλιεργητικές τεχνικές</u>	
τύπος εδάφους, άρδευση, κλάδεμα	Θρεπτική αξία
λίπανση	Ανόργανα μέταλλα
<u>Στάδιο ωριμότητας κατά τη συγκομιδή</u>	Πρώιμη συγκομιδή: γεύση, χρώμα, άρωμα, φυσιολογικές ασθένειες – επιφανειακή κασπάνωση (scald) όψιμη συγκομιδή: αδυναμία μακροχρόνιας συντήρησης
<u>Μέθοδος συγκομιδής (τραυματισμοί)</u>	Θρεπτική αξία
<u>Μετασυλλεκτικοί χειρισμοί</u>	
έκθεση σε ακραίες θερμοκρασίες	Φυσιολογικές ασθένειες
καθυστέρηση ψύξης	Θρεπτική αξία, άρωμα, γεύση

(Πηγή: Kader, 1992; Σφακιωτάκης, 1995)

Πίνακας 1.4: Κριτήρια ποιότητας νωπών φρούτων και λαχανικών.

Κριτήριο	Χαρακτηριστικά
Εμφάνιση	Μέγεθος: διαστάσεις, βάρος, όγκος Σχήμα και μορφή: σχέση διαμέτρου/ μήκους Χρώμα: ομοιομορφία, ένταση Επιφάνεια: φύση του κηρού Ελαττώματα: εξωτερικά, εσωτερικά Μορφολογικά- Φυσικά και μηχανικά - Φυσιολογικά Παθολογικά- Εντομολογικά
Δομή/ Υφή	Σκληρότητα, τραγανότητα, αντοχή στη συμπίεση Περιεκτικότητα σε χυμό- Συγκέντρωση σε άμυλο
Γεύση-Αρωμα	
Γεύση	Γλυκύτητα- Οξύτητα- Στυφότητα- Πικρότητα
Οσμή	Ευχάριστη/ δυσάρεστη
Θρεπτική αξία	Υδατάνθρακες (συμπεριλαμβάνονται οι φυτικές ίνες) Πρωτεΐνες- Λιπίδια- Βιταμίνες- Ανόργανα μέταλλα
Ασφάλεια	Τοξικές ουσίες που σχηματίζονται φυσιολογικά Ρύποι (χημικά υπολείμματα, βαριά μέταλλα) Μυκοτοξίνες Βακτηριακή μόλυνση

(Πηγή: Kader, 1992)

1.1.3 ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

Μετά τη διαλογή σε κατηγορίες ποιότητας, οι καρποί είναι έτοιμοι για συσκευασία σε κιβώτια (Σφακιωτάκης, 1995). Σκοπός της συσκευασίας είναι η προστασία του προϊόντος από μωλωπισμούς καθώς και η ελαχιστοποίηση των απωλειών υγρασίας του (Thompson, 2003; Σφακιωτάκης, 1995). Η συσκευασία είναι απαραίτητη για τη διακίνηση και εμπορία του προϊόντος διότι παρέχει προστασία, συμβάλει στην καλύτερη εμφάνιση και ταυτοποίησή του, ενώ εξασφαλίζει οικονομία χώρου κατά τη μεταφορά του (στοίβαξη).

Στα φρέσκα φρούτα και λαχανικά διακρίνουμε συνήθως δύο επίπεδα συσκευασίας (Thompson, 2003). Το πρώτο αφορά στη συσκευασία με την οποία το προϊόν προσφέρεται στον καταναλωτή (εμπορική). Το δεύτερο αφορά στη συσκευασία που περιέχει το συσκευασμένο προϊόν κατά τη μεταφορά του προϊόντος στο κατάστημα λιανικής πώλησης. Τα κιβώτια μεταφοράς (κλούβες ή παλετοκιβώτια) αποτελούν την πρωτογενή συσκευασία μεταφοράς στο συσκευαστήριο (Σφακιωτάκης, 1995). Οι συσκευασίες σχεδιάζονται έτσι ώστε το προϊόν να προστατεύεται και να διατηρεί το σχήμα και τη συνοχή του για μακρά χρονικά

διαστήματα κατά τα διάφορα στάδια συντήρησης και μετακίνησης, ακόμα και υπό αντίξοες συνθήκες (π.χ. υψηλή σχετική υγρασία, διαβροχή της συσκευασίας κ.α.). Επιπλέον πρέπει αυτές να εξασφαλίζουν καλό αερισμό των προϊόντων ώστε να διευκολύνεται η γρήγορη πρόψυξη, που αποσκοπεί στην αφαίρεση της θερμότητας του αγρού (field heat) και της παραγόμενης θερμότητας λόγω αναπνοής (respiration heat) κατά την ψυχοσυντήρηση. Η μεταφορά των συσκευασμένων προϊόντων στα διαλογητήρια/ συσκευαστήρια διευκολύνεται με ανυψωτικά μηχανήματα (περονοφόρα) που μπορούν να μεταφέρουν πολλά κιβώτια μαζί σε μορφή «παλέτας».

Τα είδη συσκευασίας που χρησιμοποιούνται για πρωτογενή συσκευασία στον αγρό είναι: καλάθια (σε λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες), παλετοκιβώτια για συσκευασία στον αγρό (πρακτικά, ανθεκτικά, διευκολύνουν τη στοίβαξη), τσουβάλια (φθηνά, αλλά προσφέρουν μικρή προστασία στο προϊόν) και κλούβες.

1.1.4 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕ ΨΥΞΗ

Τα φρέσκα φρούτα και λαχανικά συνιστούν ζωντανούς οργανισμούς και καθώς χαρακτηρίζονται από εποχικότητα και υψηλή φθαρτότητα, είναι επιβεβλημένη η διατήρηση των ιστών τους σε καλή (υγιή) κατάσταση, έως ότου φτάσουν στον καταναλωτή. Με τη συντήρηση, επιδιώκεται η αποθήκευση αυτών, με σκοπό την παράταση της εμπορικής τους ζωής και τη διατήρηση της ποιότητάς τους μετά τη συλλογή. Ο παραπάνω στόχος επιτυγχάνεται με την ψύξη (Kader, 1992) κατά την οποία:

- α) επιβραδύνονται οι μεταβολικές δραστηριότητες του προϊόντος σε χαμηλές θερμοκρασίες χωρίς όμως να υφίσταται κίνδυνος παγώματος ή ασθενειών ψύχους (chilling injury)
- β) περιορίζεται η ανάπτυξη μικροοργανισμών (σε χαμηλές θερμοκρασίες και με ελάχιστη υγρασία στην επιφάνεια του προϊόντος)
- γ) ελαττώνεται ο ρυθμός των χημικών αντιδράσεων
- δ) ελαττώνεται η απώλεια υγρασίας (εφ' όσον η σχετική υγρασία του θαλάμου είναι η ιδανική για τη συντήρηση του προϊόντος)

Αρχικά με τη χρήση πάγου (στα πολύ ευαίσθητα προϊόντα) και στη συνέχεια με τη μηχανική ψύξη (Σφακιωτάκης, 1995) δημιουργήθηκαν παγκοσμίως ψυκτικοί χώροι, με τους οποίους εξασφαλίζεται πλέον η συντήρηση και διάθεση νωπών προϊόντων για πολλούς μήνες του έτους. Ανάλογα με το προϊόν οι θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 0 °C και 12 °C, ενώ η σχετική

υγρασία για τα περισσότερα φρούτα και λαχανικά είναι 85-95%, ώστε να αποφεύγεται η αφυδάτωσή τους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα ψύξης των προϊόντων είναι (Thompson, 2003; Λαμπρινός, 2008):

- Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ καρπού και ψύχοντος μέσου (αέρα).
- Η ευκολία με την οποία το ψύχον μέσο φθάνει στον καρπό (αν αυτός είναι συσκευασμένος).
- Η φύση και η ταχύτητα κίνησης του ψύχοντος μέσου εντός του θαλάμου.
- Ο ρυθμός ανταλλαγής θερμότητας από τον καρπό στο ψύχον μέσο, ο οποίος εξαρτάται από συνδυασμό των προηγούμενων παραγόντων.

Τέλος αναφέρεται ότι σε ορισμένα προϊόντα, η συντήρηση με ψύξη απαιτεί συνδυασμό με άλλους συγκεκριμένους χειρισμούς (όπως ο αποπρασινισμός των πορτοκαλιών, η επιτάχυνση (συμπληρωματική) ωρίμασης των αχλαδιών κ.α.). Σε πολλά φυτικά προϊόντα της συντήρησης προηγείται πρόψυξη για καλύτερα αποτελέσματα (Kader, 1992).

1.1.4.1 Πρόψυξη

Με τον όρο πρόψυξη εννοείται η ταχεία απομάκρυνση θερμότητας από τα προϊόντα, κατά το δυνατόν συντομότερα από τη στιγμή της συλλογής τους (Μανωλοπούλου και Λαμπρινός, 1989; Λαμπρινός, 2008). Ο χειρισμός αυτός έχει ως αποτέλεσμα την άμεση επιβράδυνση της διαδικασίας της ωρίμασης, ώστε το υπό συντήρηση προϊόν να μπορεί να διατηρηθεί αρκετές μέρες σε κατάσταση που ελάχιστα διαφέρει ποιοτικά από αυτήν κατά τη στιγμή της συλλογής του. Μετά την πρόψυξη πάντα πρέπει να ακολουθεί η απευθείας αποθήκευση των καρπών στη βέλτιστη γι' αυτούς θερμοκρασία (διατήρηση της ψυκτικής αλυσίδας). Παρόλα αυτά, η πρόψυξη δεν είναι αναγκαία για όλους τους καρπούς (π.χ. πεπόνι, πορτοκάλια) ενώ για κάποιους άλλους μπορεί να είναι οικονομικά ασύμφορη (π.χ. ακτινίδιο) (Thompson, 2003).

Οι μέθοδοι πρόψυξης περιλαμβάνουν την πρόψυξη με ψυχρό αέρα (υγρή ψύξη), με κρύο νερό (υδρόψυξη) και την πρόψυξη σε κενό (Πίνακας 1.5).

Πίνακας 1.5: Μέθοδοι πρόψυξης και εφαρμογές τους.

Μέθοδος	Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα	Διάρκεια εφαρμογής (h)
Με ψυχρό αέρα σε: κοινό θάλαμο συντήρησης, σήραγγα, με υπερπίεση, όχημα μεταφοράς	1)Συσκευασμένο προϊόν, 2)Αποτελεσματικό σε όλα τα προϊόντα, 3) Κόστος αρχικής επένδυσης, μεγάλη εγκατεστημένη ισχύς, απώλειες μάζας, μικρή ταχύτητα πρόψυξης	<u>σε σήραγγα</u> : μήλα (24h), αχλάδια (24 h), ακτινίδια (24 h), σταφύλια (24 h) <u>με υπερπίεση</u> : φράουλα (1 h), πεπόνι (8 h), ροδάκινο (7 h), σταφύλι (6 h)
Υδρόψυξη	1) Όχι απώλειες μάζας, μικρό κόστος πρόψυξης, εύκολη ενσωμάτωση σε μια γραμμή διαλογής, 2) Μεγάλο κόστος αρχικής επένδυσης, επιλογή των προϊόντων*, συσκευασία ανθεκτική στο νερό, φυτοϋγειονομικά προβλήματα	τομάτες (45 min), αρακάς σε λοβούς (25 min), πεπόνια (80 min)
Σε κενό	1) Μεγάλη ταχύτητα πρόψυξης, συσκευασμένα προϊόντα, 2) Πολύπλοκος και πολύ ακριβός εξοπλισμός, χρησιμοποιείται σε περιορισμένο αριθμό προϊόντων, απαιτείται συχνός έλεγχος & συντήρηση	φυλλώδη (μαρούλι), ριζώδη (καρότα) και κυρίως πορώδη (μανιτάρι) λαχανικά
Υγρή Ψύξη	1) Όχι απώλειες μάζας, 2) Μεγάλο κόστος αρχικής επένδυσης	Σε φυλλώδη λαχανικά
* Σημείωση: Συχνά η υδρόψυξη προηγείται της συσκευασίας		

(Πηγή: Μανωλοπούλου και Λαμπρινός, 1989)

1.1.4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα και το χρόνο ψυχοσυντήρησης

Η ευαισθησία των καρπών στις χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης, οι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί και η εφαρμογή ή μη πρόψυξης, είναι μερικοί από τους παράγοντες που επιδρούν στην ποιότητα των συντηρούμενων με ψύξη

οπωροκηπευτικών προϊόντων. Επιπλέον η ένταση της αναπνευστικής δραστηριότητας και η ικανότητα προσαρμογής του προϊόντος στις συνθήκες συντήρησης, είναι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται εξίσου σοβαρά υπόψη. Η απαιτούμενη ανανέωση (απομάκρυνση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και αιθυλενίου (C₂H₄)) του αέρα του θαλάμου και η ενδεικνυόμενη κυκλοφορία του (γρήγορη ψύξη και ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας, υγρασίας και αέριας ατμόσφαιρας) στους ψυχόμενους χώρους, επηρεάζουν επίσης σημαντικά την τελική ποιότητα.

Κατά τη συντήρηση με ψύξη των αγροτικών προϊόντων, ενδιαφέρον παρουσιάζει η διάρκεια συντήρησης με ψύξη η οποία εξαρτάται από το φυσιολογικό στάδιο, το είδος και βαθμό μόλυνσης από παθογόνα, τις μηχανικές βλάβες, και τις ιδιαιτερότητες της φυσιολογικής συμπεριφοράς των καρπών. Επιπλέον οι παράγοντες που επηρεάζουν και την ποιότητα (Πίνακας 1.3) αλλά και την ποιότητα ψύξης των και τη διάρκεια συντήρησης των ψυχροσυντηρούμενων νωπών φρούτων και λαχανικών παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 1.3 (Kader, 1992; Σφακιωτάκης, 1995).

1.1.5 ΦΟΡΤΩΣΗ ΠΑΛΕΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΕ ΧΑΜΗΛΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Σημαντικό ρόλο στην αλυσίδα παραγωγή- συλλογή- επεξεργασία- κατανάλωση των προϊόντων αποτελεί η μεταφορά τους. Από τους αρχαίους χρόνους για την εμπορία ήταν απαραίτητη η χρησιμοποίηση μεταφορικών μέσων για μετακίνηση των προϊόντων από τον τόπο παραγωγής στον τόπο κατανάλωσης, Σήμερα η μεταφορά αποτελεί σημαντικό κομμάτι της μετασυλλεκτικής μεταχείρισης των νωπών καρπών. Στον Πίνακα 1.7 παρουσιάζονται τα είδη των μεταφορών σε συνδυασμό με τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την επιτυχή πραγματοποίησή τους, καθώς επίσης και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους (Σφακιωτάκης, 1995). Κατά τη διάρκεια της διακίνησης των προϊόντων απαιτείται η προστασία τους από θερμοκρασιακές μεταβολές, απώλεια υγρασίας, βλαβερά αέρια, πτητικές ουσίες και φυσιολογικές ασθένειες.

Πίνακας 1.7: Είδη μεταφορών, μέσα μεταφοράς και πλεονεκτήματα/ μειονεκτήματά τους.

Είδη μεταφορών	Μέσα μεταφοράς	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Οδική	μεγάλα ή μικρά φορτηγά οχήματα, ρυμουλκά	ευελιξία μέσω μεταφοράς, ευκολία στη φόρτωση-εκφόρτωση προϊόντων	ζημιές προϊόντων από κακή κατάσταση οδικού δικτύου ή από κακές καιρικές συνθήκες, κόστος μεταφοράς
Σιδηροδρομική	ειδικά βαγόνια ψυκτικά/ ψυχόμενα, εμπορευματοκιβώτια	λίγοι κραδασμοί, ενιαίο κόμιστρο, μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ανά km ανεξάρτητα από καιρικές/ κυκλοφορικές συνθήκες	μικρή ευελιξία συρμών και δυσκολίες στις μεταφορτώσεις, καθυστερήσεις κατά τη διέλευση συρμών από ξένες χώρες, μη επαρκές σιδηροδρομικό δίκτυο σε κάποιες χώρες
Θαλάσσια	πλοία ψυγεία, ειδικά πλοία για εμπορευματοκιβώτια, μεταφορέα (πορθμεία)	φθηνή μεταφορά, λόγω μεγάλων μετακινούμενων όγκων εμπορευμάτων	μόνο για καρπούς που εμφανίζουν ιδιαίτερη αντοχή στις μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις π.χ. πορτοκάλια, λεμόνια, μπανάνα, ακτινίδιο
Αεροπορική	ειδικά αεροπλάνα για εμπορευματοκιβώτια	μικρή διάρκεια μεταφοράς	μεγάλο κόστος/ kg, δυσκολίες κατά τη φόρτωση-εκφόρτωση, εξαρτάται από καιρικές συνθήκες

(Πηγή: Σφακιωτάκης, 1995)

1.2 ΤΟΜΑΤΑ

1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η τομάτα είναι κατά κανόνα ετήσιο λαχανικό, αρκετά διαδεδομένο και πολύ δημοφιλές. Καλλιεργείται για τον καρπό της ο οποίος καταναλώνεται ώριμος, νωπός, αποξηραμένος, σε άλμη, ακέραιος (αποφλοιωμένος ή μη) ή σε πολτό (ποικίλου βαθμού συμπύκνωσης). Οι σπουδαιότεροι λόγοι που καθιστούν το λαχανικό αυτό ιδιαίτερα δημοφιλές, είναι ότι εφοδιάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με βιταμίνες και ιδιαίτερα με ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), έχει ελκυστικό χρώμα και χαρακτηριστικό άρωμα, γεγονός που το καθιστά αρεστό στη διατροφή (Ολύμπιος, 1996).

1.2.1.1 Καταγωγή - Ιστορικό του Φυτού

Η τομάτα είναι ένα από τα 8-10 πολύ συγγενικά είδη του γένους *Lycopersicum*, το οποίο περιλαμβάνει είδη που είναι κυρίως ετήσιοι θάμνοι, βραχείας διάρκειας, με βιολογικό κύκλο που διαρκεί έως 5 μήνες. Όλα τα είδη είναι ιθαγενή φυτά της ΝΑ Αμερικής. Αν και αρχικά επικρατούσε η άποψη ότι χώρα καταγωγής της τομάτας είναι το Περού, σήμερα είναι αποδεκτό ότι η καταγωγή της καλλιεργούμενης τομάτας είναι το Μεξικό, απ' όπου και αρχικά μεταφέρθηκε στην Ευρώπη το 16^ο αιώνα και εν συνεχεία διαδόθηκε σε πολλές περιοχές της γης. Στην Ελλάδα εισήχθη αρχικά στην Αθήνα περί το 1818 ως κηπευτικό προϊόν (Ολύμπιος, 1996; Αγγίδης, 1996). Μέχρι τον 20^ο αιώνα στις περιοχές της Μεσογείου, στη Β. Ευρώπη και στη Β. Αμερική, επικρατούσε η άποψη ότι οι τομάτες περιέχουν τοξικές ουσίες¹, γεγονός που εμπόδιζε την κατανάλωσή τους. Η τομάτα ανήκει βοτανικά στην οικογένεια των Σολανωδών (*Solanaceae*), τα μέλη της οποίας είναι γνωστό ότι περιέχουν κυρίως στα φύλλα τους το αλκαλοειδές **σολανίνη** που είναι τοξικό για τον άνθρωπο και τα ζώα. Η τομάτα περιέχει πράγματι στα φύλλα της σολανίνη, στον ίδιο βαθμό που περιέχουν και τα φύλλα του καπνού, τα φύλλα της πατάτας και άλλων φυτών της ίδιας οικογένειας. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις άγνωστες ιδιότητες των καρπών ενός «εξωτικού είδους», όπως θεωρείτο τα χρόνια εκείνα η τομάτα, αποτέλεσε ένα λόγο μακρόχρονης επιφυλακτικότητας για την αξιοποίησή της. Τον κυριότερο λόγο όμως, αποτέλεσε η μεγάλη ομοιότητα της τομάτας με το φυτό Άτροπος (ονομασία που δόθηκε από το

¹ Αξίζει να αναφερθεί ότι στη Γερμανία είχε αποδοθεί στην τομάτα η ονομασία «ροδάκινο του λύκου», κάτι που κατέγραψε και ο Λινναίος τον 18^ο αιώνα όταν έδωσε το επιστημονικό όνομα στην τομάτα (*Lycopersicum esculentum* = εδώδιμο ροδάκινο του λύκου.)

Θεόφραστο) (*Atropus belladonna*) της ίδιας οικογένειας, το οποίο ήταν γνωστό από την αρχαιότητα για τις φαρμακευτικές και δηλητηριώδεις ιδιότητές του (Ανον., 2002). Μετά την απόρριψη της εικασίας αυτής η κατανάλωση της τομάτας αυξήθηκε σημαντικά.

1.2.1.2 Σημερινή εξάπλωση της καλλιέργειας

Κατά κανόνα η καλλιέργεια της τομάτας είναι εκτατική, ενώ πολύ συνηθισμένη είναι και η καλλιέργεια εκτός εποχής σε θερμοκήπια ή άλλες κατασκευές υπό κάλυψη (Sargent and Moretti, 2004). Στην Ελλάδα το μεγαλύτερο ποσοστό των θερμοκηπίων που καλλιεργούν τομάτα βρίσκεται στην Κρήτη (43.3%), δεύτερη έρχεται η Πελοπόννησος και η Δ. Στερεά (23.3%) και τρίτη η Κ. & Δ. Μακεδονία (15.85%). Αξίζει να σημειωθεί ότι η συνολική έκταση που καλλιεργείται με τομάτες έρχεται δεύτερη μετά την πατάτα. Ένα μεγάλο μέρος της έκτασης (62.5%) καλλιεργείται με βιομηχανική τομάτα που προορίζεται για μεταποίηση, ενώ το 34.3% είναι υπαίθρια καλλιέργεια για επιτραπέζια χρήση (Ανον., 2002).

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει και στη χώρα μας, σε μικρή έκταση, η καλλιέργεια της τομάτας σε αδρανή υποστρώματα ή φιλμς θρεπτικών διαλυμάτων (NFT ή Nutrient Film Technique).

Στατιστικά στοιχεία που αναφέρονται στην έκταση και παραγωγή καλλιέργειας τομάτας θερμοκηπίου στην Ελλάδα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.8. Σχεδόν ολόκληρη η ποσότητα τομάτας που παράγεται σε θερμοκήπια οδηγείται στην εσωτερική αγορά και μόνο μικρή ποσότητα (λιγότερο από 1%) εξάγεται. Στοιχεία παραγωγής για την τομάτα το έτος 2007 σε παγκόσμια κλίμακα, δίνονται στον Πίνακα 1.9. Η Ελλάδα στον πίνακα 2.2 κατέχει την **12^η** θέση με παραγωγή τομάτας 1.711.551 τόνους.

Πίνακας 1.8: Στοιχεία έκτασης και μέσης απόδοσης ανά στρέμμα καλλιέργειας τομάτας θερμοκηπίου ανά γεωγραφικό διαμέρισμα

Γεωγραφικό διαμέρισμα	Καλλιεργούμενη έκταση (%)	Παραγωγή (τόνοι)	Αποδόσεις (κιλά/στρ.)
Αν. Μακεδονία - Θράκη	3.52	3,454	7.0
Δ. – Κ. Μακεδονία	15.85	18,395	8.3
Ήπειρος	8.7	10,516	8.7
Θεσσαλία	2.36	2,431	7.4
Πελοπόννησος – Δ. Στερεά	23.23	33,443	10.4
Αττική – Νήσοι	3.00	3,354	8.0
Κρήτη	43.30	53,100	8.8
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	100.0	124,693	9.0

(Πηγή: www.agro.gr/)

Πίνακας 1.9: Παραγωγή τομάτας σε παγκόσμια κλίμακα

ΟΙ 5 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΕΣ ΧΩΡΕΣ ΣΕ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΜΑΤΑΣ (2007) (σε τόνους)	
ΚΙΝΑ (China)	33. 811. 702
Η.Π.Α. (United States)	12. 575. 900
ΤΟΥΡΚΙΑ (Turkey)	10. 985. 400
ΙΝΔΙΑ (India)	10. 260. 600
ΙΤΑΛΙΑ (Italy)	5. 976. 912
ΣΥΝΟΛΟ (World Total)	129. 649. 883

(Πηγή: Anon.1, 2010)

1.2.1.3 Βοτανικοί χαρακτήρες

Η τομάτα (*Solanum Lycopersicum, esculentum*) θεωρείται καρπός (φρούτο) από βοτανική άποψη και ανήκει στην οικογένεια *Solanaceae*. Στην οικογένεια αυτή,

ανήκουν και τα λαχανικά πατάτα, μελιτζάνα, πιπεριά καθώς και ο καπνός και ένας μεγάλος αριθμός αυτοφυών φυτών. Πολλά από αυτά τα φυτά, όταν βρίσκονται ως ζιζάνια μέσα σε καλλιέργειες τομάτας μεταδίδουν ασθένειες ως ξενιστές ασθενειών και παρασίτων.

Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου της τομάτας εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες κυρίως και δευτερευόντως από την ποικιλία. Στις τροπικές χώρες είναι πολυετής ενώ στην Ευρώπη μονοετής με βιολογικό κύκλο διάρκειας 5-7 μηνών (Αγγίδης, 1996; Madhavi and Salunkhe, 1998).

Όλα τα πράσινα μέρη του φυτού της τομάτας καλύπτονται από τριχίδια, που όταν σπάσουν αφήνουν μια χαρακτηριστική οσμή. Η ανθοφορία ανάλογα με την ποικιλία μπορεί να είναι ταξιανθία, απλή, διχαλωτή ή διακλαδισμένη. Η άνθηση δε γίνεται ταυτόχρονα, εκτός από ορισμένες ποικιλίες (οι οποίες χρησιμοποιούνται όταν γίνεται μηχανική συγκομιδή των καρπών) (Αγγίδης, 1996). Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα και αυτογονιμοποιούνται. Λόγω αυτού αυξάνει η ομοζυγωτία από γενεά σε γενεά και η ποικιλία αποκτά μεγάλη σταθερότητα στα χαρακτηριστικά της. Η ύπαρξη ομόζυγων σειρών στην τομάτα διευκόλυνε επίσης πάρα πολύ την περαιτέρω βελτίωση με υβριδισμό. Με τη διασταύρωση δηλαδή καθαρών (ομόζυγων) σειρών, από τις καλλιεργούμενες ποικιλίες της τομάτας, παράχθηκαν από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, υβρίδια που ήταν ανώτερα από τις σειρές που προήλθαν. Έτσι σήμερα υπάρχουν υβρίδια που εξασφαλίζουν επιθυμητό μέγεθος και ομοιομορφία καρπού, μεγαλύτερες αποδόσεις, ανθεκτικότητα σε διάφορες ασθένειες κ.λπ. Τα πλεονεκτήματα των υβριδίων για καλλιέργεια τομάτας σε εμπορική κλίμακα ήταν τόσα πολλά που πολύ σύντομα επικράτησαν ολοκληρωτικά. Λόγω όμως του ότι με τον υβριδισμό επιδιώχθηκε κυρίως βελτίωση των καλλιεργητικών και εμπορικών χαρακτηριστικών της τομάτας, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μπήκαν σε δεύτερη μοίρα με αποτέλεσμα, οι προερχόμενοι από τα υβρίδια καρποί, να υστερούν σε άρωμα και γεύση. Παράλληλα με τη χρήση υβριδίων δεν υπάρχει η δυνατότητα διατήρησης σπόρου για την επόμενη χρονιά, καθώς ο σπόρος από τα υβρίδια δε δίνει ποτέ ίδια φυτά και καρπούς (ετεροζυγωτία, όχι σταθερότητα) (Ολύμπιος, 1996; Anon., 2002).

1.2.1.4 Καρπός

Ο καρπός της τομάτας είναι ράγα, χρώματος κόκκινου, ρόδινου ή κίτρινου και έχει 4 -10 χώρους (πολύχωρος ράγα). Αποτελείται από το φλοιό (ή εξωκάρπιο), το περικάρπιο (σάρκα) τους ιστούς και τους σπόρους. Το πάχος του φλοιού αυξάνει στο

πρώτο στάδιο της ανάπτυξης του καρπού και μετά λεπταίνει και απλώνει κατά το στάδιο της ωρίμασης. Η σάρκα διαμορφώνει τους χώρους των κελιών και είναι ανάλογα με την ποικιλία, λιγότερο ή περισσότερο σημαντική (σε ποσότητα), πλούσια σε χυμό, ο οποίος χρησιμοποιείται στην κονσερβοποιεία. Ο χυμός έχει 3-6% στερεά συστατικά. Μέσα στα κελιά βρίσκονται οι σπόροι οι οποίοι περιβάλλονται από ζελατινώδη κύτταρα παρεγχύματος (ζελατινώδης ουσία), και ανάλογα με την ποικιλία είναι πολλοί ή λίγοι σε αριθμό. Τα γειτονικά κελιά χωρίζονται από ένα διάφραγμα, αποκαλούμενο επίσης ακτινωτό ή διαγώνιο τοιχίο, το οποίο εκτείνεται από το κέντρο του καρπού έως την επιδερμίδα (Αγγίδης, 1996; Madhavi and Salunkhe, 1998; Heuvelink, 2005).

Ο χρωματισμός των καρπών της τομάτας αποδίδεται σε δύο χρωστικές, την καροτίνη (κίτρινο) και την λυκοπίνη (κόκκινο) και επηρεάζεται από τη σχέση τους και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η καλύτερη θερμοκρασία για την ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος είναι 18-25 °C (Αγγίδης, 1996).

1.2.1.5 Καλλιεργούμενες Ποικιλίες

Τα τελευταία χρόνια οι περισσότερο διαδεδομένες ποικιλίες (ή υβρίδια) τομάτας που καλλιεργούνται στην Ελλάδα είναι οι παρακάτω :

Πίνακας 1.10: Καλλιεργούμενες Ποικιλίες στην Ελλάδα

<u>Για βιομηχανική επεξεργασία</u>	SONORA, OVAL RED, RED BALL, TITANO, RIO GRANDE
<u>Για επιτραπέζια χρήση</u>	GC-204, ALONSO, JOLLY, ARLETTA, MERETO, ACOR, DOMBO, DOMBITO

(Πηγή: Ολύμπιος, 1996; Anon., 2006)

1.2.1.6 Κλίμα και Έδαφος

Η τομάτα είναι φυτό που καλλιεργείται κατά τη θερμή περίοδο του έτους (απαιτεί θερμό κλίμα) ενώ από τη σπορά μέχρι την έναρξη της συγκομιδής, μεσολαβεί διάστημα 3–4 μηνών. Η έκθεση του φυτού σε θερμοκρασίες κάτω των 12 °C προκαλεί σε αυτό ζημιές σε όλα τα στάδια αναπτύξεώς του (φύτρωμα – ανάπτυξη – καρποφορία). Το βέλτιστο της βλαστικής ανάπτυξής του παρατηρείται στους 18.5 - 26.5 °C, αλλά αντέχει και σε υψηλότερες και χαμηλότερες θερμοκρασίες (μεταξύ 12 και 38 °C). Η βλαστική ανάπτυξη είναι ταχύτερη όταν

παρατηρείται διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα σε ημέρα και νύχτα 4– 5 °C (θερμοπεριοδισμός), η δε άριστη θερμοκρασία νύχτας ποικίλλει με την ηλικία του φυτού (Jones,1999; Anon., 2006). Η καρπόδεση, στις περισσότερες ποικιλίες, γίνεται καλύτερα στους 16 – 22 °C, ενώ δεν μπορεί να γίνει σε θερμοκρασίες άνω των 30 – 35 °C και κάτω των 10 – 15 °C (σχηματισμός ατελούς άνθους ή η χαμηλή θερμοκρασία επιδρά δυσμενώς στη γονιμοποίηση). Εφόσον δε γίνει γονιμοποίηση, παρατηρείται πτώση του άνθους (ανθόρροια).

Το βέλτιστο της ανάπτυξης και καρπόδεσης της τομάτας συμβαίνει σε σχετικά μεγάλες εντάσεις φωτός (50.000 lux). Η τομάτα μπορεί να καλλιεργηθεί σε όλες σχεδόν τις κατηγορίες εδαφών οργανικά, ελαφρά, μέσης συστάσεως, ακόμη και βαριά, αρκεί να στραγγίζουν καλά (Anon., 2006).

1.2.1.7 Διαιτητική αξία

Η διαιτητική αξία της τομάτας είναι πολύ μεγάλη καθώς αποτελεί για τον άνθρωπο μια από τις κύριες πηγές βιταμίνης Α, ασκορβικού οξέος (η περιεχόμενη βιταμίνη C εκτιμάται περί τα 20 - 25 mg/100g) και ιχνοστοιχείων (πυκνότητα σε κάλιο 200 - 210 mg/100g). Σήμερα θεωρείται ότι με τον τρόπο που καταναλώνεται στις δυτικές χώρες αποτελεί το σημαντικότερο καρπό από την άποψη αυτή (Jones,1999).

Το ενδιαφέρον για την τομάτα αυξάνει ακόμα περισσότερο τα τελευταία χρόνια χάρη στο λυκοπίνιο που περιέχει. Το λυκοπίνιο είναι μια καροτινοειδής χρωστική που υπάρχει σε αφθονία στον καρπό της τομάτας, και στην οποία ακριβώς οφείλεται ο χαρακτηριστικός κόκκινος χρωματισμός του καρπού. Εκτός όμως από τις χρωστικές του ιδιότητες, το λυκοπίνιο είναι και ισχυρή αντιοξειδωτική ουσία, εξουδετερώνοντας ελεύθερες ρίζες του οξυγόνου που συσσωρεύονται λόγω καταστάσεων stress στα κύτταρα ενός οργανισμού και μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες σε αυτά. Πρόσφατα πειράματα έχουν αποδείξει ότι άνθρωποι που καταναλώνουν αυξημένες ποσότητες τομάτας και προϊόντων της, έχουν σημαντικά μικρότερο κίνδυνο για καρδιοπάθειες και ορισμένες μορφές καρκίνου. Σύμφωνα με εκτιμήσεις των ειδικών, το 85% περίπου του λυκοπενίου που προσλαμβάνει ο άνθρωπος με το σύγχρονο διαιτολόγιο προέρχεται αποκλειστικά από την τομάτα, η οποία είναι ένα από τα

ελάχιστα φρούτα και λαχανικά που περιέχουν άφθονο λυκοπίνιο (Jones,1999; Anon., 2006).

1.2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Οι υψηλής ποιότητας καρποί τομάτας έχουν σταθερό, διαμορφωμένο σχήμα, ομοιόμορφο και φωτεινό χρώμα, χωρίς σημάδια από μηχανικά τραύματα ή άλλες αλλοιώσεις. Οι κυριότερες αιτίες μετασυλλεκτικών απωλειών είναι οι εξωτερικές ζημιές που υφίστανται οι καρποί κατά τη διάρκεια της συγκομιδής και των μετέπειτα χειρισμών, καθώς και η συγκομιδή σε ακατάλληλο στάδιο ωριμότητας.

1.2.2.1 Φυτοκομικοί δείκτες ωριμότητας

Ανάλογα με τη ζήτηση της αγοράς και την παραγωγή, οι τομάτες συγκομίζονται σε στάδια ωριμότητας που κυμαίνονται από τη φυσιολογική ωριμότητα (Mature Green stage) έως και την πλήρη ωριμότητα. Η ολοκλήρωση της φυσιολογικής ωριμότητας είναι δύσκολο να καθοριστεί ακριβώς. Τομάτες που συγκομίζονται στο πράσινο στάδιο φυσιολογικής ωριμότητας (MG-3 ή MG-4) θα τύχουν υψηλής ποιότητας εμπορική ωρίμαση, εάν υπάρξουν οι κατάλληλοι χειρισμοί (Maul *et al.*, 1998). Τομάτες που συγκομίζονται στο στάδιο MG-2 φυσιολογικής ωρίμασης, θα δώσουν μέτριας ποιότητας καρπούς, ενώ αυτές που συγκομίζονται στο στάδιο MG-1 δε θα ωριμάσουν σε αποδεκτά επίπεδα ποιότητας.

Στάδια Φυσιολογικής Ωριμότητας - Εσωτερική εμφάνιση καρπού

(ισημερινό τμήμα):

MG-1 Ανώριμοι σπόροι (άσπροι) οι οποίοι κόβονται κατά τον τεμαχισμό της τομάτας. Καθόλου σχηματισμός ζελατινώδους ουσίας στις κοιλότητες.

MG-2 Ωριμοι σπόροι. Σχηματισμός ζελατινώδους ουσίας σε δύο τουλάχιστον κοιλότητες.

MG-3 Οι σπόροι κατά τον τεμαχισμό της τομάτας παραμερίζονται. Όλες οι κοιλότητες έχουν ζελατινώδη ουσία, ενώ το εσωτερικό χρώμα είναι ακόμα πράσινο.

MG-4 Εμφάνιση κόκκινου χρώματος στη ζελατινώδη ουσία και στο περικάρπιο.

Τα στάδια εμπορικής ωριμότητας καθορίζονται σύμφωνα με τα ακόλουθα πρότυπα για τις τομάτες με κόκκινο χρωματισμό (Sargent and Moretti, 2004 και Saltveit, 2005):

Στάδια Εμπορικής Ωριμότητας – Εξωτερικός χρωματισμός καρπού:

0. **Immature.** Ο καρπός δεν έχει αναπτυχθεί επαρκώς ώστε να ωριμάσει εμπορικά σε αποδεκτά επίπεδα ποιότητας. Πολλοί καρποί προοδευτικά θα ωριμάσουν εμπορικά, αλλά θα προκύψουν προϊόντα χαμηλής ποιότητας.
1. **Green Fruit (ή Mature Green).** Ο καρπός θα ωριμάσει εμπορικά σε αποδεκτά επίπεδα ποιότητας. Η επιφάνεια του καρπού είναι αποκλειστικά πράσινη. Ο πράσινος χρωματισμός μπορεί να ποικίλει από φωτεινός έως σκούρος. Καθόλου κόκκινος χρωματισμός. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τα τέσσερα στάδια φυσιολογικής ωριμότητας (**MG-1, MG-2, MG-3, και MG-4**).
2. **Breaker.** Υπάρχει ένα χαρακτηριστικό «σπάσιμο» στο χρώμα του καρπού από πράσινο σε φαιο-κίτρινο, ροζ ή κόκκινο σε μια περιοχή του καρπού μικρότερη από το 10% της επιφάνειάς του.
3. **Turning.** Η επιφάνεια του καρπού δεν είναι πράσινη σε ποσοστό 10% έως 30%. Στο σύνολο υπάρχει χαρακτηριστική αλλαγή από το πράσινο χρώμα σε καφέ-κίτρινο, ροζ, κόκκινο ή συνδυασμό αυτών.
4. **Pink.** Το 30% με 60% της επιφάνειας δεν είναι πράσινο. Στο σύνολο η επιφάνεια του καρπού παρουσιάζει ρόδινο ή κόκκινο χρώμα.
5. **Light red.** Το 60% με 90% της επιφάνειας δεν είναι πράσινο. Στο σύνολο, ο καρπός εμφανίζει ροζ-κόκκινο ή κόκκινο χρώμα.
6. **Red-ripe.** Περισσότερο από 90% της επιφάνειας δεν είναι πράσινο. Στο σύνολο, ο καρπός έχει κόκκινο χρώμα. Η ποιότητα των τοματών βασίζεται αρχικά στο ομοιόμορφο σχήμα και στην απουσία ατελειών που μπορεί να προκύψουν κατά την ανάπτυξη και τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. Το μέγεθος δεν αποτελεί παράγοντα ποιότητας αλλά μπορεί να επηρεάσει έντονα την εμπορική ποιότητα.

Ο προσδιορισμός της μεταβολής του χρώματος μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας χρωματικούς χάρτες (δείκτης χρώματος (CI)) σύμφωνα με τα στάδια ωριμότητας της τομάτας (Acedo and Thanh, 2006a).



CI-1

CI-1 Green - Πράσινο



CI-2

CI-2 Breaker - εμφανές «σπάσιμο» στο χρώμα <10% της επιφάνειας του καρπού



CI-3

CI-3 Turning - περισσότερο πράσινο από κόκκινο



CI-4

CI-4 Pink - περισσότερο κόκκινο από πράσινο



CI-5

CI-5 Light red - ίχνη πράσινου



CI-6

CI-6 Full red – πλήρες κόκκινο

1.2.2.2 Ποιοτικοί δείκτες ωριμότητας

Οι καρποί τομάτας οφείλουν να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά ώστε να θεωρούνται ώριμοι (Acedo and Thanh, 2006b):

- **Σχήμα** - Καλά διαμορφωμένο (σφαίρα, πεπλατυσμένη σφαίρα).
- **Χρώμα** - Ομοιόμορφο χρώμα (πορτοκαλοκόκκινο έως βαθύ κόκκινο, ανοικτό κίτρινο). Χωρίς πράσινους «ώμους».
- **Εμφάνιση** – Ομαλή. Απουσία ρωγμών (cracks) (λόγω αύξησης), ηλιοκαύματος, βλαβών από έντομα, μηχανικών ζημιών, μολωπισμών κ.α.

- **Υφή - Σκληρότητα** – Ο καρπός συμπιέζεται ελαφρά υπό σταθερή πίεση με το χέρι. Όχι μαλακός καρπός και εύκολα παραμορφώσιμος λόγω υπερωρίμασης.

1.2.3 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΜΑΤΑΣ

1.2.3.1 Άριστες συνθήκες αποθήκευσης

Θερμοκρασία

Οι άριστες θερμοκρασίες αποθήκευσης εξαρτώνται από το στάδιο ωριμότητας των καρπών. Η αποθήκευση σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 27 °C οδηγεί σε μείωση της έντασης του κόκκινου χρώματος, ενώ η συντήρηση σε θερμοκρασίες μικρότερες των 13 °C, καθυστερεί την ωρίμαση και μπορεί να οδηγήσει σε εμφάνιση "ασθενειών ψύχους", ιδιαίτερα σε καρπούς που βρίσκονται στο αρχικό στάδιο ωριμότητας (Green Fruit). Οι ώριμοι καρποί μπορούν να συντηρηθούν ικανοποιητικά για 4 ημέρες στους 5° C (Mc Glasson, 2003). Επιπλέον κόκκινες τομάτες που συντηρήθηκαν στους 10 °C, διαπιστώθηκε ότι υστερούσαν σε γεύση και άρωμα συγκριτικά με τομάτες που συντηρήθηκαν στους 13 °C (Maul *et al.*, 2000).

Οι πράσινοι και οι μερικώς χρωματισμένοι καρποί πρέπει να συντηρούνται σε θερμοκρασίες 13– 22° C ώσπου να φθάσουν στο επιθυμητό στάδιο ωρίμασης (Mc Glasson, 2003). Τομάτες στο στάδιο του πράσινου (Mature Green) μπορούν να αποθηκευτούν στους 12.5 °C μέχρι και 14 ημέρες πριν την ωρίμασή τους, χωρίς σημαντική μείωση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Αποθήκευση για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των δύο εβδομάδων σε αυτή τη θερμοκρασία, είναι πιθανό να οδηγήσει σε αλλοιώσεις. Η συντήρηση των καρπών έπειτα στο ράφι (shelf life) είναι εφικτή για 8-10 ημέρες, στη βέλτιστη θερμοκρασία και αφού οι καρποί έχουν φτάσει στο τελικό στάδιο ωρίμασης (firm-ripe). Στο εμπόριο χρησιμοποιούνται και θερμοκρασίες βραχυπρόθεσμης αποθήκευσης ή μεταφοράς κάτω από το εύρος των 7-10 °C, αλλά έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ασθενειών ψύχους στους καρπούς έπειτα από μακρόχρονη αποθήκευση (Acedo and Thanh, 2006b). Συνιστώμενες θερμοκρασίες αποθήκευσης της τομάτας για διαφορετικά στάδια ωρίμασης παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.11.

Πίνακας 1.11: Συνιστώμενες θερμοκρασίες αποθήκευσης τομάτας ανάλογα με το στάδιο ωρίμασης.

Στάδιο Ωρίμασης	Θερμοκρασία (°C)
Mature Green	12.5 – 15.0
Light Red	10.0 – 12.5
Firm-ripe	7.0 – 10.0 για 3-5 ημέρες

(Πηγή: Acedo and Thanh, 2006b)

Για να επιτευχθεί γρήγορη ωρίμαση απαιτούνται θερμοκρασίες μεταξύ 12.5-25°C (ιδανικές θερμοκρασίες για εμπορική ωρίμαση είναι 19 °C έως 21 °C), σχετική υγρασία 90-95% και συγκέντρωση αιθυλενίου περί τα 100 ppm. Ταυτόχρονα πρέπει να εξασφαλίζεται καλή κυκλοφορία του αέρα ώστε να αποτρέπεται η συσσώρευση CO₂. Συγκέντρωση CO₂ πάνω από 1% παρεμποδίζει τη δράση του αιθυλενίου και καθυστερεί την ωρίμαση. Η βέλτιστη θερμοκρασία ωρίμασης για εξασφάλιση οργανοληπτικής και θρεπτικής ποιότητας είναι 20 °C. Σε αυτή τη θερμοκρασία είναι επίσης καλύτερη η ανάπτυξη του χρώματος και η εξασφάλιση υψηλής περιεκτικότητας σε βιταμίνη C (Acedo and Thanh, 2006b).

Σχετική υγρασία

Τα φρέσκα φρούτα και λαχανικά περιέχουν μεγάλο ποσοστό νερού στη σύστασή τους. Η απώλεια μάζας ισοδυναμεί με απώλεια βάρους και επομένως συνιστούν εμπορικές απώλειες. Απώλεια βάρους ίση με 5% προκαλεί αρκετή ζημιά στα προϊόντα, τα οποία συρρικνώνονται και αποκτούν εμφανή σημάδια μάρανσης, ώστε να καταστούν χαμηλής εμπορευσιμότητας. Κάτω από συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και χαμηλής υγρασίας το παραπάνω ποσοστό απωλειών (5%) μπορεί να συμβεί μέσα σε λίγες ώρες (Thanh, 2006). Είναι σημαντικό να αναφερθεί επίσης ότι η απελευθέρωση υγρασίας και η συμπύκνωση νερού στην επιφάνεια των καρπών αποτελεί πρόβλημα διότι διευκολύνεται η μικροβιακή ανάπτυξη και οι μολύνσεις.

Ο Πίνακας 1.12 παρουσιάζει το ποσοστό υδατικών απωλειών μάζας για μια σειρά προϊόντων, πέραν του οποίου αυτά καθίστανται ακατάλληλα προς πώληση.

Πίνακας 1.12: Ποσοστό απώλειας μάζας το οποίο καθιστά τα προϊόντα ακατάλληλα προς πώληση.

Προϊόν	Μέγιστο Επιτρεπτό Απωλειών (%)
Τομάτα	7
Λάχανο	7
Καρότο	8
Αγγούρι	5
Μαρούλι	3
Πατάτα	7
Πράσινη πιπεριά	7

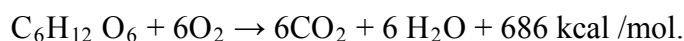
(Πηγή: Thanh, 2006)

Η υψηλή σχετική υγρασία 90-95% είναι καθοριστική (μείωση του ελλείμματος πίεσης υδρατμών) για εξασφάλιση της μέγιστης ποιότητας μετά τη συγκομιδή και για την πρόληψη απωλειών ύδατος (αφυδάτωση). Η έκθεση σε υψηλότερα ποσοστά υγρασίας για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορεί να ευνοήσει την ανάπτυξη μούχλων στην επιφάνεια των καρπών (Acedo and Thanh, 2006b).

1.2.4 ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΙΘΥΛΕΝΙΟΥ

1.2.4.1 Αναπνευστική δραστηριότητα και μεταβολισμός

Αναπνοή είναι η διαδικασία της οξειδωτικής διάσπασης των σύνθετων μορίων των υποστρωμάτων που υπάρχουν στα κύτταρα των φυτών, όπως το άμυλο, τα σάκχαρα, και τα οργανικά οξέα, σε απλούστερα μόρια όπως το CO₂ και το H₂O. Εάν χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα η γλυκόζη, η γενική εξίσωση για την αναπνοή (οξειδωτική διάσπαση) μπορεί να γραφτεί ως εξής:



Ένα μεγάλο μέρος της μετασυλλεκτικής τεχνολογίας ασχολείται με τον έλεγχο των παραγόντων του εξωτερικού περιβάλλοντος (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία), ώστε να επιτευχθεί μείωση της αναπνοής και άλλων μεταβολικών αντιδράσεων που συνδέονται με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Η αναπνοή παρέχει τις

ενώσεις οι οποίες καθορίζουν το ρυθμό των μεταβολικών διαδικασιών, και οι οποίες σχετίζονται άμεσα με ποιοτικές παραμέτρους, π.χ. σκληρότητα, περιεκτικότητα σε σάκχαρα, άρωμα, γεύση κ.λπ. Καρποί και ποικιλίες με υψηλό ρυθμό αναπνοής τείνουν να έχουν σύντομη εμπορική ζωή συγκριτικά με προϊόντα που έχουν χαμηλό ρυθμό αναπνοής. Η εμπορική ζωή π.χ. του μπρόκολου, του μαρουλιού, των μπιζελιών, του σπανακιού, και του γλυκού καλαμποκιού (που έχουν υψηλό ρυθμό αναπνοής) είναι σύντομη σε σύγκριση με αυτή του μήλου, του αχλαδιού, του ακτινιδίου, των λεμονιών, του κρεμμυδιού, και της πατάτας - που έχουν χαμηλό ρυθμό αναπνοής. Γενικά, η διάρκεια της εμπορικής ζωής των προϊόντων μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το ρυθμό αναπνοής (Saltveit, 2004).

Η συντήρηση στα πλαίσια της μετασυλλεκτικής τεχνολογίας, χρησιμοποιείται είτε για επιβράδυνση της υποβάθμισης της ποιότητας, είτε για την εφαρμογή μεθόδων που διατηρούν την ποιότητα των προϊόντων. Η ποιότητα των περισσότερων λαχανικών όπως αγγούρια και μαρούλι, και των μη κλιμακτηριακών καρπών όπως π.χ. φράουλες είναι μέγιστη κατά τη συγκομιδή και οι συνθήκες συντήρησης πρέπει να είναι οι κατάλληλες ώστε να επιβραδύνονται κατά το δυνατόν οι ποιοτικές απώλειες. Αντίθετα, πολλά λουλούδια (π.χ. γαρίφαλα και τριαντάφυλλα), ορισμένοι μη-κλιμακτήριοι καρποί (π.χ. λεμόνια και πορτοκάλια) και οι κλιμακτήριοι καρποί (π.χ. μπανάνες και τομάτες) συγκομίζονται χωρίς να αποκτήσουν τα άριστα χαρακτηριστικά ποιότητά τους, οπότε οι συνθήκες αποθήκευσης πρέπει να ρυθμίζονται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται και η ανάπτυξη και η διατήρηση της άριστης ποιότητας.

Σε κάποιες περιπτώσεις, η βιοσύνθεση νέων ενώσεων είναι ανεπιθύμητη, επειδή οδηγεί στη μείωση της ποιότητας (π.χ. ένζυμα που καταστρέφουν τη χλωροφύλλη στο μαρούλι ή προωθούν τη λιγνιτοποίηση στο σπαράγγι). Στις περισσότερες περιπτώσεις, η σύνθεση χρωστικών και πτητικών ουσιών (π.χ. λυκοπενίου στις τομάτες και αμυλεστέρων στην μπανάνα), η απώλεια χλωροφύλλης (π.χ. ενζυματική αποικοδόμηση της χλωροφύλλης στην μπανάνα, τα πορτοκάλια και τα λεμόνια), και η μετατροπή του αμύλου σε σάκχαρα (π.χ. μήλα και μπανάνες) είναι απαραίτητες για τη βελτίωση της ποιότητας. Όλες αυτές οι αντιδράσεις βιοσύνθεσης απαιτούν ενέργεια και οργανικά υποστρώματα που προέρχονται από την αναπνοή (Saltveit, 2004).

Χωρίς αμφιβολία, ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επιδρά στη μετασυλλεκτική ζωή των νωπών προϊόντων είναι η θερμοκρασία, η οποία επηρεάζει

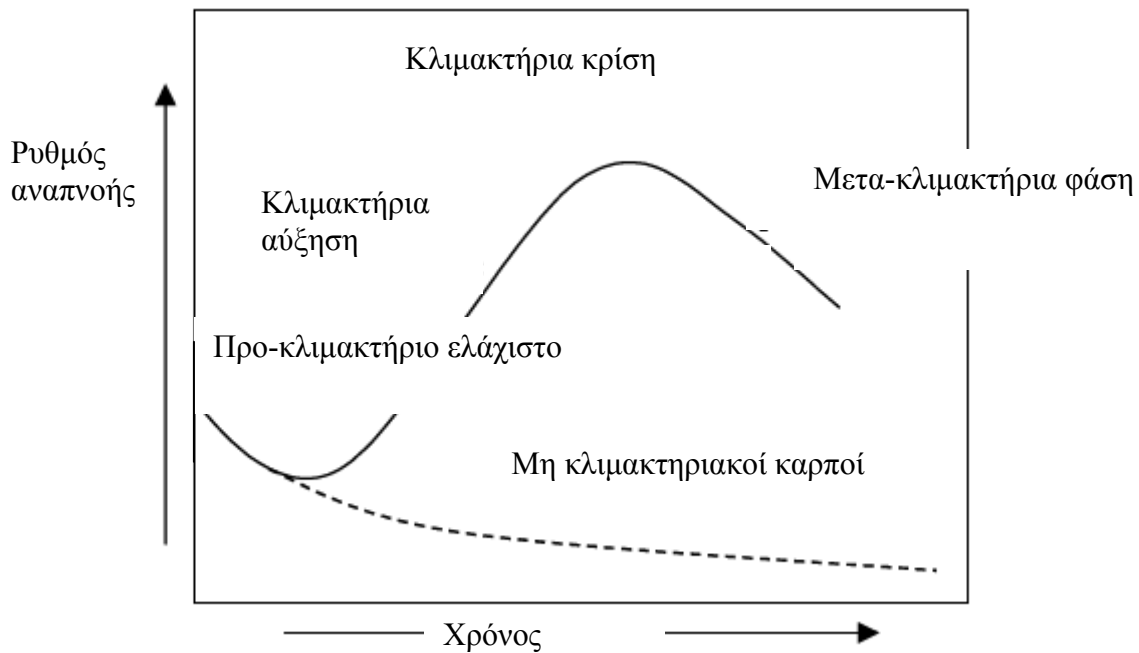
σημαντικά το ρυθμό των βιολογικών αντιδράσεων. Η ταχύτητα μιας βιολογικής αντίδρασης αυξάνει 2 έως 3 φορές για κάθε 10 °C άνοδο στη θερμοκρασία.

Έννοια του αναπνευστικού πηλίκου (Respiratory Quotient ή RQ)

Το αναπνευστικό πηλίκο (RQ) ορίζεται ως η αναλογία του CO₂ που παράγεται προς το O₂ που καταναλώνεται. Τα αέρια CO₂ και O₂ μπορούν να καταγραφούν είτε ως γραμμομόρια είτε ογκομετρικά (ml). Ανάλογα με το υπόστρωμα που οξειδώνεται, οι τιμές RQ για τα νωπά προϊόντα κυμαίνονται από 0.7 έως 1.3 κατά την αερόβια αναπνοή. Όταν το αναπνευστικό υπόστρωμα είναι υδατάνθρακες, το RQ είναι κοντά στο 1, ενώ είναι μικρότερο από 1 (RQ < 1) για τα λιπίδια και μεγαλύτερο από 1 (RQ > 1) για τα οργανικά οξέα. Οι πολύ υψηλές τιμές RQ αποτελούν συνήθως ένδειξη αναερόβιας αναπνοής όπου οι ιστοί παράγουν αιθανόλη. Μια γρήγορη αύξηση στο RQ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένδειξη μετάβασης από αερόβια σε αναερόβια αναπνοή (Saltveit, 2004).

Η αναπνοή επηρεάζεται επίσης από ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών παραγόντων που περιλαμβάνουν την ηλιακή ακτινοβολία, το χημικό και υδατικό στρες, τους ρυθμιστές αύξησης, και τις προσβολές από παθογόνα. Οι σημαντικότεροι μετασυλλεκτικοί παράγοντες που επιδρούν στην αναπνοή είναι η θερμοκρασία, η σύσταση της ατμόσφαιρας και το φυσικό στρες (Saltveit, 2004).

Μετά τη συγκομιδή, ο ρυθμός αναπνοής μειώνεται χαρακτηριστικά, αργά στους μη-κλιμακτηριακούς καρπούς, ταχύτερα στους κλιμακτηριακούς καρπούς και στους ανώριμους καρπούς. Η γρήγορη μείωση οφείλεται κυρίως στη μείωση των αναπνευστικών υποστρωμάτων που είναι αρκετά χαμηλά σε τέτοιους ιστούς. Μια σημαντική εξαίρεση στη μείωση του ρυθμού της αναπνοής μετασυλλεκτικά, αποτελεί η γρήγορη και μερικές φορές δραματική άνοδος κατά τη διάρκεια της ωρίμασης των κλιμακτηριακών φρούτων (Σχήμα 1.1). Αυτή η άνοδος, που έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης για πολλά χρόνια, χαρακτηρίζεται από τέσσερις χρονικές περιόδους: 1) το προκλιμακτήριο ελάχιστο, 2) τη κλιμακτήρια αύξηση, 3) το κλιμακτήριο μέγιστο και 4) τη μετακλιμακτήρια φάση.



Σχήμα 1.1: Η κλιμακτήρια αναπνευστική κρίση για καρπό που ωριμάζει εμπορικά.

(Πηγή: Saltveit, 2004).

Ο ρυθμός αναπνοής ενός προϊόντος εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από τη θερμοκρασία του. Γενικά, όσο υψηλότερη η θερμοκρασία τόσο υψηλότερος ο ρυθμός αναπνοής και αντίστροφα. Οι χαμηλές θερμοκρασίες, εφόσον είναι ανεκτές από το προϊόν, οδηγούν σε χαμηλούς ρυθμούς αναπνοής. Μερικά προϊόντα εμφανίζουν ασθένειες ψύχους κατά τη συντήρησή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες (Shewfelt and Prussia, 1993). Οι τροπικοί και υποτροπικοί καρποί όπως η μπανάνα, το μάγκο και η φυσιολογικά ώριμη τομάτα (στάδιο “Breaker”), δεν μπορούν να αποθηκευτούν σε θερμοκρασίες κάτω από 10 °C.

Θερμοκρασίες πάνω από την άριστη θερμοκρασία συντήρησης προκαλούν υψηλότερους ρυθμούς αναπνοής οι οποίοι αυξάνονται εκθετικά με τη θερμοκρασία. Η παραπάνω συμπεριφορά οδηγεί σε ταχεία μείωση της εμπορικής ζωής των προϊόντων. Η διατήρηση σταθερών θερμοκρασιών είναι επιβεβλημένη καθώς οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις μπορεί να οδηγήσουν και σε σημαντικές απώλειες βάρους (Salunkhe et al., 1991; Ψυχογιού κ. ά., 2009 a). Στον Πίνακα 1.12 δίνονται οι ρυθμοί αναπνοής της τομάτας για δύο στάδια ωριμότητας σε διάφορες θερμοκρασίες.

Πίνακας 1.12: Ρυθμός αναπνοής τομάτας στον ατμοσφαιρικό αέρα (1 atm) σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

Θερμοκρασία (°C)	Ρυθμοί αναπνοής (ml CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	
	Mature Green	Ripening
5	3-4 *	-
10	6-9	7-8
15	8-14	12-15
20	14-20	12-22
25	18-26	15-26

* Δε συνιστάται η συντήρηση σε αυτή τη θερμοκρασία για πολλές ημέρες λόγω της εμφάνισης ασθενειών ψύχους.

(Πηγή: Acedo and Thanh, 2006b)

1.2.4.2 Παραγωγή αιθυλενίου και ευαισθησία σε αυτό

Οι καρποί τομάτας παράγουν μέτριες ποσότητες αιθυλενίου από 1 έως 10 μL kg⁻¹ h⁻¹ στους 20 °C (Kader, 1992) για αυτό και πρέπει να αποφεύγεται η συναποθήκευσή τους με ευαίσθητα προϊόντα, όπως το μαρούλι και τα αγγούρια. Παράλληλα οι τομάτες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες όταν εκτίθενται σε αιθυλένιο. Η έκθεση πράσινων καρπών τομάτας σε εξωγενές αιθυλένιο σηματοδοτεί την έναρξη της ωρίμασής τους. Ακόμα και μικρές ποσότητες αιθυλενίου, π.χ. 0.5 μL L⁻¹ είναι ικανές να προκαλέσουν έναρξη της ωρίμασης και άλλων μεταβολικών διαδικασιών (Abeles, *et al.*, 1992). Για εμπορική ομοιόμορφη ωρίμαση, οι πράσινες τομάτες πρέπει να διατηρούνται σε θερμοκρασίες από 20 °C έως 21 °C με 90% σχετική υγρασία και σε συγκέντρωση αιθυλενίου 50 μL L⁻¹. Όταν οι τομάτες βρίσκονται στο στάδιο «σπασίματος» του χρώματος (Breakers), παράγουν επαρκείς ποσότητες αιθυλενίου.

1.2.5 Απώλεια μάζας

Η διαπνοή είναι η δεύτερη σημαντικότερη φυσιολογική λειτουργία -μετά την αναπνοή- στη μετασυλλεκτική ζωή των φρούτων και λαχανικών. Η διαπνοή αποτελεί λειτουργία απελευθέρωσης υδρατμών από την επιδερμίδα των προϊόντων στην ατμόσφαιρα. Ορίζεται ως διαδικασία ενεργητικής απομάκρυνσης του παραγόμενου νερού μέσα από την επιφάνεια του φυτικού οργάνου προς τον περιβάλλοντα αέρα μέσω των στοματίων ή των φακιδίων (Ben-Yehoshua, 1987). Απομάκρυνση όμως υγρασίας (αφυδάτωση) από το προϊόν επιτυγχάνεται και με το φυσικό φαινόμενο της διάχυσης. Η κινητήρια δύναμη της διάχυσης είναι το έλλειμμα πίεσης υδρατμών (Water Vapor Pressure Deficit ή WVPD), δηλαδή η διαφορά στην πίεση υδρατμών μεταξύ της (πρακτικά υγρής) επιφάνειας του προϊόντος και του περιβάλλοντα αέρα. Η διεργασία αυτή μπορεί να περιγραφεί από το νόμο του Fick και συνίσταται στη διάχυση υδρατμών από ένα καθεστώς υψηλής πίεσης σε ένα άλλο χαμηλότερης, η οποία περιγράφεται από την εξίσωση:

$$J = \frac{(P_i - P_a)}{(RT) \cdot r}$$

J = πυκνότητα απομάκρυνσης υγρασίας ($\text{g}_w \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2}$)

P_i = μερική πίεση υδρατμών στους μεσοκυττάριους χώρους (Pa) κοντά στην επιφάνεια

P_a = μερική πίεση υδρατμών στο περιβάλλον σε απόσταση από την επιφάνεια της επιδερμίδας του καρπού (Pa)

R = σταθερά αερίων ($\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)

T = απόλυτη θερμοκρασία (K)

r = η αντίσταση της επιφάνειας στη ροή, (s m^{-1})

Η απώλεια υγρασίας λόγω διαπνοής και αφυδάτωσης συνεπάγονται απώλειες βάρους στα νωπά προϊόντα και συνεπώς απώλειες στην ποιότητά τους κατά τη συντήρηση με ψύξη. Οι απώλειες μάζας των φρούτων και λαχανικών μειώνονται με τη μείωση της θερμοκρασίας συντήρησης. Οι συνιστώμενες συνθήκες συντήρησης για τομάτες στο στάδιο Mature Green είναι: θερμοκρασία από 13 °C έως 21 °C και σχετική υγρασία 85-90%. Σχετική υγρασία κάτω από 80% πρέπει να αποφεύγεται λόγω μεγάλων απωλειών υγρασίας, ενώ σχετικές υγρασίες πάνω από 95% δεν ενδείκνυνται λόγω της αυξημένης πιθανότητας ανάπτυξης μυκητολογικών ασθeneιών.

Δεδομένου ότι τόσο οι ρυθμοί αναπνοής και διαπνοής των τοματών όσο και το έλλειμμα πίεσης υδρατμών μειώνονται με τον περιορισμό της θερμοκρασίας συντήρησης, προτιμώνται χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες βάρους (Buffington and Sastry, 1983 και Sastry and Buffington, 1983).

1.2.6 Χρώμα

Το χρώμα αποτελεί σημαντικό ποιοτικό κριτήριο αξιολόγησης του σταδίου ωριμότητας και της φρεσκάδας των νωπών φυτικών προϊόντων και χρησιμοποιείται στη διαλογή των καρπών σε εμπορική κλίμακα (Abbott, 1999; Χατζής *et al.*, 2005). Το χρώμα σχετίζεται άμεσα με την αντίληψη των καταναλωτών για την εμφάνιση ενός προϊόντος καθώς η συγκέντρωση των χρωστικών ουσιών αποτελεί δείκτη προσδιορισμού τόσο της ωριμότητας όσο και της ποιότητας (Martí, 2003).

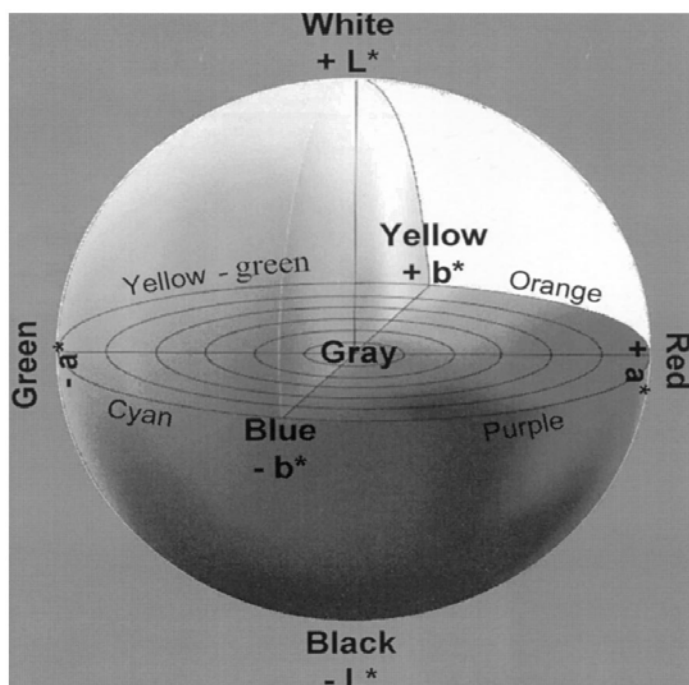
Τα καροτινοειδή είναι μεταξύ των σημαντικότερων χρωστικών ουσιών που απαντώνται στα φρούτα. Εκτός από βασικό ρόλο ως συνεργικοί παράγοντες στη φωτοσύνθεση (δεσμευτές φωτός) και αντιοξειδωτικά στοιχεία (πρόδρομοι της βιταμίνης Α), τα καροτινοειδή αποτελούν τους χρωματικούς παράγοντες των φρούτων και των ανθέων. Το λυκοπίνιο φαίνεται να συμβάλλει στη βιοσύνθεση άλλων καροτινοειδών ουσιών, όπως καροτίνη, λυκοπίνες και ξανθοφύλλες. Παρόλα αυτά, υψηλές συγκεντρώσεις αυτής της χρωστικής ουσίας (περίπου 30 – 100 mg/g νωπού βάρους), προσδίδουν το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα στις τομάτες (Lewinsohn *et al.*, 2005) στις οποίες η συσσώρευση του λυκοπινίου², εξαρτάται από το βαθμό ωρίμασης των καρπών και από τη συγκέντρωση αιθυλενίου (Lewinsohn *et al.*, 2005). Έτσι η συγκέντρωση λυκοπενίου αυξάνεται σημαντικά, κατά την αύξηση του καρπού από το στάδιο “ώριμο πράσινο” μέχρι το “πλήρως κόκκινο” (Dumas *et al.* 2003; Brandt *et al.* 2006; Helyes *et al.* 2006).

Το χρώμα ενός αντικειμένου μπορεί να περιγραφεί από αρκετά χρωματικά συστήματα. Μερικά από τα πιο χρησιμοποιούμενα, είναι τα RGB (κόκκινο, πράσινο και μπλε), Hunter L a b, CIE (Commission Internationale de l’Eclairage) L* a* b*, CIE XYZ, CIE L* u* v*, CIE Yxy και CIE LCH. Από τα σημαντικότερα συστήματα είναι το CIE L*a*b* το οποίο επινοήθηκε το 1976. Το σύστημα CIE, βασίζεται στις ιδιότητες του ανθρώπινου ματιού, το οποίο έχει τρεις χρωματικούς δέκτες -κόκκινο,

² Στην τομάτα η λυκοπίνη αντιπροσωπεύει το 90% των καροτινοειδών (Βασιλακάκης Μ., 2006)

πράσινο και μπλε- και όλα τα χρώματα που αντιλαμβάνεται είναι συνδυασμοί αυτών (Abbott, 1999).

Το χρωματικό μοντέλο CIE Lab ή L^* , a^* , b^* παρουσιάστηκε από την CIE το 1976. Πρόκειται για ένα ομοιόμορφο οπτικά χρωματικό χώρο (*uniform color space*) ο οποίος προσεγγίζει καλύτερα από όλα τα χρωματικά συστήματα ή μοντέλα την ανθρώπινη αντίληψη των χρωματικών διαφορών (Abbott, 1999). Το κάθε χρώμα περιγράφεται από 3 συντεταγμένες ή χρωματικούς παράγοντες. Στο CIE Lab χρωματικό μοντέλο οι χρωματικές συντεταγμένες χαρακτηρίζονται ως L^* , a^* και b^* και απεικονίζονται σε τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων (Σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.2 : Χρωματικός χώρος CIE $L^*a^*b^*$.

(Πηγή: Minolta, 1994).

Ο παράγοντας L^* (Lightness) παρέχει πληροφορία για τη φωτεινότητα του αντικειμένου παίρνοντας τιμές από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό) ενώ οι παράγοντες a^* και b^* παρέχουν την πληροφορία για το χρώμα χωρίς να υπάρχουν για αυτούς κάποια αριθμητικά όρια. Θετικές τιμές του a^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κόκκινου ενώ αρνητικές τιμές, αποχρώσεις του πράσινου. Αντίστοιχα θετικές τιμές του b^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κίτρινου και αρνητικές, αποχρώσεις του μπλε (Abbott, 1999; Papadakis and Yam, 2000; Yam and Papadakis, 2004). Η ολική μεταβολή χρώματος (ΔE^*) μεταξύ των δύο τυχαίων σημείων στο τρισδιάστατο αυτό

καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, είναι δυνατόν να καθοριστεί μέσω μετρήσεων των επιμέρους L^* , a^* και b^* και υπολογισμού αυτών μέσω της ακόλουθης σχέσης:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2},$$

όπου ΔL^* , Δa^* και Δb^* αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένες αποκλίσεις των δύο σημείων σε σχέση πάντοτε με το πρότυπο αναφοράς (Hunter and Harold, 1987; Shewfelt, 1993; Hutchings, 1994).

1.2.7 Υφή - Σκληρότητα

Ένα βασικό ποιοτικό χαρακτηριστικό των φρούτων και λαχανικών αποτελεί η υφή. Αν και ο όρος χρησιμοποιείται ευρέως, η υφή δεν είναι ένα μονοσήμαντο, καθορισμένο με σαφήνεια χαρακτηριστικό. Είναι ένας γενικότερος όρος που συμπεριλαμβάνει τις δομικές, οργανοληπτικές (εμφάνιση, γεύση και υφή) και μηχανικές ιδιότητες ενός τροφίμου (Abbott and Harker, 2004), μπορεί να εκφραστεί με διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες, ενώ μπορεί επίσης και να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο ωριμότητας και ποιότητας από τον καταναλωτή (Barett et al., 1998). Πολλές φορές η έννοια της υφής περιλαμβάνει μηχανικές ιδιότητες που ενδιαφέρουν όχι από καταναλωτικής άποψης αλλά από εμπορικής, όπως π.χ. η ανθεκτικότητα των προϊόντων στις μηχανικές καταπονήσεις³ (Knee, 2002; Abbott and Harker, 2004).

Ο Bourne το 1982 προσδιόρισε την υφή σαν ένα σύνολο φυσικών χαρακτηριστικών που α) προκύπτουν από τη δομή του τροφίμου, β) γίνονται αντιληπτά με την αφή, γ) σχετίζονται με την παραμόρφωση και διάλυση του τροφίμου κατά την εφαρμογή δύναμης και δ) που μετρούνται αντικειμενικά μέσω σχέσεων που περιλαμβάνουν παραμέτρους μάζας, χρόνου και απόστασης.

Η μεταβολή της υφής μπορεί να εκτιμηθεί με αντικειμενικές μετρήσεις (objective evaluations) ή με οργανοληπτικούς ελέγχους (sensory evaluations) από ειδική επιτροπή κριτών⁴ – δοκιμαστών (sensory panels). Για την πρόβλεψη της αντίδρασης του καταναλωτή στην υφή μέσω αντικειμενικών ελέγχων, ο συνδυασμός αντικειμενικών και οργανοληπτικών αποτελεσμάτων είναι απαραίτητος (Bourne,

³ο Bourne (1982) τόνισε ότι οι μελέτες υφής θεωρούνται περισσότερο σαν μια μελέτη της αστοχίας παρά της αντοχής ενός τροφίμου.

⁴η πιο ολοκληρωμένη οργανοληπτική μέτρηση υφής είναι το προφίλ υφής ή «texture profile technique» που εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στο General Foods (Brandt et al., 1963; Szczesniak et al., 1963; Civille & Szczesniak, 1973) και θα σχολιασθεί παρακάτω.

1979). Ωστόσο λόγω της πολυπλοκότητας που παρουσιάζει η υφή (ποικιλομορφία ιστών, χαρακτηριστικών που απαιτούνται για να περιγραφούν οι ιδιότητές της, αλλαγών που υφίστανται τα χαρακτηριστικά αυτά καθώς το προϊόν ωριμάζει και γηράσκει) οι αντικειμενικές μετρήσεις (objective - instrumental evaluations) προτιμώνται έναντι των οργανοληπτικών: είναι φθηνότερες και λιγότερο χρονοβόρες μέθοδοι, μειώνουν την απόκλιση στις μετρήσεις λόγω του ανθρώπινου παράγοντα και παρέχουν ακριβείς τιμές. Κυρίως όμως εξασφαλίζουν αντικειμενικές εκτιμήσεις και παρέχουν μια κοινή γλώσσα τόσο στους ερευνητές όσο και στους καταναλωτές (Abbott and Harker, 2004).

Οι συνεχείς μεταβολές- είτε φυσιολογικές είτε λόγω επεξεργασίας (π.χ. πάγωμα)- στα ζωντανά κύτταρα καθιστούν δύσκολη την εκτίμηση της υφής των φυτικών ιστών και είναι εξαρτημένες από το χρόνο (Rosenthal, 1999). Στον Πίνακα 1.13 παρουσιάζονται συνοπτικά οι παράγοντες που επηρεάζουν τις ιδιότητες της υφής των καρπών.

Ορισμένοι από τους πολλούς όρους που συναντώνται στη βιβλιογραφία για να χαρακτηρίσουν την υφή των νωπών προϊόντων είναι οι: σκληρό (hard, tough), συνεκτικό (firm), μαλακό (soft), τραγανό (crisp), αλευρώδες (mealy), εύτηκτο (melting), ξηρό (dry), χυμώδες (juicy) κ.α. Για τη μέτρηση καθενός από τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά δεν υπάρχει κάποια ευρέως αποδεκτή μέθοδος μέτρησης με επιστημονικά όργανα (Abbott and Harker, 2006). Στην πραγματικότητα, υπάρχει έντονη διαφωνία μεταξύ οργανοληπτικών και μηχανικών όρων, που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των παραπάνω χαρακτηριστικών, ιδιαίτερα δε για τη συνεκτικότητα (firmness).

Πίνακας 1.13 : Παράγοντες που επηρεάζουν τις ιδιότητες της υφής

Ανατομία φυτικού ιστού	χημική σύσταση κυτταρικού τοιχώματος	αριθμός & κατανομή κυττάρων & μεσοκυττάρων χώρων	πίεση σπαργής	Ένζυμα ¹	Σχήμα & μέγεθος κυττάρων ²	Διάταξη κυττάρων, επιδερμίδας & ζελατινώδους ουσίας
Καλλιεργητικοί & μετασυλλεκτικοί παράγοντες	ποικιλία	στάδιο εμπορικής/φυσιολογικής ωριμότητας στη συγκομιδή	Καλλιεργητικές τεχνικές ³	προσυλλεκτικοί παράγοντες στρες ⁴	Μετασυλλεκτικοί παράγοντες στρες ⁴	
¹ η δραστηριότητα ενζύμων (π.χ. πολυγαλακτουρονάση) οδηγεί σε χαλάρωση των ιστών						
² μεγαλύτερα κύτταρα τείνουν να έχουν μεγαλύτερη παραμόρφωση των κυτταρικών τους τοιχωμάτων άρα καθίστανται πιο εύθραυστα όταν εφαρμόζονται μεγάλα φορτία						
³ χρήσεις και τύπος λιπασμάτων, εφαρμογή ορμονών, άρδευση, βαθμός έκθεσης στο ηλιακό φως κ.α.						
⁴ χαμηλή υγρασία, πάγωμα κ.α.						

(Πηγή: Barrett *et al.*, 1998)

1.2.7.1 Μεταβολή της υφής των οπωρολαχανικών κατά την ωρίμαση

Το γεγονός ότι τα φρούτα και τα λαχανικά είναι σχετικά μαλακά, οφείλεται κυρίως στην παρουσία *παρεγχυματικών κυττάρων* τα οποία δεν είναι λιγνιτοποιημένα, και τα αρχικά τους *κυτταρικά τοιχώματα* αποτελούνται από κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, και πηκτίνη. Αυτό το μίγμα πηκτινών, ημικυτταρινών και ινωδών πολυσακχαριτών (κυτταρινών) στο κυτταρικό τοίχωμα, προσδίδει σε αυτό δύο πολύ σημαντικές αλλά φαινομενικά ασυμβίβαστες ιδιότητες: πλαστικότητα (επιτρέπει στο κυτταρικό τοίχωμα να επεκτείνεται όσο το κύτταρο αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του φυτού), αλλά στη συνέχεια και ακαμψία (η οποία παρέχει αντοχή και εξασφαλίζει το τελικό σχήμα των κυττάρων). Η μηχανική στήριξη του κυττάρου ωστόσο είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης τόσο της ακαμψίας όσο και της εσωτερικής υδροστατικής πίεσης (σπαργή) του κυττάρου. Τέλος η θέση και ο τρόπος διάταξης των παρεγχυματικών κυττάρων στο φυτικό ιστό είναι ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τη μηχανική αντοχή του φυτικού ιστού (Abbott and Harker, 2006).

Κατά τη διάρκεια της ωρίμασης ή γήρανσης μερικών φυτικών μερών, τα κυτταρικά τοιχώματα λιγνιτοποιούνται. Η λιγνιτοποίηση συνεπάγεται σκλήρυνση του προϊόντος (π.χ. σπαράγγι, μπρόκολο, ανανάς). Κατά τη διάρκεια της ωρίμασης των καρπών το κυτταρικό τοίχωμα αποικοδομείται καθώς η πρωτοπηκτίνη διαλυτοποιείται σε πηκτίνη και σημειώνονται απώλειες ουδέτερων σακχάρων όπως γαλακτόζης και αραβινόζης, με συνέπεια τη χαλάρωση των φυτικών ιστών (μαλάκωμα των φρούτων). Παράλληλα ενεργούν ένζυμα όπως η πολυγαλακτουρονάση και η πηκτινομεθυλεστεράση, τα οποία συμβάλουν στη χαλάρωση των ιστών (Barrett *et al.*, 1998; Abbott and Harker, 2006).

Τα φυτικά κύτταρα τείνουν να διατηρήσουν μια μικρή θετική πίεση, γνωστή ως *πίεση σπαργής*. Αυτή η πίεση αναπτύσσεται όταν η συγκέντρωση των διαλυτών ουσιών μέσα στο κύτταρο είναι υψηλότερη από αυτή στο εξωτερικό περιβάλλον του κυττάρου. Η διαφορά στη συγκέντρωση του διαλύματος εντός και εκτός της κυτταρικής μεμβράνης αναγκάζει το νερό να εισέλθει στο κύτταρο με τη διαδικασία της όσμωσης. Αυτή η κίνηση του νερού παρεμποδίζεται φυσικά από το κυτταρικό τοίχωμα (ιδιότητα ακαμψίας) και ως συνέπεια αυτού, αναπτύσσεται η πίεση σπαργής μέσα στο κύτταρο η οποία επιδρά στο κυτταρικό τοίχωμα δημιουργώντας συνθήκες στρες. Οι συνέπειες αυτού του στρες εξαρτώνται από το αν τα φορτία που εφαρμόζονται στον φυτικό ιστό είναι δυνάμεις θλίψης ή εφελκυσμού. Όταν οι ιστοί υποβάλλονται σε φορτία θλίψης (συμπίεση), υψηλότερη πίεση σπαργής τείνει να

καταστήσει το κύτταρο εύθραυστο, δηλ. το κύτταρο διαρρηγνύεται σε μικρά εφαρμοζόμενα φορτία (Lin και Pitt, 1986). Όταν οι ιστοί υποβάλλονται σε δυνάμεις εφελκυσμού, η σπαργή τείνει να διατηρήσει τη σταθερότητα (συνοχή) του κυτταρικού τοιχώματος, συνεπώς απαιτείται μεγαλύτερη δύναμη για τη ρήξη του κυττάρου (De Belie *et al.*, 2000).

Τέλος η συνοχή του κυτταρικού τοιχώματος (συνεκτικότητα και συνέχεια μεταξύ των γειτονικών κυττάρων) καθορίζει εάν η μηχανική καταστροφή του φυτικού ιστού θα περιλαμβάνει τη γενική ρήξη των κυττάρων ή την αποσύνδεση κύτταρο - κύτταρο. Η ρήξη των κυττάρων συνδέεται γενικά με τραγανά και συχνά χυμώδη προϊόντα, καθώς επίσης και με ανώριμα (εμπορικά) νωπά φρούτα και λαχανικά. Η αποσύνδεση κύτταρο-κύτταρο συνδέεται συνήθως με ξηρά, αλευρώδους υφής (π.χ. μήλα), ζημιωμένα από ασθένειες ψύχους προϊόντα (π.χ. πυρηνόκαρπα και τομάτες) και με απώλεια χυμού (π.χ. εσπεριδοειδή) (Harker *et al.*, 1997). Αξιοσημείωτο είναι ότι στα νωπά προϊόντα, η ρήξη του επιδερμικού ιστού μπορεί να συμβεί χωρίς να σημειωθεί ρήξη του κυτταρικού τοιχώματος ή αποσύνδεση των κυττάρων. Σε πολλούς ιστούς, ο χυμός εξέρχεται λόγω των δυνάμεων συμπίεσης οι οποίες προκαλούν «χαλάρωση των κυττάρων» ή «εξόσμωση» (cell relaxation ή exosmosis) (Jackman και Stanley, 1995).

Όργανα και μέθοδοι μέτρησης της υφής

Η οργανοληπτική εκτίμηση της υφής ενός προϊόντος γίνεται με πολυάριθμους τρόπους: από την οπτική του εμφάνιση, από την αίσθηση που δημιουργείται με την αφή και τον τεμαχισμό του, από τον ήχο που αναπτύσσεται κατά το δάγκωμα και τη μάσησή του κ.α. Ο Szczesniak (1963) πρότεινε ένα προφίλ υφής (texture profile), βασισμένο σε μηχανικά, γεωμετρικά και άλλα χαρακτηριστικά. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά περιλάμβαναν βασικές παραμέτρους [σκληρότητα (hardness), συνεκτικότητα (cohesiveness), ιξώδες (viscosity), ελαστικότητα (elasticity), και συνοχή (adhesiveness)] και δευτερεύουσες παραμέτρους [ευθρυπτότητα (brittleness or fracturability), ικανότητα μάσησης (chewiness), και (gumminess)] (Abbott and Harker, 2006).

Παράλληλα αναπτύχθηκαν πολλές μελέτες αξιολόγησης μεθόδων μέτρησης της υφής των φρούτων με επιστημονικά όργανα (Chen and Sun, 1991; Abbott *et al.*, 1997; Harker *et al.*, 1997). Οι περισσότερες από αυτές τις μεθόδους έχουν αναπτυχθεί εμπειρικά παρέχουν όμως ικανοποιητικές εκτιμήσεις της ποιότητας των προϊόντων.

Τα φρούτα και τα λαχανικά παρουσιάζουν ιξωδοελαστική συμπεριφορά υπό την επίδραση μηχανικών φορτίων. Υπάρχουν πολλοί τύποι μηχανικών φορτίων και κατ' αντιστοιχία μέθοδοι (καταστρεπτικές και μη) μέτρησης της υφής και τέσσερις βασικές μηχανικές ιδιότητες οι τιμές των οποίων μπορούν να εκτιμηθούν από τη μελέτη της προκύπτουσας καμπύλης μεταβολής. Ο Πίνακας 2.2 παρουσιάζει τις δύο βασικότερες μεθόδους και τις ιδιότητες που μας ενδιαφέρουν στην παρούσα μελέτη.

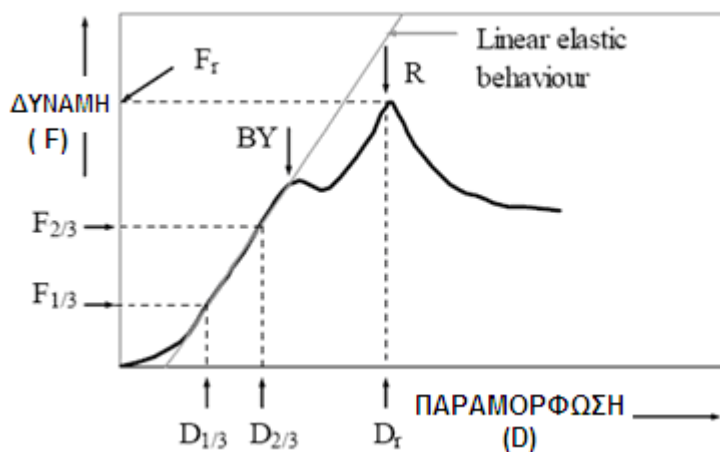
Πίνακας 1.14: Μερικές μέθοδοι μετρήσεις της υφής και οι αντίστοιχες μηχανικές ιδιότητές τους

ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΦΗΣ	ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			
	Μέγιστη Δύναμη (bioyield force)*	παραμόρφωση (deformation**)	κλίση*** (slope)	εμβαδό (energy)
διάτρηση (puncture)	x	x		
συμπίεση (compression)	x	x		
* ή φορτίο (load)				
** ή displacement ή penetration				
*** λόγος δύναμης/ παραμόρφωση ή λόγος δύναμης / χρόνο διεργασίας				
**** εμβαδό κάτω από την καμπύλη δύναμης/παραμόρφωσης (energy)				

(Πηγή: Barrett et al., 1998; Bartz and Brecht, 2003; Abbott and Harker, 2006).

Η δύναμη (force) και η παραμόρφωση (deformation) χρησιμοποιούνται συχνότερα, με την προϋπόθεση ότι η περιοχή επαφής με το δείγμα και η απόσταση που διανύει το έμβολο είναι σταθερές και οι διαστάσεις των δειγμάτων παρόμοιες. Σε πολλές δοκιμές εκτίμησης της υφής των φυτικών ιστών, η παραμόρφωση είναι καθορισμένη και σταθερή ενώ η τιμή της δύναμης μεταβάλλεται (Barrett *et al.*, 1998; Abbott and Harker, 2006).

Η σκληρότητα των νωπών αγροτικών προϊόντων μπορεί να μετρηθεί σε διαφορετικά επίπεδα δύναμης ή παραμόρφωσης και στις τρεις περιοχές -ελαστική περιοχή (elastic area), όριο διαρροής (bioyield point) και σημείο ρήξης (rupture point)- που παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.3, ανάλογα με το σκοπό της μέτρησης και τους ορισμούς των ποιοτικών χαρακτηριστικών.



Σχήμα 1.3: Χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής δύναμης/παραμόρφωσης (F/D) τομάτας που συμπιέζεται υπό σταθερή ταχύτητα. elastic area: ελαστική περιοχή, BY: όριο διαρροής (bioyield point), R: σημείο ρήξης (rupture point) ή μαζική αστοχία του ιστού F_r : δύναμη ρήξης, D_r : παραμόρφωση κατά τη ρήξη, $F_{1/3}$ και $F_{2/3}$: δύναμη στο 1/3 και 2/3 της F_r , $D_{1/3}$ και $D_{2/3}$: παραμόρφωση που αντιστοιχεί στις $F_{1/3}$ και $F_{2/3}$. (Πηγή: Mohsenin, 1986).

Τα μετρούμενα χαρακτηριστικά πέρα από την ελαστική περιοχή της καμπύλης, μπορεί συχνά να είναι σημαντικότερα από εκείνα σε αυτή, επειδή αντιπροσωπεύουν χαρακτηριστικά ή βλάβες που παρατηρούνται στους φυτικούς ιστούς κατά τους μηχανικούς τραυματισμούς ή την κατανάλωσή τους. Οποιαδήποτε μη καταστρεπτική μέθοδος πρέπει να περιορίζει τη δύναμη ή το επίπεδο παραμόρφωσης στην ελαστική περιοχή ώστε να προκαλείται αμελητέα ζημιά του φυτικού ιστού κατά τη διάρκεια της μέτρησης (Abbott and Harker, 2006).

Συμπίεση (Compression)

Οι δοκιμές συμπίεσης χρησιμοποιούνται ευρέως στην έρευνα για νωπά αγροτικά προϊόντα και μπορούν να γίνουν σε δείγματα ιστού ή ολόκληρα προϊόντα ποικίλης γεωμετρίας ως προς την επιφάνεια επαφής. Αν και τα φρούτα και τα λαχανικά είναι ιξωδοελαστικά υλικά, προσεγγίζονται συχνά ως ελαστικά (Mohsenin, 1986). Έτσι μετριέται γενικά στην πράξη η δύναμη που απαιτείται για να επιτευχθεί συγκεκριμένη παραμόρφωση (deformation) ή ρήξη (rupture/ break) του προϊόντος.

Αρκετά συνηθισμένες είναι οι δοκιμές συμπίεσης στις οποίες χρησιμοποιούνται δοκίμια ιστού, συνήθως κυλινδρικά, τα οποία εξάγονται από

επιφανειακά τμήματα φρούτων ή λαχανικών. Η μηχανική συμπίεση ολόκληρων προϊόντων περιλαμβάνει την επαφή με μικρά επίπεδα ή κυρτά probes ή με παράλληλες πλάκες μεγαλύτερου μεγέθους από την επιφάνεια επαφής του προϊόντος. Αν και οι ελαστικές ιδιότητες μπορούν να προσδιοριστούν και με μη καταστρεπτικές μεθόδους, οι μετρήσεις στους ποιοτικούς ελέγχους τροφίμων γίνονται συχνά πέρα από την ελαστική περιοχή (Barrett *et al.*, 1998; Wann, 1996). Εξάλλου τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή δυνάμεων ρήξης, παρέχουν συνήθως την καλύτερη συσχέτιση με τα αποτελέσματα των οργανοληπτικών μετρήσεων της υφής (Chen and Sun, 1991; Abbott *et al.*, 1997; Hung *et al.*, 2001).

1.2.7.2 Μη καταστροφική συμπίεση (Non destructive deformation)

Οι περισσότερες μέθοδοι δύναμη/ παραμόρφωση είναι καταστροφικές, όπως και η μάζηση. Παρόλα αυτά όμως οι καταστροφικές μέθοδοι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την ταξινόμηση φρούτων και λαχανικών με σκοπό την επικείμενη διάθεση αυτών στην αγορά. Για το λόγο αυτό οι ερευνητές προχώρησαν στη μελέτη και δημιουργία *μη καταστροφικών μεθόδων* περιγραφής των μηχανικών ιδιοτήτων της υφής φρούτων και λαχανικών (Chen and Sun, 1991; Abbott *et al.*, 1997; Hung *et al.*, 2001).

Έννοια της παραμόρφωσης

Η παραμόρφωση είναι η μεταβολή στο ύψος ή στη διάμετρο του καρπού λόγω εφαρμογής σταθερής δύναμης. Η δύναμη αυτή πρέπει να είναι μικρότερη από την ελάχιστη δύναμη στην οποία εμφανίζεται η αστοχία της επιδερμίδας ή άλλη μη αναστρέψιμη βλάβη του καρπού (Bourne, 2002). Συνήθως η ιδιότητα αυτή μετράται οργανοληπτικά πιέζοντας την επιδερμίδα του καρπού με το χέρι. Ενώ έχει επικρατήσει η παραμόρφωση να θεωρείται μέθοδος προσδιορισμού της “σκληρότητας” ενός προϊόντος, προτιμάται να θεωρείται σαν μέθοδος προσδιορισμού της “μαλακότητας” αυτού. Γιατί το σκληρό προϊόν δίνει χαμηλότερες τιμές σε σχέση με το μαλακό προϊόν.

Ωστόσο οι Jackman και Stanley (Jackman and Stanley, 1995) ανέφεραν ότι παρόλο ότι οι δυνάμεις που εφαρμόζονται είναι μικρές, ο όρος των *μη καταστροφικών μεθόδων* περιγραφής των μηχανικών ιδιοτήτων είναι παραπλανητικός. Κι αυτό γιατί καμία εφαρμογή δύναμης ή παραμόρφωσης κάποιας χρονικής διάρκειας σε φυτικό ιστό δεν είναι πραγματικά μη καταστροφική. Στην πραγματικότητα μετά το πέρας της

συμπίεσης ο ιστός έχει υποστεί ζημιές λόγω εσωτερικών τριβών και μη αναστρέψιμων δομικών αλλαγών (Peleg, 1980).

Παρ'όλ'αυτά μελέτες αξιολόγησης μεθόδων μέτρησης της υφής των φρούτων με επιστημονικά όργανα, όπως το Flat Plate Compression (Jackman, 1995) θεωρούνται μη καταστροφικές και προσφέρουν, αν χρησιμοποιηθούν προσεκτικά, χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τη δομή και το περιεχόμενο των ιστών ενώ διευκολύνουν την κατανόηση του/ των μηχανισμών που ευθύνονται για την αστοχία των ιστών. Επιπλέον τα μη καταστροφικά τεστ έχουν χρησιμοποιηθεί σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο ίδιο προϊόν χωρίς (θεωρητικά) να επακολουθεί κάποια μεταβολή στον χαρακτήρα των ιστών.

Διείσδυση (Puncture)

Η μέθοδος της διείσδυσης είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος εκτίμησης των μηχανικών ιδιοτήτων της υφής. Με τα τεστ διείσδυσης εκτιμάται η εφαρμοζόμενη δύναμη και/ή παραμόρφωση που απαιτείται ώστε να εισέλθει το έμβολο (probe or punch) στο προϊόν σε συγκεκριμένο βάθος προκαλώντας μη αναστρέψιμη βλάβη (Jackman, 1995; Bourne M.C., 2002).

Τα τεστ διάτρησης βασίζονται στο πρότυπο μοντέλο των Magness-Taylor, και ονομάζονται επίσης USDA ή Ballauff τεστ (Magness and Taylor, 1925; Haller, 1941) και πιο σωστά ονομάζονται τεστ σκληρότητας των φρούτων Magness-Taylor (Magness-Taylor fruit firmness tester). Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της σκληρότητας πολλών φρούτων και λαχανικών, την εκτίμηση της εμπορικής ωριμότητας ή της σκληρότητας μετασυλλεκτικά. Υπάρχουν πολλές παραλλαγές του μοντέλου Magness-Taylor (MT) που διαφέρουν από αυτό σε μέγεθος, σχήμα, και λειτουργία (χειροκίνητη ή μηχανική). Ωστόσο ο όρος “Magness-Taylor firmness” χρησιμοποιείται γενικά για όλες τις μετρήσεις των παραλλαγών MT. Όλα τα όργανα χρησιμοποιούν έμβολα με παραβολικές κεφαλές συγκεκριμένης γεωμετρίας και μετρούν τη μέγιστη δύναμη που απαιτείται για τη διείσδυση του εμβόλου 7.94 mm (5/16 in) στη σάρκα (Haller, 1941). Επιπλέον έμβολα συγκεκριμένης διαμέτρου μπορούν εύκολα να προσαρμοσθούν σε εργαστηριακής κλίμακας όργανα (Maturimeter, Instron και Texture Analyzer TA-XT2) (Bourne, 1980). Στα όργανα Instron και Texture Analyzer TA-XT2 η ταχύτητα της διαδρομής του εμβόλου είναι σταθερή και ρυθμιζόμενη.

Ομάδα ερευνητών πρότεινε ότι το έμβολο του οργάνου που χρησιμοποιείται για την μέτρηση υφής με τη μέθοδο της διείσδυσης, θα πρέπει να φτάνει σε βάθος σάρκας 8 mm με ταχύτητες 50 - 250 mm min⁻¹ (Smith, 1985).

Στον Πίνακα 1.15 παρουσιάζονται συνοπτικά τα πλεονεκτήματα εκτίμησης της υφής με τη μέθοδο της διάτρησης.

Πίνακας 1.15 : Πλεονεκτήματα μεθόδου διάτρησης

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟΥ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ	
(1)	Διαδικασία απλή, γρήγορη & χρησιμοποιείται (σχεδόν) παντού
(2)	Όργανο μέτρησης χειροκίνητο ή μηχανοκίνητο
(3)	Κατάλληλη για κάθε προϊόν ανεξαρτήτως μεγέθους, τύπου, σχήματος, δομής
(4)	Γρήγορη ανταπόκριση, ανεξαρτήτως αν το δείγμα αποτελείται από ανομοιομορφο πληθυσμό

(Πηγή: Bourne, 2002).

Στην πραγματικότητα η σκληρότητα με τον τρόπο που μετρείται με τη μέθοδο της διάτρησης, είναι ένας συνδυασμός διάτμησης και συμπίεσης (Bourne, 1982). Η παραμόρφωση του καρπού λόγω του φορτίου ξεκινά κατά το στάδιο εκείνο του τεστ, όπου η κεφαλή του εμβόλου πιέζει την επιφάνεια του καρπού. Κατά το στάδιο αυτό δεν λαμβάνει χώρα καμία διάτρηση. Η φάση αυτή λαμβάνει τέλος όταν το έμβολο εισέρχεται στη σάρκα του καρπού και προκαλεί ανεπανόρθωτη βλάβη (υπέρβαση ορίου διαρροής). Το σημείο διαρροής παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στα τεστ διάτρησης. Οι Mohsenin *et al.* (1963) παρατήρησαν ότι αυτό είναι το σημείο που ξεκινάει η σύνθλιψη και ο μωλωπισμός στα φρούτα. Επιπλέον καθώς το έμβολο έχει εισέλθει στη σάρκα του καρπού, η κατεύθυνση της δύναμης αλλάζει. Κατά τη διάρκεια της διάτρησης οι Jackman και Stanley (1992) παρατήρησαν ότι η επίδραση του τεστ διάτρησης πάνω στο περικάρπιο των τοματών αυξήθηκε σε σημαντικό βαθμό καθώς οι τομάτες μετέβησαν από το ‘mature-green’ στάδιο ωριμότητας στο ‘red ripe’.

1.2.8 Ολικά διαλυτά στερεά συστατικά και οξύτητα

Ο όρος ποιότητα συνιστά το βαθμό καταλληλότητας και υπεροχής κάποιου προϊόντος για κάποια συγκεκριμένη χρήση. Ο όρος αυτός είναι μια ανθρώπινη επινόηση και περιλαμβάνει όχι μόνο τα χαρακτηριστικά που ήδη αναφέρθηκαν (χρώμα, μέγεθος, σχήμα και υφή - σκληρότητα) αλλά και τη γεύση. Μετρήσεις περιεχόμενης οξύτητας και ολικών διαλυτών στερεών συστατικών, χρησιμοποιούνται ευρέως για τον εντοπισμό καρπών τομάτας με την επιθυμητή γλυκιά και ξινή γεύση (Baldwin *et al.*, 1998). Η περιεκτικότητα σε σάκχαρα, οργανικά οξέα και πτητικές ενώσεις, συμβάλουν σημαντικά στον καθορισμό των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των φρούτων και λαχανικών (Azodanlou *et al.*, 2003).

Τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά περιλαμβάνουν σάκχαρα, οξέα, άλατα, μέταλλα και πρωτεΐνες. Λόγω του ότι τα σάκχαρα αποτελούν το κύριο συστατικό των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών, μπορεί να θεωρηθεί ότι υψηλά επίπεδα αυτών συνεπάγεται υψηλή συγκέντρωση περιεχόμενων σακχάρων (ουσιαστικά αυξημένη γλυκύτητα) στο προϊόν. Υψηλή περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά υποδηλώνει ταυτόχρονα και υψηλά επίπεδα αναπνευστικών υποστρωμάτων (επομένως επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής) και περιεχόμενης ξηράς ουσίας (σημαντικό για τομάτες που προορίζονται για ξήρανση) (Acedo and Thanh, 2006a). Τα περιεχόμενα σάκχαρα των τοματών περιλαμβάνουν κυρίως τη γλυκόζη και τη φρουκτόζη.

Τα μη πτητικά οργανικά οξέα είναι μεταξύ των κύριων συστατικών που υφίστανται μεταβολές κατά την ωρίμαση των φρούτων. Τα κυριότερα οξέα που έχουν προσδιορισθεί στο μάνγκο είναι το κιτρικό, το μηλικό και το ασκορβικό (Modi and Reddy, 1967). Στην τομάτα το κιτρικό και μηλικό οξύ αντιπροσωπεύουν το 60% των συνολικών οξέων και η αναλογία μηλικό/ κιτρικό μειώνεται κατά τη διάρκεια της ωρίμασης (Βασιλακάκης, 2006).

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών πολλές έρευνες έχουν διεξαχθεί για την ενίσχυση των περιεχόμενων σακχάρων και οξέων των νωπών προϊόντων, παρεμβαίνοντας έτσι στη γεύση τους (γλυκιά - ξινή) και καθιστώντας την πιο ευχάριστη ανάλογα με τις προτιμήσεις του καταναλωτικού κοινού (Azodanlou *et al.*, 2003).

1.2.9 Μετασυλλεκτικές Ασθένειες

1.2.9.1 Φυσιολογικές Ασθένειες

Οι ασθένειες ψύχους και παγώματος (chilling and freezing injury) είναι από τις κυριότερες φυσιολογικές ασθένειες (ανάλογα με τη σύνθεση της ατμόσφαιρας). Το πάγωμα συμβαίνει όταν οι καρποί εκτεθούν σε θερμοκρασίες μικρότερες του σημείου πήξης του κυτταρικού χυμού (αχλάδι: - 1.5 °C, αγγούρι: -0.5 °C), ενώ οι ασθένειες ψύχους όταν οι καρποί εκτίθενται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από την *κρίσιμη ή οριακή θερμοκρασία* (οριακή ή κρίσιμη θερμοκρασία καλείται η θερμοκρασία κάτω από την οποία όταν εκτεθούν τα φυτικά όργανα εμφανίζονται ασθένειες ψύχους). Στην τομάτα η *κρίσιμη θερμοκρασία* κυμαίνεται μεταξύ των 8-12 °C. Στα συμπτώματα ασθενειών ψύχους, τα οποία εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της συντήρησης ή μετά την έξοδο των καρπών από τους ψυκτικούς θαλάμους, περιλαμβάνονται οι κηλιδώσεις (pitting), οι δευτερογενείς προσβολές από *Alternaria* και η ανομοιόμορφη ωρίμαση. Τα συμπτώματα από τις ασθένειες του παγώματος περιλαμβάνουν υαλώδη εμφάνιση των καρπών, μαλάκωμα της σάρκας και αφυδατωμένη εμφάνιση της ζελατινώδους ουσίας (Μανωλοπούλου, 2006a; Thanh, 2006).

1.2.9.2 Παθολογικές Ασθένειες

Οι παθολογικές ασθένειες αναπτύσσονται συνήθως κατά την ωρίμαση των καρπών και εντοπίζονται συνήθως σε πληγές, σε μωλωπισμένους ιστούς και άλλα προσβεβλημένα ή καταπονημένα μέρη των καρπών. Υγιείς τομάτες μπορεί να επιμολυνθούν από τα παθογόνα των προσβεβλημένων καρπών, μέσω του ακάθαρτου εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για τη μηχανική συγκομιδή και μεταφορά των καρπών, καθώς και από την έλλειψη απολύμανσης του νερού που χρησιμοποιείται για τους διάφορους χειρισμούς κατά τη διαλογή και συσκευασία. Οι πληθυσμοί των παθογόνων μπορούν να ελεγχθούν ικανοποιητικά με την τήρηση ενός προγράμματος υγιεινής κατά τη διάρκεια των μετασυλλεκτικών χειρισμών.

Οι παθολογικές προσβολές αποτελούν μια σημαντική αιτία μετασυλλεκτικών απωλειών. Συνήθως οι αλλοιώσεις ή επιφανειακές μολύνσεις στους καρπούς της τομάτας, προέρχονται από παθογόνους μύκητες του γένους *Alternaria* (Black Mold Rot), *Botrytis* (Gray Mold Rot), *Geotrichum* (Sour Rot), *Rhizopus* (Hairy Rot) *Fusarium spp.* (Fusarium rot), *Phytophthora spp* (Phytophthora rot) κ.α. (Acedo and Thanh, 2006b; Jones *et al.*, 1991).

Η βακτηριακή προσβολή "Soft Rot" που προκαλείται από το μύκητα *Erwinia spp.* μπορεί να αποτελέσει σοβαρό πρόβλημα εάν δεν τηρούνται κανόνες υγιεινής κατά τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. Χειρισμοί όπως έκθεση των καρπών σε θερμό αέρα ή εμβάπτισή τους σε ζεστό νερό (στους 55 °C για 0.5 – 1.0 min) είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί στην πρόληψη της επιφανειακής μούχλας. Άλλες βακτηριακές προσβολές περιλαμβάνουν αλλοιώσεις από βακτήρια του γένους *Bacillus spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Xanthomonas* και *Lactobacillus spp.*.

1.3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

1.3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Μετά το 1920 ξεκίνησε η ιδέα της βιολογικής γεωργίας σαν αντίδραση των γεωργικών επιστημόνων και καλλιεργητών στην βιομηχανοποιημένη γεωργία. Η βιολογική καλλιέργεια (Organic farming (OF)) αποτελεί ένα σύστημα καλλιέργειας που χρησιμοποιεί φιλικές προς το περιβάλλον τεχνικές καλλιέργειας και καταπολέμησης ασθενειών και εντόμων (Šrútek and Urban, 2008). Η βιολογική γεωργία αποτελεί μια εναλλακτική λύση στις χημικά εντατικές, συμβατικές μεθόδους καλλιέργειας (Williams and Hammitt, 2000). Το 2005 ο Διεθνής Οργανισμός Βιολογικής Καλλιέργειας (International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM)) έθεσε τέσσερις αρχές με τις οποίες θα πρέπει να συμμορφώνονται οι αρχές και πρακτικές της βιολογικής καλλιέργειας: 1) Υγεία: χλωρίδας, πανίδας, εδάφους και ανθρώπου, 2) Οικολογία, 3) Δικαιοσύνη (σε ό,τι αφορά το κοινό περιβάλλον και τη δυνατότητα για ζωή) και 4) Φροντίδα: προνοητικότητα και υπευθυνότητα ώστε να εξασφαλισθεί και η υγεία και η ευημερία των τωρινών αλλά και των μελλοντικών γενεών (Αnon.2, 2010). Η βιολογική γεωργία σέβεται το οικοσύστημα, αποφεύγοντας τη χρήση αγροχημικών και φυτοφαρμάκων, συμβάλλοντας έτσι στην παραγωγή προϊόντων χωρίς χημικά υπολείμματα. Η ανάπτυξη της βιολογικής γεωργίας επομένως, μπορεί να συνεισφέρει στην βελτίωση της ασφάλειας των τροφίμων (Williams and Hammitt, 2000). Επιπλέον οι επιστήμονες παρατήρησαν, ότι η βιολογική καλλιέργεια συνεισφέρει στη γονιμότητα των εδαφών και στην ποικιλότητα χλωρίδας και πανίδας (Šrútek and Urban, 2008).

Σε κάθε περίπτωση επιβάλλεται η περαιτέρω ανάπτυξη της βιολογικής γεωργίας και της ολοκληρωμένης διαχείρισης των ασθενειών των φυτών, προκειμένου να μειωθεί η χρήση των αγροχημικών. Κατά κανόνα τα φυτοφάρμακα και τα μυκητοκτόνα που χρησιμοποιούνται στη βιολογική καλλιέργεια, είναι εγκεκριμένα και είναι λιγότερο επιβλαβή για το περιβάλλον από αυτά της συμβατικής καλλιέργειας. Ωστόσο, όπως σε κάθε κανόνα, παρουσιάζονται εξαιρέσεις. Οι Κοναχ και άλλοι (1992) ανέφεραν για τις πρακτικές της βιολογικής καλλιέργειας τα εξής: “Εάν ληφθεί υπ’ όψη η τοξικότητα και η ποσότητα των φυτοφαρμάκων και μυκητοκτόνων, που καταναλώνονται στα πλαίσια διαχείρισης των επιβλαβών οργανισμών, τότε είναι δυνατόν οι πρακτικές βιολογικής καλλιέργειας να προκαλούν περισσότερη περιβαλλοντική ζημιά απ’ ό, τι της συμβατικής”.

Πιστοποιημένα προϊόντα βιολογικής καλλιέργειας διακινούνται σε περίπου 120 χώρες στον κόσμο (Šrútek and Urban, 2008). Σύμφωνα με έρευνα 31 εκατομμύρια εκτάρια γης καλλιεργούνται βιολογικά από το λιγότερο 623. 174 φάρμες παγκοσμίως. Παρ' όλ' αυτά είναι βέβαιο ότι σε καμία περίπτωση η βιολογική δεν πρόκειται να αντικαταστήσει τη συμβατική δεν μπορεί ακόμα να ανταποκριθεί πλήρως στην ανάγκη για μαζική και συνεχή παραγωγή αγροτικών προϊόντων ώστε να καλύπτονται οι εκάστοτε ανάγκες (Edwards- Jones and Howells, 2001; Carvalho, 2006). Αποτελεί όμως μία εναλλακτική λύση για την προστασία των αγροοικοσυστημάτων, καθώς και ένα μέσο διατήρησης του αγροτικού πληθυσμού στις ορεινές, νησιωτικές και γενικότερα μειονεκτικές περιοχές (Worthington, 2001).

1.3.2 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ – ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Οι σημαντικότερες διαφορές μεταξύ βιολογικής και συμβατικής γεωργίας εντοπίζονται κυρίως στις πρακτικές λίπανσης και στους χειρισμούς με φυτοφάρμακα για την καταπολέμηση των ασθενειών των φυτών. Τα βιολογικά προϊόντα παράγονται χωρίς τη χρήση ανόργανων λιπασμάτων ή λιπασμάτων που προέρχονται από επεξεργασμένα απόβλητα και δίχως τη χρήση σύνθετων χημικών φυτοφαρμάκων (Gennaro and Quaglia, 2003). Οι διαφορές αυτές, πρέπει λογικά να έχουν ως συνέπεια την παραγωγή αγροτικών προϊόντων διαφορετικής ποιότητας. Η συγκριτική πάντως μελέτη βιολογικής και συμβατικής καλλιέργειας της ίδιας ποικιλίας ή του ίδιου υβριδίου κάτω από τις ίδιες (συγκρίσιμες) συνθήκες δεν είναι εύκολη.

Τα βιολογικά προϊόντα από μελέτες που έχουν γίνει περιέχουν περισσότερες πρωτεΐνες και βιταμίνες και λιγότερα χημικά υπολείμματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε αρκετά λαχανικά (τομάτες, μαρούλι, σπανάκι και λάχανο) βιολογικής καλλιέργειας, παρατηρήθηκε υψηλότερη μέση περιεκτικότητα σε βιταμίνες C και A και αντιοξειδοτικών (Woese et al, 1997; Weibel et al 2000; Heaton 2001; Asami et al 2003; Chassy et al 2006), και για την τομάτα ειδικότερα διαπιστώθηκε υψηλότερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία και ολικά σάκχαρα (Pither and Hall, 1990; Worthington, 2001; Gennaro and Quaglia, 2003; Caris-Veyrat *et al.*, 2004; Winter and Davis, 2006, Hallmann and Rembialkowska, 2007). Επιπλέον τα τρόφιμα βιολογικής καλλιέργειας, περιέχουν ίσα ή μεγαλύτερα ποσά πολυφαινόλων. Στα φρούτα κυρίως παρατηρήθηκε μεγαλύτερη συγκέντρωση πολυφαινόλων στην επιδερμίδα απ' ό, τι στη σάρκα τους (Faller and Fialho, 2010). Επιπλέον, τα

βιολογικά προϊόντα βρέθηκε ότι έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα. Ερευνητικά στοιχεία (Caris-Veyrat *et al.*, 2004; Hallmann and Rembalkowska, 2007) έδειξαν επίσης ότι βιολογικά προϊόντα περιείχαν περισσότερες βιοενεργείς ουσίες όπως φλαβονοειδή και καροτινοειδή.

Σύμφωνα με μελέτη των Kelly and Bateman (2010), διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των καρπών συμβατικής και βιολογικής καλλιέργειας σε ότι αφορά στις συγκεντρώσεις μαγγανίου, ασβεστίου, χαλκού και ψευδαργύρου (υψηλότερα ποσοστά στους καρπούς της βιολογικής καλλιέργειας) σαν αποτέλεσμα αυξημένων ποσοστών του μύκητα mycorrhizal fungi (AMF) στα 'οργανικά εδάφη'. Οι ίδιοι υποστηρίζουν πως τέτοιες διαφορές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σαν «δείκτες αυθεντικότητας» των βιολογικών προϊόντων⁵. Παρατηρήθηκαν ακόμη, χαμηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών (Worthington, 2001) απ' ότι σε αντίστοιχα συμβατικά προϊόντα.

Σχετικά λίγες ερευνητικές μελέτες έχουν γίνει για τη σύγκριση βιολογικών και συμβατικών προϊόντων όσο αφορά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους, αν και δε φαίνεται να υπάρχουν σημαντικές διαφορές (Bourn and Prescott, 2002). Από παλαιότερη μελέτη, είχε προκύψει ότι δεν υπήρχαν διαφορές στην οξύτητα και στα σάκχαρα μεταξύ βιολογικών και συμβατικών τοματών, αλλά οι βιολογικές τομάτες ήταν λιγότερο σκληρές και λιγότερο εύχυμες συγκριτικά με τις συμβατικές (Johansson *et al.*, 1999). Σύμφωνα όμως με πιο πρόσφατες μελέτες διαπιστώθηκε ότι οι οργανικές τομάτες ήταν γενικά πιο εύχυμες, λιγότερο αλευρώδης (Talavera-Bianchi *et al.*, 2010) και μεγαλύτερης συνοχής (Barrett *et al.*, 2007) σε σχέση με τις τομάτες συμβατικής καλλιέργειας. Επιπλέον υπήρξαν ενδείξεις στα βιολογικά προϊόντα, ωστόσο όχι στατιστικά σημαντικές, υψηλότερης οξύτητας (% κιτρικού οξέος), αλλά δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στο pH. Επιπλέον τομάτες οργανικής καλλιέργειας είχαν εντονότερο χαρακτηριστικό άρωμα, αν και οι διαφορές ήταν γενικά μικρές. Όσο αφορά το χρώμα, οι τιμές Hunter b ήταν σημαντικά υψηλότερες σε καρπούς βιολογικής καλλιέργειας (Pieper and Barrett, 2008).

Όσο αφορά τα περιεχόμενα θρεπτικά συστατικά οι διαφορές μεταξύ βιολογικών και συμβατικών προϊόντων είναι μικρές και επηρεάζονται από ανεξέλεγκτους παράγοντες όπως κλιματολογικούς (π.χ. έντονη ηλιοφάνεια, βροχοπτώσεις),

⁵ “ Προτείνουμε την όποια αναλυτική τεχνική ώστε να μπορεί να προστατεύσει τους καταναλωτές από την απάτη και τα δικαιώματα των έντιμων παραγωγών” (Kelly και Bateman , 2010).

εδαφολογικούς (π.χ. λίπανση), τη διαχείριση των προϊόντων μετά τη συγκομιδή (μετασυλλεκτικοί χειρισμοί) κ.λπ. (Gennaro and Quaglia, 2003). Μελετητές (Pieper and Barrett, 2008 ; Barrett et al., 2007) παρατήρησαν ότι οι βιολογικής καλλιέργειας τομάτες περιείχαν περισσότερα διαλυτά και ολικά διαλυτά στερεά (°Brix) σε σχέση με αυτές συμβατικής καλλιέργειας. Επιπλέον παρατηρήθηκε χαμηλότερο ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας σε βιολογικές τομάτες.

Για τα περιεχόμενα ανόργανα στοιχεία δεν υπάρχει κάποια σαφής τάση, αλλά θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι ορισμένα από αυτά, όπως ο φώσφορος, το μαγνήσιο και κάλιο, έχουν βρεθεί σε υψηλότερη περιεκτικότητα σε τομάτες, πατάτες, καρώτα, μαρούλι, σπανάκι και λάχανο βιολογικής καλλιέργειας σε σχέση με τα αντίστοιχα λαχανικά συμβατικής καλλιέργειας. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί με τις διαφορές στην εδαφολογική σύσταση, η οποία έχει επιπτώσεις στο μεταβολισμό των φυτών και στην ανόργανη απορρόφηση από το έδαφος. Επίσης η χαμηλή περιεκτικότητα σε νιτρικά στα φυτά βιολογικής καλλιέργειας σχετίζεται με την αυξημένη περιεκτικότητα των ανόργανων αυτών στοιχείων (Gennaro and Quaglia, 2003).

Ουσιαστικά δεν υπάρχει θρεπτική και ποιοτική 'υπεροχή' όσον αφορά καρπούς είτε συμβατικής είτε βιολογικής καλλιέργειας. Υπεύθυνοι για αυτή την 'υπεροχή' είναι ένα σύνολο παραγόντων, που επηρεάζουν την ποιότητα και θρεπτικότητα των καρπών. Αυτοί είναι: ποικιλία, κλίμα, τύπος εδάφους, καλλιεργητικές πρακτικές, χρήση φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων, ωριμότητα κατά τη συλλογή και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί. Οι κάποιες αποκλίσεις που παρατηρούνται στη βιβλιογραφία, είναι αποτέλεσμα ίσως των διαφορετικών σταδίων φυσιολογικής ωριμότητας των καρπών κατά τη συγκομιδή (Pieper and Barrett, 2008). Για τον καθορισμό της σημαντικότητας της μιας καλλιέργειας έναντι στην άλλη, είναι αναγκαίοι οι παράγοντες αυτοί να είναι ελεγχόμενοι και/ ή να συνυπολογίζονται στο πειραματικό πρόγραμμα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των παραγόμενων βιολογικών λαχανικών είναι σύνθετοι και αλληλένδετοι, επομένως είναι απαραίτητο να γίνουν πρόσθετες μελέτες ώστε να διαπιστωθούν οι πραγματικές αλληλεξαρτήσεις (Hallmann and Rembiałkowska, 2007).

Οι μέθοδοι παραγωγής βιολογικών προϊόντων δεν εγγυώνται εξ' ορισμού ένα προϊόν υψηλότερης ποιότητας. Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι τα βιολογικά προϊόντα είναι σίγουρα αποτέλεσμα ελεγχόμενης παραγωγικής διαδικασίας ως προς τη χρήση

αγροχημικών, αλλά πρωτίστως πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις ποιότητας που ισχύουν για όλα τα τρόφιμα (Worthington, 2001).

ΜΕΡΟΣ 2: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Χαρακτηριστικά όπως το σχήμα, το μέγεθος, το χρώμα, οι εξωτερικές ατέλειες, η υφή, η περιεκτικότητα σε σάκχαρα κ.α. αποτελούν σημαντικά κριτήρια ποιότητας για τη συλλογή και την κατανάλωση ή μη φρούτων και λαχανικών. Πολλά από αυτά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά μεταβάλλονται μετά τη συγκομιδή, καθώς τα νωπά προϊόντα υφίστανται μια σειρά μεταβολικών διαδικασιών, η ένταση των οποίων επηρεάζεται από πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Με τη συντήρηση των νωπών φυτικών αγροτικών προϊόντων σε χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή σχετική υγρασία, επιτυγχάνεται η διατήρηση της ποιότητάς τους μετασυλλεκτικά, καθώς επιβραδύνεται η φυσιολογική τους δραστηριότητα (Flores and Gast, 1997).

Σε σχετική εργασία (Pharr and Kattan, 1970), μελετήθηκαν οι επιδράσεις της θερμοκρασίας συντήρησης, του σταδίου συλλεκτικής ωριμότητας και της διάρκειας αποθήκευσης στην αναπνοή και την ωρίμαση τοματών (*Lycopersicon esculentum* var. Roma) που αποθηκεύτηκαν στους 24 °C και 16 °C. Η χαμηλή θερμοκρασία επιβράδυνε την ωρίμαση και μείωσε το ρυθμό αναπνοής, αλλά δεν καθυστέρησε την κλιμακτήρια κρίση, ενώ οι διαφορές στο ρυθμό αναπνοής λόγω της θερμοκρασίας ελαχιστοποιήθηκαν προς το τέλος της περιόδου συντήρησης. Μετά την κλιμακτήρια κρίση, η αναπνοή μειώθηκε γρήγορα στους 24 °C, αλλά πολύ αργά στους 16 °C. Από τις παρατηρήσεις προκύπτει επίσης ότι τομάτες που συγκομίστηκαν σε στάδιο “1-Mature Green” δεν σημείωσαν υψηλά αναπνευστικά μέγιστα συγκριτικά με αυτές που συγκομίστηκαν στο στάδιο ανάπτυξης κόκκινου χρώματος.

Ο ρυθμός αναπνοής είναι ένας από τους σημαντικότερους δείκτες γήρανσης για τους καρπούς τομάτας, όπως είναι η απώλεια βάρους, η περιεκτικότητα σε χρωστικές ουσίες (λυκοπίνιο), η σκληρότητα και η παραγωγή αιθυλενίου. Τομάτες του εμπορίου, παρουσίασαν μέσες τιμές ρυθμού αναπνοής περίπου 90 mg kg⁻¹ h⁻¹ χωρίς σημαντική αλλαγή κατά τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής περιόδου, συγκρινόμενες με αντίστοιχες στο πράσινο στάδιο ωριμότητας, που συγκομίστηκαν απευθείας από τον αγρό και παρουσίασαν μικρότερο ρυθμό αναπνοής (περίπου 60 mg kg⁻¹ h⁻¹). Αυτό αποδόθηκε στους λιγότερους μηχανικούς τραυματισμούς που υπέστησαν οι συγκομισμένες τομάτες. Τομάτες του εμπορίου και συγκομισμένες στο

στάδιο Red Ripe, στην αρχή της συντήρησης, είχαν υψηλότερο ρυθμό αναπνοής συγκριτικά με τομάτες που συλλέχθηκαν σε στάδιο “Mature Green”. Οι ρυθμοί αναπνοής τους ήταν περίπου $120 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ για τους εμπορικούς καρπούς και $80 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ για τους συγκομισμένους, και έφθασαν τα μέγιστά τους την πέμπτη και πρώτη ημέρα μετά τη συγκομιδή, αντίστοιχα. Μετά την κλιμακτήρια κρίση, οι ρυθμοί αναπνοής μειώθηκαν (Calegario *et al.*, 2001).

Η απώλεια υγρασίας για μια τομάτα φαίνεται να είναι εκθετική με το χρόνο μέχρι ένα όριο, το οποίο είναι ουσιαστικά το μέγιστο ποσοστό υγρασίας που μπορεί να χάσει και το οποίο εξαρτάται από τη θερμοκρασία ή καλύτερα από το έλλειμμα πίεσης υδρατμών το οποίο είναι συνάρτηση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (Van Dijk *et al.*, 2006; Ψυχογιού κ. ά., 2009a).

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του χρώματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση της επίδρασης της συντήρησης στην ποιότητα της τομάτας (Zheng, 2006). Δεδομένου ότι το χρώμα αποτελεί δείκτη της εμπορικής ωριμότητας των τοματών, έχουν αναπτυχθεί αρκετές υποκειμενικές (π.χ. χρωματικοί χάρτες) αλλά και αντικειμενικές (χρωματόμετρα) μέθοδοι εκτίμησης του χρώματος για την ταξινόμηση τους από άποψη ωριμότητας. Η μεταβολή του κόκκινου χρώματος των τοματών περιγράφεται συχνά από το λόγο a^*/b^* που χαρακτηρίζεται συχνά και ως δείκτης μεταβολής χρώματος. Κάθε αύξηση των τιμών a^* , έχει συνδεθεί με την σύνθεση λυκοπινίου των τοματών και ο λόγος a^*/b^* αναφέρεται ως ένας καλός δείκτης περιεκτικότητάς τους σε λυκοπίνιο. Επιπλέον ο λόγος a^*/b^* μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στον προσδιορισμό του σταδίου ωριμότητας των καρπών. Σε τομάτες που έφθασαν το στάδιο ωριμότητας “2-Breaker”, ο λόγος a^*/b^* περιγραφόταν από μηδενικές ή αρνητικές τιμές (επικράτηση πράσινου χρώματος) (Arias *et al.* 2000; Helyes *et al.* 2006), ενώ σε τομάτες που έφθασαν στο στάδιο ωριμότητας “4- Pink” ή “3- Turning”, οι τιμές a^*/b^* μεταβλήθηκαν από αρνητικές σε θετικές (επικράτηση κόκκινου χρώματος) (Batu Ali, 2004).

Η ακρίβεια στην πρόβλεψη της ανάπτυξης του χρώματος στις τομάτες εξαρτάται από το στάδιο ωριμότητάς τους. Για τομάτες στο αρχικό στάδιο ωριμότητας (Mature Green) η πρόβλεψη μεταβολής του χρώματος και διατήρησης της ποιότητας είναι λιγότερο ακριβής συγκριτικά με τομάτες στο στάδιο Breaker. Η ανάπτυξη του χρώματος των τοματών κατά τη διάρκεια της ωρίμασης και της

συντήρησης επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένων του χρόνου, της θερμοκρασίας, της συλλεκτικής ωριμότητας, της ποικιλίας και των μηχανικών τραυματισμών. Κάτω από κανονικές συνθήκες μεταφοράς και αποθήκευσης, η ανάπτυξη του χρώματος εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία, το στάδιο αρχικής ωριμότητας και τη διάρκεια συντήρησης (Tijskens and Evelo, 1994).

Έχει παρατηρηθεί ότι το κανονικό θερμοκρασιακό εύρος ωρίμασης των τοματών κυμαίνεται μεταξύ 13 °C και 25 °C⁶ (Sargent and Moretti, 2004; Suslow and Cantwell 2006 b). Στο θερμοκρασιακό εύρος αυτό, η χλωροφύλλη αποικοδομείται ενώ συσσωρεύεται λυκοπίνιο, ένα μικρό ποσοστό του οποίου μετασχηματίζεται σε καροτίνη, με συνέπεια τον κόκκινο χρωματισμό των τοματών (Tijskens and Evelo, 1994). Ο κόκκινος χρωματισμός είναι πιο έντονος στις υψηλότερες θερμοκρασίες από, τι στις χαμηλότερες (Tijskens and Evelo, 1994). Σε θερμοκρασίες συντήρησης χαμηλότερες των 13 °C, παρατηρείται αργή έως και καθόλου ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος (κίτρινοι καρποί). Έχει παρατηρηθεί ότι τομάτες που ωρίμασαν σε θάλαμο 20 °C, είχαν υψηλότερες τιμές a*/ b*, σε σχέση με αυτές που συντηρήθηκαν στους 2 °C (McDonald et al., 1999). Στις χαμηλές θερμοκρασίες η χλωροφύλλη δεν αποικοδομείται και δε συσσωρεύεται λυκοπίνιο (Tijskens and Evelo, 1994). Ακόμη στις τομάτες που ωρίμασαν σε θαλάμους 10, 15 ή 20 °C, οι τιμές φωτεινότητας L* μειώθηκαν γρηγορότερα σε σχέση με τους καρπούς που συντηρήθηκαν στους 0 °C ή 5 °C όπου οι τιμές L* έμεναν πρακτικά αμετάβλητες (Lurie and Sabehat, 1997). Επιπλέον σύμφωνα με έρευνα σε καρπούς τομάτας σταδίου “Turning” που συντηρήθηκαν στους 20 °C (Nussinovitch et. al, 1996), παρατηρήθηκε σταδιακή μείωση των τιμών λαμπρότητας L* από 50.8 σε 42.7 στο στάδιο “6- Red- ripe”.

Σε θερμοκρασίες συντήρησης υψηλότερες από 25 °C παρατηρείται το φαινόμενο των “πορτοκαλοκίτρινων” καρπών (Sargent and Moretti, 2004; Suslow and Cantwell 2006b). Και τούτο συμβαίνει διότι σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 25 °C ενώ η χλωροφύλλη αποικοδομείται πλήρως, παρεμποδίζεται η σύνθεση του λυκοπενίου, με συνέπεια οι τομάτες να αποκτούν πορτοκαλοκίτρινο χρώμα (Tijskens and Evelo, 1994).

⁶ Το ιδανικό θερμοκρασιακό εύρος ωρίμασης των τοματών κυμαίνεται από 19 °C έως 21 °C και στο εύρος αυτό λαμβάνει χώρα και η άριστη ανάπτυξη του κόκκινου χρώματός τους (Sargent and Moretti, 2004; Suslow and Cantwell 2006 b).

Από πειράματα μηχανικής συμπίεσης σε ολόκληρους καρπούς τομάτας, συμπεραίνεται ότι η μέθοδος δεν ήταν αρκετά ευαίσθητη για την ανίχνευση μικρών διαφορών που παρατηρήθηκαν στη σκληρότητα λόγω εμφάνισης ασθeneιών ψύχους (Jackman *et al.*, 1990). Δεδομένου όμως ότι το ιξώδες είναι σημαντικό για την υφή στις ολόκληρες τομάτες και στα εσπεριδοειδή, η μέτρηση της συνεχούς παραμόρφωσης υπό σταθερή δύναμη ή η μείωση της δύναμης υπό σταθερή παραμόρφωση (χαλάρωση) παρέχουν πληροφορίες για την υφή των προϊόντων αυτών (Wu and Abbott, 2002).

Από μελέτη που έγινε σε τομάτες ποικιλίας “Trust” ψυχοσυντηρούμενες σε θερμοκρασίες 20° C και 15° C, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η σκληρότητα της σάρκας τους είχε μειωθεί, συγκριτικά με την σκληρότητα πριν την ψυχοσυντήρησή τους (Proulx *et al.*, 2001). Επιπλέον σύμφωνα με άλλη μελέτη σε τομάτες που συντηρούνταν επί 7 ημέρες στους 20° C, παρατηρήθηκε ότι η επιδερμίδα τους ήταν σκληρότερη και η σάρκα τους χυμώδης και αλευρώδης (Auerswald *et al.*, 1999). Από την άλλη πλευρά η σκληρότητα τοματών ποικιλίας “Trust” που συντηρήθηκαν στους 0° C μειώθηκε και ήταν συγκρίσιμη με αυτή των υψηλών θερμοκρασιών (20° C) πιθανώς λόγω των ασθeneιών ψύχους (δυσλειτουργία μεμβρανών-στερεοποίηση λιπιδίων) (Proulx *et al.*, 2001). Επιπλέον αυτή η πρώιμη μαλακότητα των καρπών λόγω ασθeneιών ψύχους, παρατηρήθηκε και κατά τη μεταφορά τοματών σταδίου ωριμότητας ‘mature-green’ από τους 2° C όπου συντηρούνταν για 7 μέρες, στους 20° C όπου συντηρήθηκαν για 10 ημέρες (16% του καρπού παρουσίασε pitting) (Nussinovitch *et al.*, 1996).

Κατά την ωρίμαση των καρπών έχει παρατηρηθεί σημαντική μείωση στην οξύτητα και αύξηση στα ολικά διαλυτά στερεά. Καρποί τομάτας που ωρίμασαν πάνω στο φυτό, περιείχαν υψηλότερα ποσοστά ολικών διαλυτών στερεών συστατικών και σακχάρων (10 – 15%) σε σχέση με καρπούς σταδίου ωριμότητας “Green” ή “Mature Green” ή με καρπούς που δεν ωρίμασαν στο φυτό (Betancourt *et al.*, 1977; Kader *et al.*, 1977).

Σύμφωνα με μελέτες, κατά τη συγκομιδή εμπορικά ώριμων καρπών (“Red ripe”) προκύπτει ότι αυτοί ήταν γλυκύτεροι και λιγότερο όξινοι σε γεύση, σε σχέση με καρπούς που συγκομίσθηκαν μη εμπορικά ώριμοι (“Green” ή Mature Green”) (Kader *et al.*, 1977, 1978; Watada and Aulenbach, 1979). Σύμφωνα με μελέτη σε

τομάτες που συγκομίσθηκαν στο στάδιο “Red ripe” και συντηρήθηκαν στη συνέχεια στους 20 °C, παρατηρήθηκαν τα εξής: κατά τη διάρκεια των 4 πρώτων ημερών συντήρησης η οξύτητα αυξήθηκε κατά 22% και στη συνέχεια μειώθηκε, ενώ η περιεκτικότητα των καρπών σε σάκχαρα παρέμεινε σχετικά σταθερή κατά τη διάρκεια των 7 ημερών συντήρησης (Auerswald et al., 1999). Σύμφωνα με τον Kader, οι καρποί που συντηρούνται στους 10 °C, έχουν γενικά χαμηλότερη περιεκτικότητα σε σάκχαρα και υψηλότερο ποσοστό οξύτητας σε σχέση με τομάτες σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Από την άλλη πλευρά τομάτες που συγκομίσθηκαν στο στάδιο ωριμότητας “Mature Green” ή “Turning” και που συντηρήθηκαν στους 20 °C ως την ωρίμασή τους, είχαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σάκχαρα, μικρότερη σε οξέα και ήταν γλυκύτερες σε σχέση με τομάτες που συντηρήθηκαν για 7 ημέρες στους 12.5 °C (Kader et al., 1978).

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της φυσιολογικής συμπεριφοράς και της μεταβολής των ποιοτικών χαρακτηριστικών καρπών βιολογικής τομάτας, η οποία συντηρήθηκε σε διαφορετικές θερμοκρασίες έως την πλήρη ωρίμαση. Οι παράγοντες που εξετάστηκαν κατά την ωρίμαση των καρπών ήταν η επίδραση της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης στην αναπνοή, στην απώλεια μάζας, στη μεταβολή του χρώματος, στις μηχανικές ιδιότητες (στην αντίσταση των καρπών στη συμπίεση, με καταστροφικές και μη δοκιμές, στην αντίσταση των καρπών στη διείσδυση), στην οξύτητα καθώς και στην περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά.

2.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν για δύο πειραματικές σειρές, καρποί επιτραπέζιας βιολογικής τομάτας (υβρίδιο: Alma), σταδίου ωριμότητας 2 και 3, Breaker και Turning αντίστοιχα (Sargent and Moretti, 2004; Saltveit, 2005), οι οποίες συλλέχθηκαν από τοπική καλλιέργεια (περιοχή: Άγιος Στέφανος, Αττικής). Οι τομάτες μετά τη συγκομιδή μεταφέρθηκαν αυθημερόν στο εργαστήριο, όπου πραγματοποιήθηκε διαλογή για την απομάκρυνση των τραυματισμένων καρπών, εξαιρετικά μεγάλων και μικρών καρπών, καθώς και των καρπών με ασθένειες. Σε τυχαίο δείγμα δεκαπέντε (αντιπροσωπευτικών) τοματών, έγιναν οι αρχικές μετρήσεις χρώματος, αντίστασης στη συμπίεση/ καταστροφική μέθοδος, η οποία πραγματοποιήθηκε μόνο κατά την 1^η πειραματική σειρά (λόγω έλλειψης 1^{ης} ύλης), αντίστασης στη συμπίεση/ μη καταστροφική μέθοδος, αντίστασης στη διάτρηση, οξύτητας και ολικών διαλυτών στερεών συστατικών. Στη συνέχεια οι τομάτες αποθηκεύτηκαν σε θαλάμους σε θερμοκρασίες 10 °C, 15 °C και 20 °C. Συγκεκριμένες ομάδες των επτά καρπών σε κάθε θερμοκρασία, ορίστηκαν για τη λήψη μετρήσεων: 1) αναπνοής, μάζας, χρώματος και υφής με τη μέθοδο της συμπίεσης/ μη καταστροφική μέθοδος, 2) υφής με τη μέθοδο της συμπίεσης/ καταστροφική μέθοδος και τέλος 3) υφής με τη μέθοδο της διάτρησης. Η μέτρηση της αρχικής αναπνοής στις τομάτες έγινε την επόμενη μέρα της τοποθέτησής τους στους ψυκτικούς θαλάμους, στην αντίστοιχη θερμοκρασία.

Ως πρώτη μέρα του πειράματος ($t=0$), ορίστηκε η μέρα που ξεκίνησε η συντήρηση των καρπών. Κάθε μέρα γινόταν στην αντίστοιχη επτάδα τοματών και σε όλες τις θερμοκρασίες μέτρηση της αναπνοής και μάζας, ενώ κάθε 2-3 ημέρες γίνονταν οι μετρήσεις χρώματος, αντίστασης στη συμπίεση- καταστροφική και μη καταστροφική-, αντίστασης στη διάτρηση και μετρήσεις προσδιορισμού περιεκτικότητας σε κιτρικό οξύ και ολικά διαλυτά στερεά συστατικά.

Οι μετρήσεις της αναπνοής πραγματοποιήθηκαν με τη φορητή συσκευή RIKCLOS (Σχήμα 2.1). Η διάταξη αυτή περιλαμβάνει έναν φορητό μετρητή/ανιχνευτή CO₂ (τύπου RI-411A, της εταιρείας Riken Keiki), ο οποίος συνδέεται σε σειρά με αναπνευστικό θάλαμο συγκεκριμένου όγκου και με πλαστικά σωληνάκια, έτσι ώστε να σχηματίζεται κλειστό κύκλωμα (επιτυγχάνεται ανακύκλωση του αέρα και η συνεχής μέτρηση της περιεκτικότητας αυτού σε CO₂) (Mitropoulos et

al., 2000; Λαμπρινός και Μητρόπουλος, 2004; Λαμπρινός και Μητρόπουλος, 2006; Λαμπρινός κ.ά., 2006). Η κλίμακα μέτρησης του οργάνου είναι 0 - 5000 ppm CO₂ και η διακριτική του ικανότητα 25 ppm CO₂ ενώ η ακρίβειά του ±2 % της πλήρους κλίμακας.



Σχήμα 2.1: Φορητή συσκευή RIKCLOS για μέτρηση της αναπνοής νωπών αγροτικών προϊόντων

Εντός του αναπνευστικού θαλάμου τοποθετούνταν οι καρποί τομάτας και ο θάλαμος έκλεινε ερμητικά για να καταγραφεί η αρχική ένδειξη. Ο θάλαμος έμενε κλειστός για χρονικό διάστημα τέτοιο ώστε η συγκέντρωση CO₂ μέσα σε αυτόν να αυξηθεί αρκετά. Μετά το απαραίτητο χρονικό διάστημα (45- 60 min), ακολουθούσε άνοιγμα των στροφίγγων για καταγραφή της τελικής μέτρησης CO₂. Ο ρυθμός αναπνοής υπολογίστηκε βάσει της σχέσης:

$$q_R = \left(\frac{\Delta C}{\Delta t} \right) \times \left(\frac{V}{m} \right) \times 10^{-4}$$

όπου:

q_R : ρυθμός αναπνοής σε ml CO₂ /h/100 g προϊόντος

$\Delta C = C_f - C_i$: Μεταβολή της συγκέντρωσης CO₂ σε ppm ($\Delta C > 300$ ppm)

C: Συγκέντρωση CO₂ σε ppm

f: Τελική κατάσταση

i: Αρχική κατάσταση

$$V = V_c - V_{fr}$$

V_c : Όγκος του κυκλώματος της συσκευής σε ml

V_{fr} : Όγκος του καρπού σε ml

t : Χρόνος σε h

m : Μάζα του καρπού σε g

Για τον προσδιορισμό του όγκου V_{fr} της τομάτας, έγιναν μετρήσεις μάζας και όγκου σε 12 τυχαία δείγματα τοματών. Από τα δεδομένα αυτά προκύπτει η συσχέτιση όγκου – μάζας:

$$V_{fr} = 0.996 \times m_{fr} - 2.378$$

Όπου:

V_{fr} : Όγκος τομάτας (ml)

m_{fr} : Μάζα τομάτας (g)

Ο συντελεστής συσχέτισης της σχέσης όγκου – μάζας είναι $R^2 = 99,12\%$ και το τυπικό σφάλμα απόκλισης $SEE=7.63$.

Για τη μέτρηση της μάζας των τοματών χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας της εταιρίας AND (μοντέλο FA-2000) με ακρίβεια 0.01 g. Η αδιάστατη απώλεια μάζας υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\frac{m_0 - m_t}{m_0} \cdot 100\%$$

Όπου:

m_0 : αρχική μάζα (έναρξη συντήρησης)

m_t : μάζα στην ημέρα της δειγματοληψίας

Οι μετρήσεις του χρώματος των καρπών έγιναν με χρωματόμετρο MINOLTA CR-300 (Σχήμα 2.2). Πριν από κάθε μέτρηση το όργανο ρυθμιζόταν με την πλάκα βαθμονόμησης ($Y=92.6$, $x=0.3135$, $y=0.3193$). Η χρωματική κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε ήταν η CIE 1976, με χρωματικούς δείκτες L^* , a^* , b^* . Κάθε φορά λαμβάνονταν τρεις μετρήσεις σε κάθε τομάτα στην ίδια περιοχή αντιδιαμετρικά του κάλυκα. Η ολική μεταβολή του χρώματος εκφράστηκε από τον παράγοντα ολικής μεταβολής του χρώματος ΔE^* (Total Colour Difference) (Anon., 1995; Anon., 2001)

όπως αυτός περιγράφεται από την εξίσωση: $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ και η μεταβολή του κόκκινου χρώματος από τον αδιάστατο λόγο a^*/b^* .



Σχήμα 2.2: Χρωματόμετρο MINOLTA CR-300

Ο προσδιορισμός της αντίστασης των καρπών στη συμπίεση, καταστροφική και μη καταστροφική δοκιμή (Σχήμα 2.3), έγινε με τη βοήθεια ενός επιτραπέζιου αναλυτή υφής Texture Analyzer TA.XT2i εφοδιασμένου με έμβολο στην άκρη του οποίου υπήρχε επίπεδη πλάκα διαμέτρου 7cm (flat plate compression) (Barrett et al., 1998). Η ταχύτητα του εμβόλου στην καταστροφική μέθοδο ήταν σταθερή 20 mm/min ενώ στη μη καταστροφική 3 mm /min από τη στιγμή της επαφής της πλάκας με τον καρπό μέχρι το τέλος της δοκιμής. Η μέγιστη παραμόρφωση που προκαλούσε το φορτίο στον καρπό της τομάτας κατά την μη καταστροφική μέθοδο ήταν 3 mm.



Σχήμα 2.3: Όργανο εκτίμησης της υφής νέας τεχνολογίας (Texture Analyzer)

Ο προσδιορισμός της αντίστασης των καρπών στη διείσδυση έγινε με τη βοήθεια του ίδιου οργάνου Texture Analyzer TA.XT2i (Πεντάρης κ.ά., 2007; Πεντάρης κ.ά., 2008) εφοδιασμένου με έμβολο (puncture probe) κυλινδρικής κεφαλής διαμέτρου 7 mm. Η ταχύτητα του εμβόλου ήταν σταθερή 30 cm/min από τη στιγμή της επαφής του εμβόλου με τον καρπό μέχρι το τέλος της δοκιμής. Το βάθος διείσδυσης του εμβόλου στον καρπό της τομάτας ήταν 15 mm (Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4: Έμβολο κυλινδρικής κεφαλής

Ο καρπός ετοποθετείτο πάντοτε με τον άξονα οριζόντιο ώστε η δοκιμή (συμπίεση ή διείδυση) να γίνεται στην περιοχή του ισημερινού της τομάτας. Η δοκιμή αντίστασης στη συμπίεση, τερματιζόταν όταν σημειωνόταν ρήξη του επιδερμικού ιστού, με εξαίρεση την μη καταστροφική συμπίεση. Πριν την έναρξη της μέτρησης, οι τομάτες παρέμεναν εκτός των ψυκτικών θαλάμων ώστε να επέλθει θερμοκρασιακή εξίσωση μεταξύ καρπών και περιβάλλοντος. Η μεταβολή της αντίστασης στη συμπίεση και στη διείδυση, εκφράστηκε τόσο από τη μεταβολή της κλίσης (α_R) της αντίστοιχης καμπύλης στην ελαστική περιοχή (Σχήμα 2.7) όσο και από τη μεταβολή της μέγιστης αντίστασης (R_{max}) με το χρόνο συντήρησης του προϊόντος (t). Η μεταβολή της κλίσης της καμπύλης στην ελαστική περιοχή προσδιορίστηκε από την εξίσωση:

$$\alpha_R = \frac{R_{max\frac{2}{3}} - R_{max\frac{1}{3}}}{D_{\frac{2}{3}} - D_{\frac{1}{3}}}$$

Όπου:

α_R : Η κλίση της καμπύλης αντίστασης στη συμπίεση – παραμόρφωση ή διείδυση στην ελαστική περιοχή σε N/mm.

$R_{max\frac{2}{3}}$ και $R_{max\frac{1}{3}}$: Η αντίσταση σε N στα 2/3 και 1/3 της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση κατά την οποία σημειώνεται ρήξη της επιδερμίδας του καρπού.

$D_{\frac{2}{3}}$ και $D_{\frac{1}{3}}$: Η παραμόρφωση σε mm στα $R_{max\frac{2}{3}}$ και $R_{max\frac{1}{3}}$ αντίστοιχα.

Η μέτρηση της οξύτητας πραγματοποιήθηκε με ψηφιακό οξύμετρο (μοντέλο GMK-708) (Σχήμα 2.5) με διακριτική ικανότητα +/- 0,01 % και ακρίβεια +/- 0,05. Ο μηδενισμός του οργάνου στην έναρξη της μέτρησης γινόταν με απεσταγμένο νερό.

Για τη λήψη δείγματος χυμού τομάτας, ο καρπός τεμαχίζόταν στο ισημερινό τμήμα του καρπού και έπειτα τα δύο μέρη συμπιέζονταν ελαφρά ώστε να ληφθεί μίγμα χυμού από όλο τον καρπό. Στη συνέχεια λαμβάνονταν με πιπέτα 0.33 ml χυμού τομάτας και ακολουθούσε αραιώση στα 20 ml.



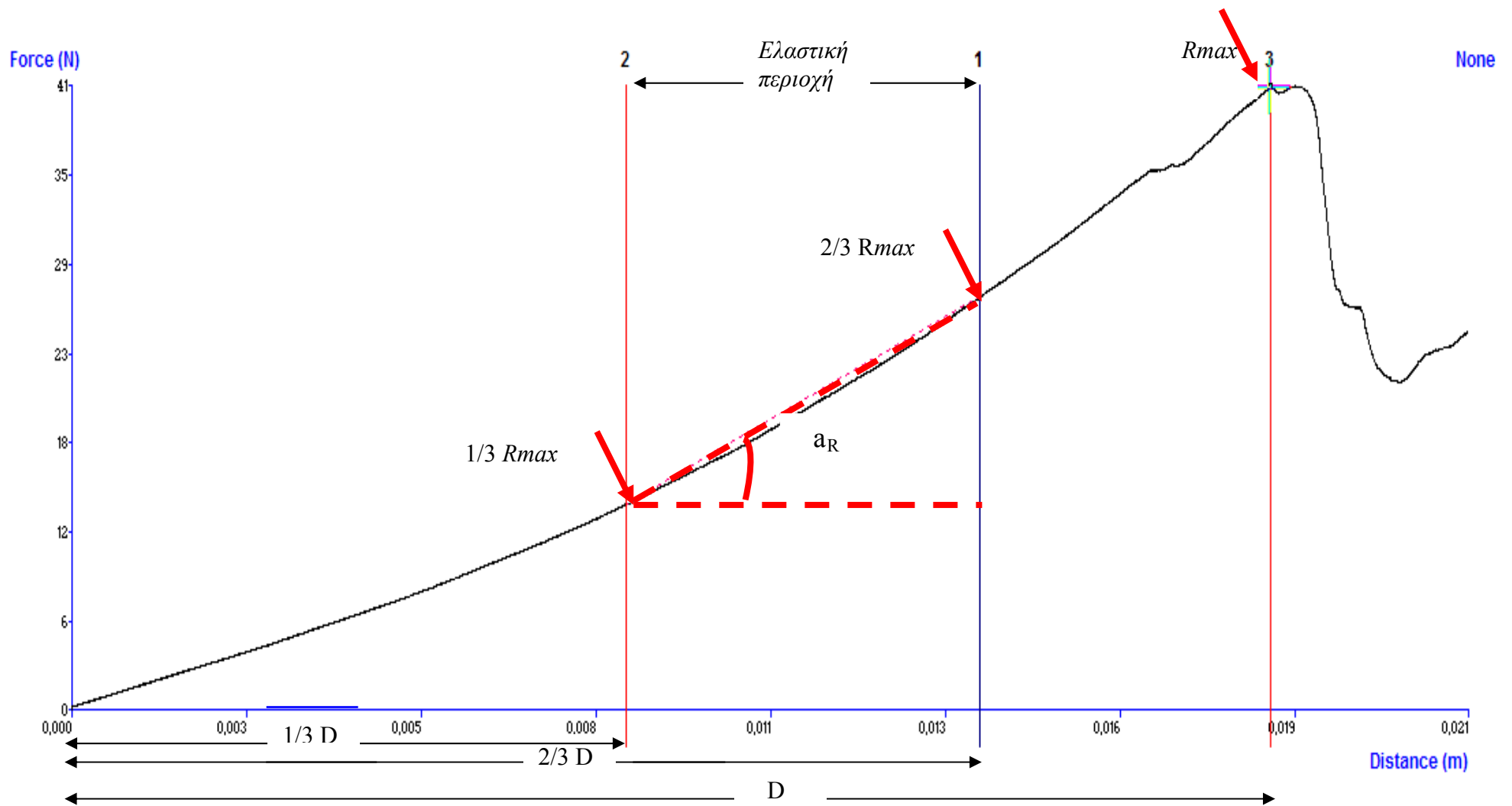
Σχήμα 2.5: Ψηφιακό οξύμετρο GMK-708

Η μέτρηση των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών έγινε με ψηφιακό διαθλασίμετρο (μοντέλο SR- 400) (Σχήμα 2.6) διακριτικής ικανότητας 0.1% Brix και ακρίβεια +/- 0.25 Brix. Ο μηδενισμός του οργάνου στην έναρξη της μέτρησης γινόταν με απεσταγμένο νερό. Για τη λήψη δείγματος χυμού τομάτας, ακολουθήθηκε ακριβώς η ίδια διαδικασία, όπως και για τη μέτρηση οξύτητας.



Σχήμα 2.6: Ψηφιακό διαθλασίμετρο (μοντέλο SR-400)

Η στατιστική επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τα προγράμματα Statgraphics Plus 5.1 και Microsoft Excel 2003. Οι μέσες τιμές και τα διαστήματα εμπιστοσύνης υπολογίστηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05 ($p\text{-Value} \leq 0.05$). Τέλος χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Statgraphics Plus 5.1 και Curve Expert 1.3 για να αναπτυχθούν οι μαθηματικές σχέσεις που περιγράφουν τη μεταβολή της αντίστασης στη συμπίεση και τη μεταβολή του χρώματος αντίστοιχα συναρτήσει της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης.



Σχήμα 2.7: Τυπική καμπύλη αντίστασης στη συμπίεση – παραμόρφωσης για καρπό τομάτας. Διακρίνεται η μέγιστη αντίσταση στη συμπίεση R_{max} (όπου σημειώνεται ρήξη της επιδερμίδας του καρπού) και η ελαστική περιοχή (2-1) στην οποία υπολογίζεται η κλίση a_R της αντίστασης στη συμπίεση.

2.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

2.3.1 Αναπνοή

Όπως διαπιστώνεται και από τον Πίνακα 2.1, ο ρυθμός αναπνοής είναι χαμηλότερος στη χαμηλότερη θερμοκρασία συντήρησης (10 °C) σε σύγκριση με τους συντηρούμενους καρπούς στους 15 °C και 20 °C.

Τις 20 °C η εμφάνιση της κλιμακτικής κρίσης μπορεί να θεωρηθεί ότι εμφανίζεται λίγες ώρες μετά την τοποθέτηση των καρπών στο θάλαμο συντήρησης. Οι αυξημένες τιμές του ρυθμού αναπνοής των καρπών κατά την πρώτη ημέρα συντήρησης σε αυτή τη θερμοκρασία και τις δύο πειραματικές σειρές, δηλώνει ότι οι τομάτες από πλευράς αναπνευστικής δραστηριότητας βρίσκονται λίγο πριν ή αμέσως μετά την κλιμακτική κρίση, λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές της αναπνοής κατά τη δεύτερη ημέρα συντήρησης.

Τις 15 °C και 10 °C η κλιμακτική κρίση που δεν είναι σαφής (πιθανώς λόγω έλλειψης συχνότερων διαδοχικών μετρήσεων της αναπνοής ιδιαίτερα τις 15 °C). Ωστόσο για τις 10 °C η κλιμακτική κρίση φαίνεται να εντοπίζεται περίπου την 7^η και την 9^η ημέρα στην 1^η και στη 2^η πειραματική σειρά αντίστοιχα, παρατηρώντας τις τιμές της αναπνοής πριν και μετά από τις μέρες αυτές.

Η λήψη συχνότερων μετρήσεων της αναπνευστικής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια τις ημέρας (μέτρηση αναπνοής σε πυκνότερα χρονικά διαστήματα ιδιαίτερα τις υψηλότερες θερμοκρασίες), θα μπορούσε να δώσει σαφέστερη και καλύτερη εικόνα της κλιμακτικής κρίσης.

Πίνακας 2.1. Μέσες τιμές ρυθμού αναπνοής τοματών (και τυπική απόκλιση) συναρτήσει του χρόνου συντήρησης, σε τρεις θερμοκρασίες συντήρησης και για τις δύο πειραματικές σειρές.

1 ^η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ				2 ^η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ			
RR (mlCO ₂ /h/100g)				RR (mlCO ₂ /h/100g)			
ΗΜΕΡΕΣ	20 °C	15 °C	10 °C	ΗΜΕΡΕΣ	20 °C	15 °C	10 °C
0	2.11±0.75	1.44±0.51	Μέτρηση έγινε την επόμενη μέρα της συλλογής	0	2.17±0.28	1.68±0.27	Μέτρηση έγινε την επόμενη μέρα της συλλογής
1	2.67±0.43	1.27±0.14	0.66±0.09	1	2.31±0.31	1.36±0.22	0.64±0.05
2	2.31±0.50	1.21±0.18	0.63±0.06	2	2.10±0.18	1.34±0.44	0.68±0.06
3	2.25±0.32	1.10±0.16	0.64±0.10	3	1.76±0.27	1.29±0.25	0.64±0.07
4	1.88±0.27	1.05±0.18	0.60±0.06	4	1.63±0.20	1.25±0.31	0.65±0.03
6	1.58±0.23	1.04±0.10	0.57±0.04	5	1.64±0.17	1.18±0.24	0.64±0.05
7	1.59±0.40	0.95±0.15	0.63±0.07	7		1.10±0.51	0.62±0.03
8		0.87±0.12	0.59±0.10	8			0.65±0.06
9			0.54±0.05	9			0.70±0.05
10			0.53±0.06	10			0.61±0.07
13			0.52±0.04	11			0.66±0.07

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της αναπνοής των καρπών προκύπτει ότι μόνο η θερμοκρασία έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην αναπνευστική δραστηριότητα των τοματών και στις δύο πειραματικές σειρές, αφού $P\text{-Value} = 0.001 < 0.05$ και για τις δύο πειραματικές σειρές (95% διάστημα εμπιστοσύνης) (Πίνακας 2.2). Από τον Πίνακα αυτό προκύπτει επίσης ότι ο χρόνος συντήρησης δεν είναι στατιστικά σημαντικός παράγοντας για την αναπνοή τόσο στην πρώτη όσο και στη δεύτερη πειραματική σειρά ($P\text{-Value} = 0.24 > 0.05$ και $P\text{-Value} = 0.15 > 0.05$ αντίστοιχα).

Πίνακας 2.2: Πίνακας ανάλυσης διασποράς για την αναπνοή τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C, 20 °C (1^η και 2^η πειραματική σειρά).

1 ^H ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ July	6.51	2	3.26	72.96	0.001
B:Time July	0.68	10	0.07	1.52	0.24
RESIDUAL	0.54	12	0.04		
TOTAL (CORRECTED)	10.08	24			

2 ^H ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ November	4.05	2	2.02	92.35	0.001
B:Time November	0.43	10	0.04	1.94	0.15
RESIDUAL	0.22	10	0.02		
TOTAL (CORRECTED)	7.01	22			

Από την ανάλυση διασποράς (Fisher's least significant difference (LSD) test) συμπεραίνεται επίσης ότι η αναπνοή των τοματών ήταν στατιστικώς σημαντικά διαφορετική μεταξύ των τριών θερμοκρασιών συντήρησης και στις δύο πειραματικές σειρές (Πίνακας 2.3).

Πίνακας 2.3: Στατιστική σύγκριση της αναπνοής μεταξύ των τριών διαφορετικών θερμοκρασιών συντήρησης για τις δύο πειραματικές σειρές.

1 ^Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
10 °C	10	0.614	0.068	X
15 °C	8	1.085	0.085	X
20 °C	7	2.003	0.092	X
2 ^Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
10 °C	10	0.682	0.048	X
15 °C	7	1.299	0.066	X
20 °C	6	1.895	0.072	X

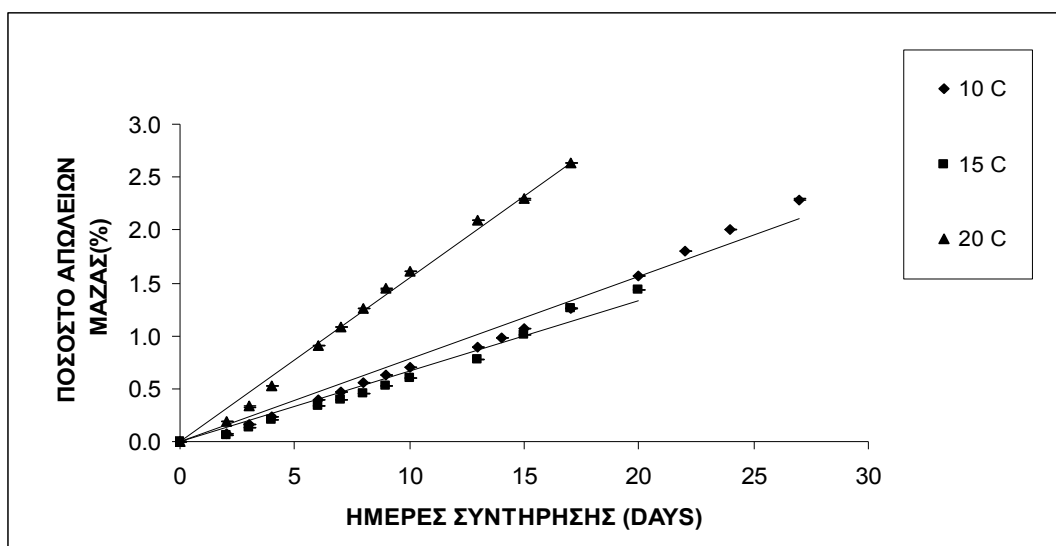
Τέλος από τη στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της αναπνοής (Fisher's least significant difference (LSD) test) των δύο πειραματικών σειρών, προκύπτει ότι οι δύο σειρές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους καθώς $P\text{-Value} = 0.001 < 0.05$ (Πίνακας 2.4).

Πίνακας 2.4: Ανάλυση διασποράς για τη στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών αναπνοής των δύο πειραματικών σειρών.

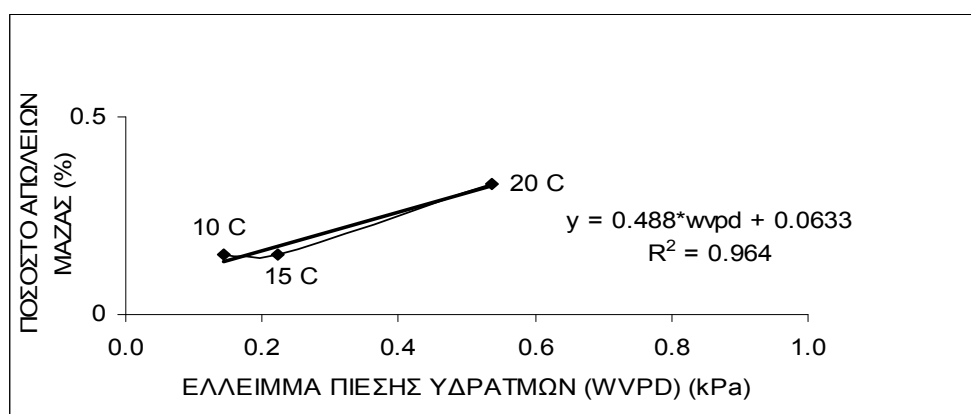
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	15.24	5	3.05	68.80	0.001
Within groups	1.86	42	0.04		
Total (Corr.)	17.10	47			

2.3.2 Απώλεια μάζας

Η μεταβολή της απώλειας μάζας (%), με το χρόνο συντήρησης της πρώτης πειραματικής σειράς παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 2.8. Στο Σχήμα 2.9 παρουσιάζεται η αντίστοιχη μεταβολή συναρτήσει του ελλείμματος πίεσης υδρατμών (WVPD).



Σχήμα 2.8: Μεταβολή των απωλειών μάζας συναρτήσει του χρόνου συντήρησης για τομάτες που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C (1^η πειραματική σειρά).



Σχήμα 2.9: Μεταβολή των απωλειών μάζας της 1^{ης} πειραματικής σειράς συναρτήσει του ελλείμματος πίεσης υδρατμών (WVPD) για τομάτες που συντηρήθηκαν σε τρεις θερμοκρασίες (10 °C, 15 °C και 20 °C).

Η ανάλυση διασποράς των δεδομένων της πρώτης πειραματικής σειράς ως προς το ρυθμό απωλειών μάζας τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C δίνεται στον Πίνακα 2.5. Όπως προκύπτει, η θερμοκρασία (P-Value= 0.001< 0.05) και ο χρόνος συντήρησης (P-Value=0.001 <0.05) έχουν σημαντική στατιστικά επίδραση στο ρυθμό απωλειών μάζας.

Πίνακας 2.5 : Ανάλυση διασποράς μέσω των τιμών ρυθμού απωλειών μάζας τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C για την 1^η πειραματική σειρά.

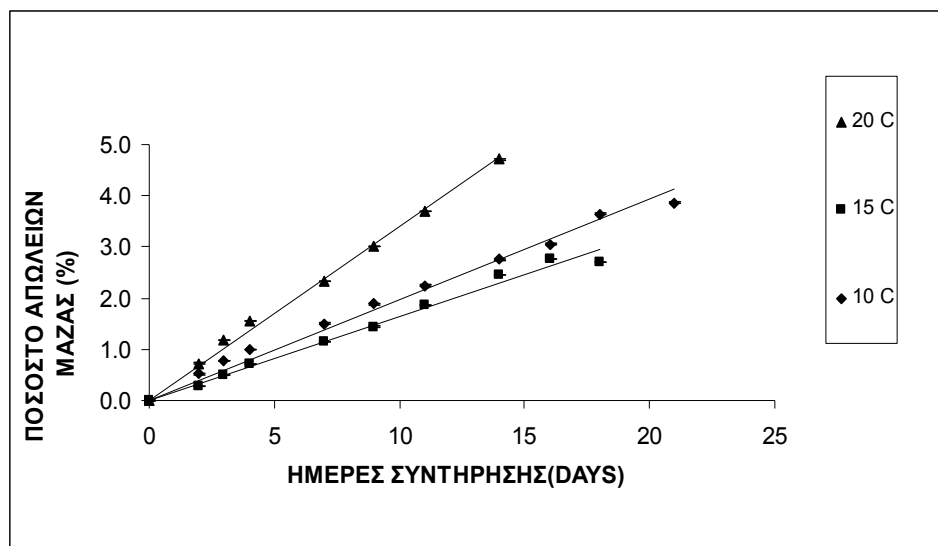
1 ^η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	3.83	2	1.92	26.91	0.001
B: TIME	16.55	16	1.03	14.54	0.001
RESIDUAL	1.64	23	0.07		
TOTAL (CORRECTED)	20.78	41			

Από την ανάλυση διασποράς συμπεραίνεται ότι οι μέσες τιμές της μεταβολής των απωλειών μάζας στους 10 °C και 15 °C δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Αντίθετα σημαντική από στατιστικής πλευράς διαφορά παρατηρείται μεταξύ των μέσων τιμών στους 10 °C και 20 °C και 15 °C και 20 °C, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 2.6.

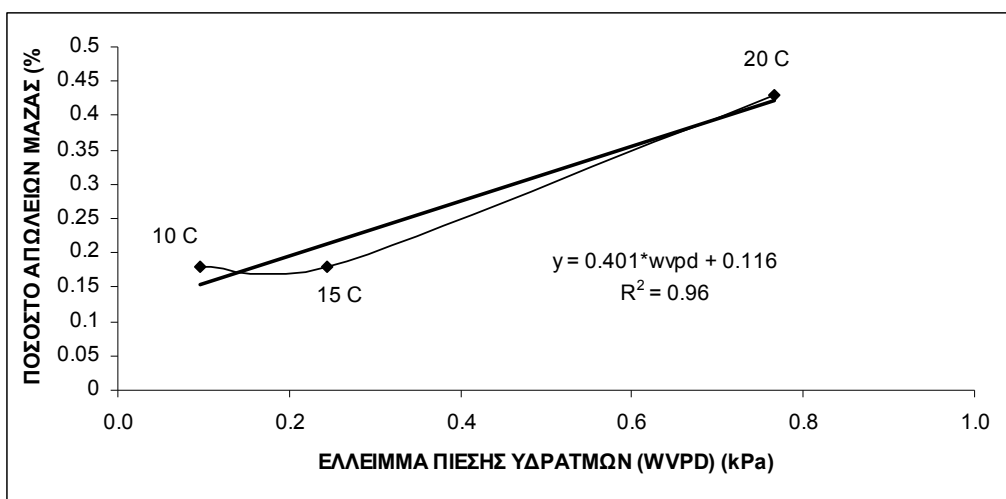
Πίνακας 2.6: Στατιστική σύγκριση (Fisher's LSD test) των μέσων τιμών μεταβολής των απωλειών μάζας μεταξύ των τριών θερμοκρασιών συντήρησης για την πρώτη σειρά.

1 ^η πειραματική σειρά				
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
10 °C	17	0.88	0.06	X
15 °C	13	0.83	0.08	X
20 °C	12	1.54	0.09	X

Η μεταβολή των απωλειών μάζας (%) συναρτήσκει του χρόνου συντήρησης και του ελλείμματος πίεσης υδρατμών για την δεύτερη πειραματική σειρά παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 2.10 και στο Σχήμα 2.11 παρουσιάζεται η μεταβολή των απωλειών μάζας συναρτήσκει του ελλείμματος πίεσης υδρατμών (WVPD) αντίστοιχα.



Σχήμα 2.10: Μεταβολή των απωλειών μάζας συναρτήσκει του χρόνου συντήρησης για τομάτες σε θερμοκρασία συντήρησης 10 °C, 15 °C και 20 °C (2^η πειραματική σειρά).



Σχήμα 2.11: Μεταβολή των απωλειών μάζας της 2^{ης} πειραματικής σειράς συναρτήσει του ελλείμματος πίεσης υδρατμών (WVPD) για τις τομάτες που συντηρήθηκαν σε τρεις διαφορετικούς θαλάμους (10 °C, 15 °C και 20 °C).

Η ανάλυση διασποράς των δεδομένων της 2^{ης} πειραματικής σειράς ως προς το ρυθμό απωλειών μάζας τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C ($p \leq 0.05$) δίνεται στον Πίνακα 2.7. Όπως προκύπτει η θερμοκρασία ($P\text{-Value} = 0.001 < 0.05$) και ο χρόνος συντήρησης ($P\text{-Value} = 0.001 < 0.05$) έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στο ρυθμό απωλειών μάζας.

Πίνακας 2.7 : Ανάλυση διασποράς μέσω των τιμών ρυθμού απωλειών μάζας τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C 20 °C για την 2^η πειραματική σειρά.

2 ^η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	5.52	2	2.76	17.12	0.001
B: TIME	41.36	10	4.14	25.67	0.001
RESIDUAL	2.58	16	0.16		
TOTAL(CORRECTED)	46.81	28			

Από την ανάλυση διασποράς συμπεραίνεται ότι οι μέσες τιμές της μεταβολής των απωλειών μάζας (Fisher's least significant difference (LSD) test) στους 10 °C και 15 °C δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Αντίθετα σημαντική από στατιστικής πλευράς διαφορά παρατηρείται μεταξύ των μέσων τιμών στους 10 °C και 20 °C και 15 °C και 20°C (Πίνακα 2.8).

Πίνακας 2.8 : Στατιστική σύγκριση των μέσων ρυθμών απωλειών μάζας μεταξύ των τριών θερμοκρασιών συντήρησης για την 2^η πειραματική σειρά.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
10 °C	11	1.93	0.12	X
15 °C	10	1.58	0.13	X
20 °C	8	2.71	0.15	X

Από τη σύγκριση των μέσων τιμών του ρυθμού απωλειών των δύο πειραματικών σειρών, προκύπτει ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο αυτών σειρών (P-Value= 0.002< 0.05) όπως φαίνεται στους Πίνακες 2.9 και 2. 10.

Πίνακας 2.9: Στατιστική σύγκριση των μέσων ρυθμών απωλειών μάζας μεταξύ των δύο πειραματικών σειρών.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	20.38	5	4.07	4.26	0.002
Within groups	62.12	65	0.96		
Total (Corr.)	82.49	70			

Πίνακας 2.10: Στατιστική σύγκριση των μέσων ρυθμών απωλειών μάζας, ανά θερμοκρασία για τις δύο πειραματικές σειρές (a=1^η και b=2^η πειραματική σειρά).

Temperature	Count	Mean	Homogeneous Groups
(15 °C)a	13	0.552308	X
(10 °C)a	17	0.885294	XX
(20 °C)a	12	1.19667	XXX
(15 °C)b	10	1.3875	X XX
(10 °C)b	11	1.92891	XX
(20 °C)b	8	2.151	X

Όπως ήταν αναμενόμενο στις υψηλότερες θερμοκρασίες συντήρησης (20 °C), σημειώθηκαν και οι μεγαλύτερες απώλειες μάζας των τοματών. Αντίθετα η συντήρηση σε χαμηλότερες θερμοκρασίες είχε ως αποτέλεσμα πολύ μικρότερο ποσοστό απωλειών σε μάζα. Τόσο στην 1^η όσο και στη 2^η πειραματική σειρά το έλλειμμα πίεσης υδρατμών είναι υψηλότερο στους 10 °C από ότι στους 15 °C. Το γεγονός αυτό ερμηνεύει το μεγαλύτερο ποσοστό απωλειών μάζας στους 10 °C σε σύγκριση με τους 15 °C. Δεδομένου ότι το μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό απωλειών για τις τομάτες είναι 7% (Thanh, 2006), από το Σχήματα 2.8 και 2.10 προκύπτει ότι οι τομάτες και των δύο σειρών ήταν μέχρι το τέλος της αποθήκευσής τους εμπορεύσιμες.

Η μαθηματική σχέση που περιγράφει καλύτερα το ποσοστό των απωλειών μάζας της πρώτης και της δεύτερης πειραματικής σειράς, συναρτήσει του χρόνου συντήρησης είναι η 1 ενώ οι παράμετροι, οι συντελεστές προσδιορισμού αυτής και το τυπικό σφάλμα απόκλισης δίνονται στον Πίνακα 2.11:

$$m_{loss} = a + (b * t) \quad (1)$$

Όπου:

α: η παράμετρος προσδιορισμού

b: η κλίση του ρυθμού απωλειών μάζας (%)

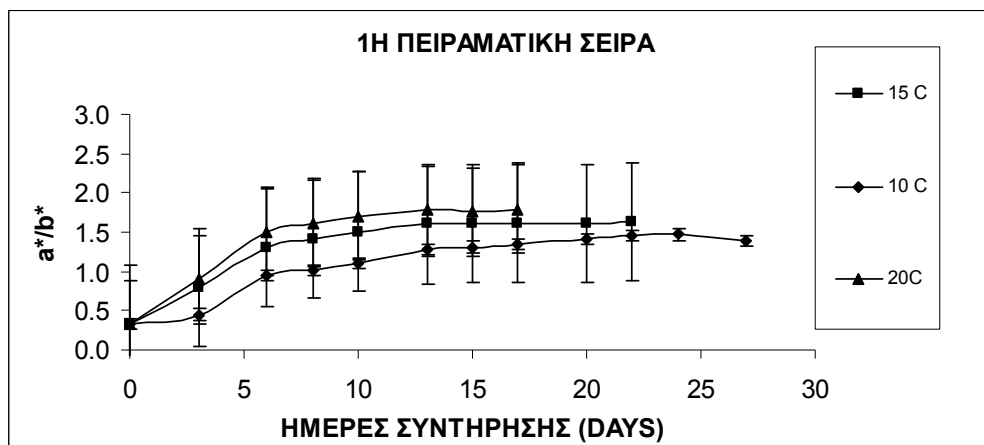
t: ο χρόνος συντήρησης (ημέρες).

Πίνακας 2.11 : Παράμετροι α και b, τυπική απόκλιση, συντελεστές συσχέτισης (R^2 adj.) και τυπικό σφάλμα απόκλισης (S.E.E) της εξίσωσης (1) για τις δύο πειραματικές σειρές και τις τρεις συνθήκες συντήρησης.

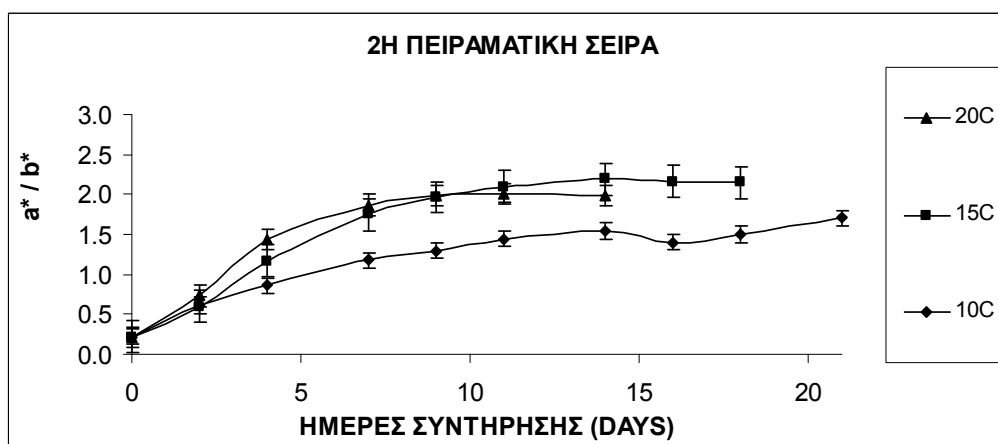
1 ^Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ				
	$\alpha \pm s.e.$	$b \pm s.e.$	(R^2 adj) (%)	(S.E.E)
20° C	0.13±0.03	0.16±0.004	99.50	0.06
15° C	0.07±0.03	0.08±0.002	98.15	0.08
10° C				
2 ^Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ				
	$\alpha \pm s.e.$	$b \pm s.e.$	(R^2 adj) (%)	(S.E.E)
20° C	0.10±0.05	0.33±0.007	99.70	0.09
15° C	0.07±0.08	0.18±0.007	96.50	0.22
10° C				

2.3.3 Χρώμα

Η μεταβολή του δείκτη a^* / b^* συναρτήσει του χρόνου συντήρησης στους 10 °C, 15 °C 20 °C για τις δύο πειραματικές σειρές παρουσιάζεται γραφικά στα Σχήματα 2. 12 και 2.13.



Σχήμα 2.12: Μεταβολή του δείκτη a^*/b^* συναρτήσει του χρόνου συντήρησης στους 10 °C, 15 °C 20 °C (1^η πειραματική σειρά).



Σχήμα 2.13: Μεταβολή του δείκτη a^*/b^* συναρτήσει του χρόνου συντήρησης στους 10 °C, 15 °C και 20 °C (2^η πειραματική σειρά).

Η μεταβολή του a^*/b^* με το χρόνο συντήρησης είναι εκθετική με μέγιστες οριακές τιμές για την πρώτη σειρά +1.91 και για τη δεύτερη +1.87. Οι καρποί φαίνεται να αποκτούν σταθερότητα στο κόκκινο χρώμα μεταξύ 6^{ης} και 9^{ης} ημέρας συντήρησης τόσο στην 1^η όσο και στη 2^η πειραματική σειρά.

Από την ανάλυση διασποράς των δεδομένων της πρώτης και της δεύτερης πειραματικής σειράς ως προς τη μεταβολή του δείκτη χρώματος a^*/b^* των τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C προκύπτει ότι (Πίνακας 2.12): η θερμοκρασία και ο χρόνος συντήρησης είναι στατιστικά σημαντικοί παράγοντες για

τη μεταβολή του δείκτη χρώματος a*/b* (P-Value= 0.001) και στις δύο πειραματικές σειρές.

Πίνακας 2.12: Ανάλυση διασποράς των μέσων τιμών μεταβολής του δείκτη αλλαγής χρώματος a*/ b* τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C (1^η και 2^η πειραματική σειρά).

1 ^η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	0.87	2	0.44	38.05	0.001
B: TIME	5.15	11	0.47	40.80	0.001
RESIDUAL	0.18	16	0.01		
TOTAL(CORRECTED)	5.84	29			
2 ^η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	1.20	2	0.60	14.92	0.001
B: TIME	9.12	9	1.01	25.15	0.001
RESIDUAL	0.56	14	0.04		
TOTAL(CORRECTED)	10.47	25			

Από την ανάλυση διασποράς συμπεραίνεται επίσης ότι οι μέσες τιμές του δείκτη χρώματος a*/ b* των τοματών τις 1^{ης} πειραματικής σειράς διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους και στις τρεις θερμοκρασίες συντήρησης, όπως προκύπτει στον Πίνακα 2.13. Όσον αφορά τη 2^η πειραματική σειρά προκύπτει ότι οι μέσες τιμές της μεταβολής του δείκτη αλλαγής χρώματος εμφανίζουν σημαντικές στατιστικές διαφορές ανάμεσα στους 10 °C και στους 15 °C και 20 °C, οι οποίοι δεν διαφέρουν.

Πίνακας 2.13: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών του δείκτη χρώματος a*/ b* μεταξύ των τριών θερμοκρασιών συντήρησης για την δύο πειραματικές σειρές.

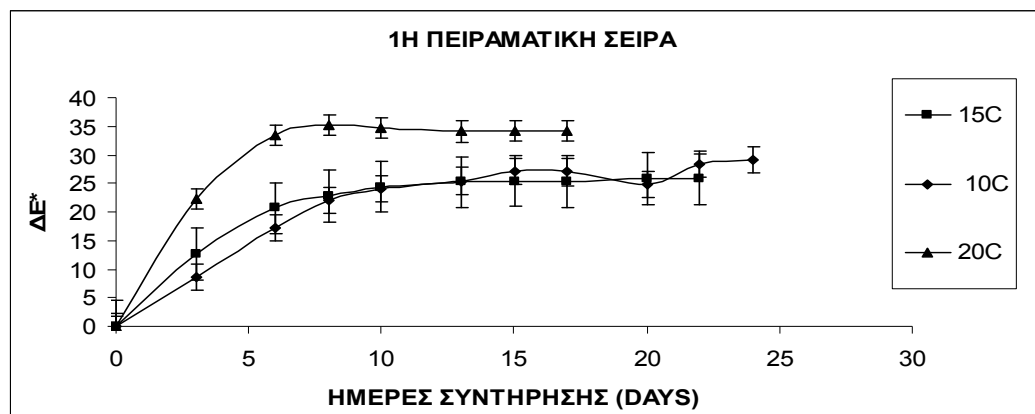
1 ^η πειραματική σειρά				
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
10 °C	12	1.12	0.03	X
15 °C	10	1.42	0.04	X
20 °C	8	1.55	0.042	X
2 ^η πειραματική σειρά				
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
10 °C	10	1.18	0.06	X
15 °C	9	1.63	0.07	X
20 °C	7	1.65	0.08	X

Από τη σύγκριση των μέσων τιμών του δείκτη a* /b* και στις δύο πειραματικές σειρές, προκύπτει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αυτών (P-Value> 0.05) όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.14.

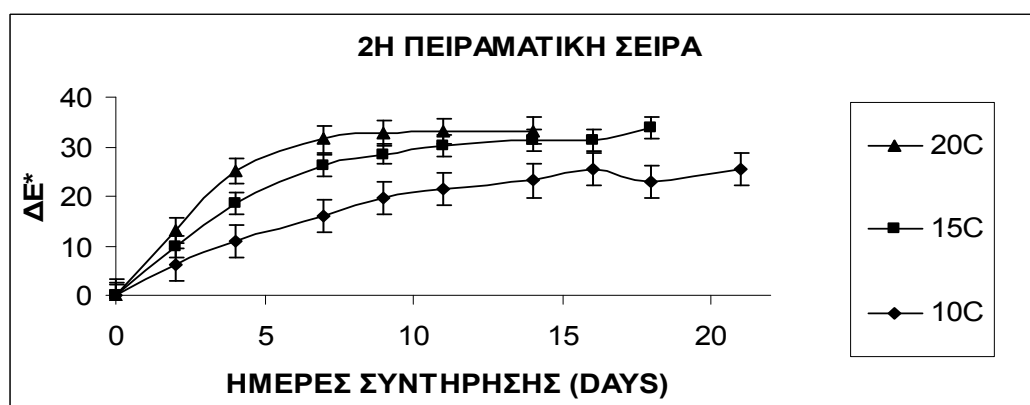
Πίνακας 2.14: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών του δείκτη α*/ b* μεταξύ των δύο πειραματικών σειρών.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	1.81	5	0.36	1.22	0.31
Within groups	15.48	52	0.30		
Total (Corr.)	17.30	57			

Η ολική μεταβολή του χρώματος ΔE^* συναρτήσει του χρόνου συντήρησης στους 10 °C, 15 °C και 20 °C, για τις δύο πειραματικές σειρές παρουσιάζεται γραφικά στα Σχήματα 2.14 και 2.15.



Σχήμα 2.14: Μεταβολή του ΔE^* συναρτήσει του χρόνου συντήρησης στις τρεις θερμοκρασίες (1^η πειραματική σειρά).



Σχήμα 2.15: Μεταβολή του ΔE^* συναρτήσει του χρόνου συντήρησης στις τρεις θερμοκρασίες (2^η πειραματική σειρά).

Η μεταβολή του ΔE^* με το χρόνο συντήρησης είναι εκθετική με μέγιστες οριακές τιμές +34.0 για την πρώτη σειρά και +33.0 για τη δεύτερη. Η ολική μεταβολή του χρώματος εμφανίζεται να σταθεροποιείται πρακτικά μετά τη 8^η και 7^η ημέρα συντήρησης για την 1^η και 2^η πειραματική σειρά αντίστοιχα.

Η ανάλυση διασποράς των δεδομένων της 1^{ης} και της 2^{ης} πειραματικής σειράς ως προς την ολική μεταβολή του χρώματος ΔE^* των τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C 20 °C δίνεται στον Πίνακα 2.15. Όπως προκύπτει τόσο η

θερμοκρασία όσο και ο χρόνος συντήρησης είναι στατιστικά σημαντικοί παράγοντες για τη μεταβολή χρώματος (P-Value= 0.001) και στις δύο πειραματικές σειρές.

Πίνακας 2.15: Ανάλυση διασποράς μέσω των τιμών ολικής μεταβολής χρώματος ΔΕ* τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C 20 °C για τις δύο πειραματικές σειρές.

1 ^η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	458.61	2	229.3	32.78	0.001
B: TIME	2499.78	11	227.25	32.49	0.001
RESIDUAL	111.91	16	7.0		
TOTAL(CORRECTED)	2908.95	29			
2 ^η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	444.52	2	222.26	30.96	0.001
B: TIME	2649.51	9	294.39	41.01	0.001
RESIDUAL	100.50	14	7.18		
TOTAL(CORRECTED)	3015.44	25			

Από την ανάλυση διασποράς και όσον αφορά στην 1^η πειραματική σειρά συμπεραίνεται ότι οι μέσες τιμές της ολικής μεταβολής χρώματος ΔΕ* των τοματών (Fisher's LSD test) ανάμεσα στους 10 °C και 20 °C αλλά και ανάμεσα στους 15 °C και 20 °C εμφανίζουν από στατιστικής πλευράς σημαντικές διαφορές. Αντιθέτως δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές για το δείκτη ΔΕ* μεταξύ 10 °C και 15 °C. Συμπεραίνεται επίσης ότι οι μέσες τιμές της ολικής μεταβολής χρώματος ΔΕ* των τοματών της 2^{ης} πειραματικής σειράς διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους και στις τρεις θερμοκρασίες συντήρησης (Πίνακας 2.16).

Πίνακας 2.16: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών ολικής μεταβολής χρώματος ΔΕ* μεταξύ των τριών θερμοκρασιών συντήρησης για την πρώτη και δεύτερη πειραματική σειρά.

1 ^η πειραματική σειρά				
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
10 °C	12	22.05	0.76	X
15 °C	10	22.41	0.9	X
20 °C	8	31.5	1.04	X
2 ^η πειραματική σειρά				
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
10 °C	10	17.1	0.85	X
15 °C	9	24.21	0.94	X
20 °C	7	27.5	1.1	X

Από τη σύγκριση των μέσων τιμών ΔΕ* των δύο πειραματικών σειρών, προκύπτει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών σειρών ($P\text{-Value} > 0.05$) όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.17.

Πίνακας 2.17: Στατιστική σύγκριση των μέσων ΔΕ* μεταξύ των δύο πειραματικών σειρών.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	597.44	5	119.49	1.12	0.36
Within groups	5525.28	52	106.25		
Total (Corr.)	6122.72	57			

Από την επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων προέκυψαν δύο μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης. Η εξίσωση 2 (μεταβολή του δείκτη χρώματος a^*/b^*) και η εξίσωση 3 (ολική μεταβολή του χρώματος ΔE^*) συναρτήσκει τόσο της θερμοκρασίας όσο και του χρόνου συντήρησης.

$$a^*/b^* = \alpha \times (1 - \exp(-b \times t)) \times \exp(c \times \theta) \quad (2)$$

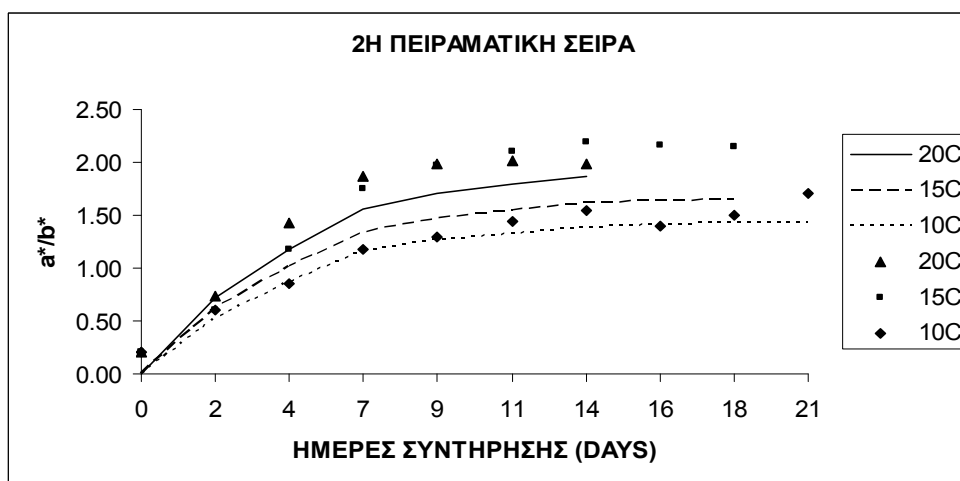
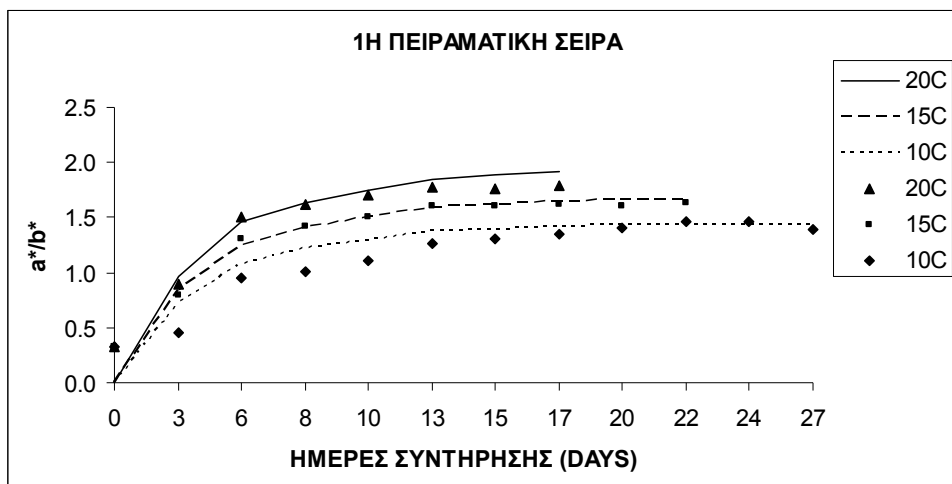
$$\Delta E^* = \alpha \times (1 - \exp(-b \times t)) \times (1 / (\exp(-c \times \theta) + d)) \quad (3)$$

Στον Πίνακα 2.18 παρουσιάζονται οι παράμετροι, οι συντελεστές συσχέτισης και το τυπικό σφάλμα απόκλισης των προηγούμενων σχέσεων πρόβλεψης και για τις δύο πειραματικές σειρές που μεταξύ τους δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά..

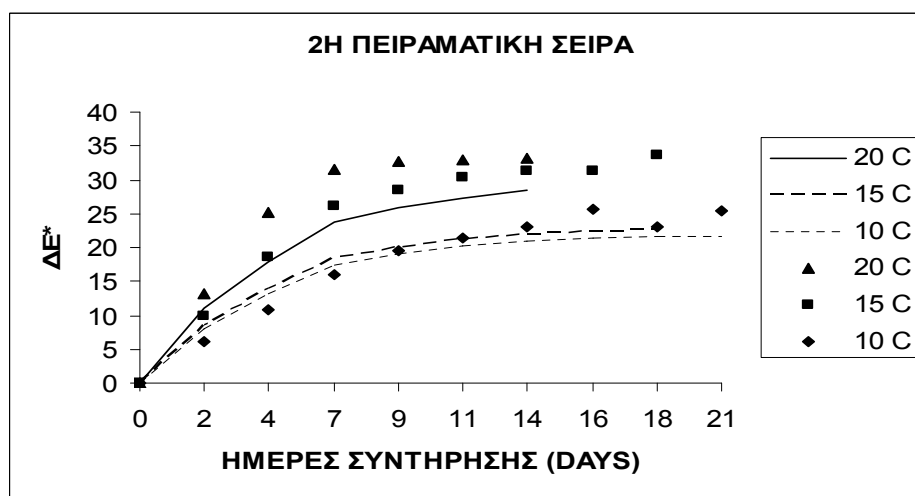
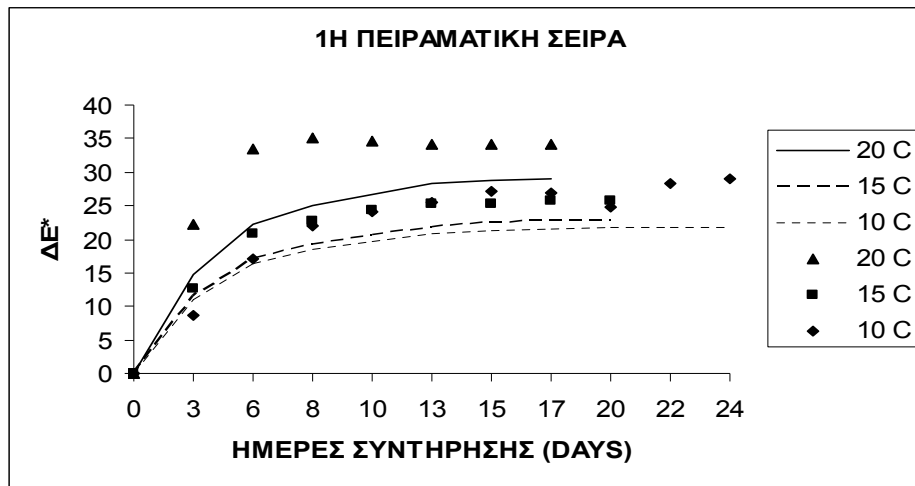
Πίνακας 2.18 : Συντελεστές συσχέτισης (R^2 adj.), συντελεστές a και b , τυπική απόκλιση ($s. e.$) και τυπικό σφάλμα απόκλισης ($S.E.E$) των σχέσεων πρόβλεψης μεταβολής δείκτη χρώματος a^*/b^* και ολικής μεταβολής ΔE^* , για τις δύο πειραματικές σειρές

1 ^η ΚΑΙ 2 ^η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ					
a^*/b^*					
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ		$a^*/b^* = \alpha \times (1 - \exp(-b \times t)) \times \exp(c \times \theta)$			
$\alpha \pm S.E.$	$b \pm s.e.$	$c \pm s.e.$	$(R^2 \text{ adj}) (\%)$	$(S.E.E)$	
1.07 ± 0.08	0.23 ± 0.03	-0.03 ± 0.01	85	0.21	
1 ^η ΚΑΙ 2 ^η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ					
ΔE^*					
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ		$\Delta E^* = \alpha \times (1 - \exp(-b \times t)) \times (1 / (\exp(-c \times \theta) + d))$			
$\alpha \pm S.E.$	$b \pm s.e.$	$c \pm s.e.$	$d \pm s.e.$	$(R^2 \text{ adj}) (\%)$	$(S.E.E)$
0.004 ± 0.02	0.23 ± 0.22	0.38 ± 0.19	5425.30 ± 20242	84.60	2.77

Στα Σχήματα 2.16 και 2.17 παρουσιάζονται οι πειραματικές μέσες τιμές του δείκτη a^*/b^* και της ολικής μεταβολής του χρώματος ΔE^* αντίστοιχα, σε σύγκριση με τις προβλεπόμενες από τις εξισώσεις 2 και 3 σε συνάρτηση πάντοτε με το χρόνο συντήρησης και για τις τρεις συνθήκες συντήρησης.

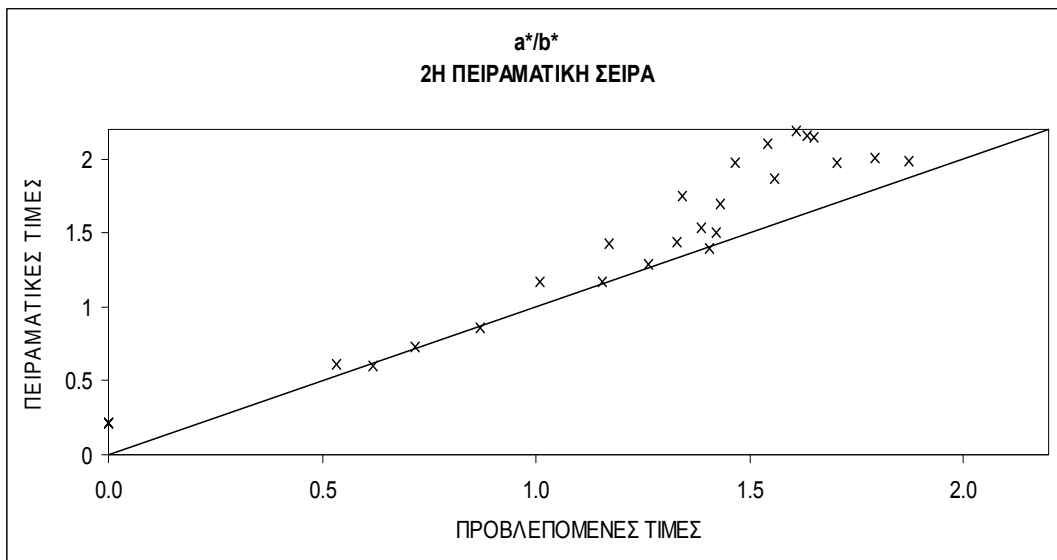
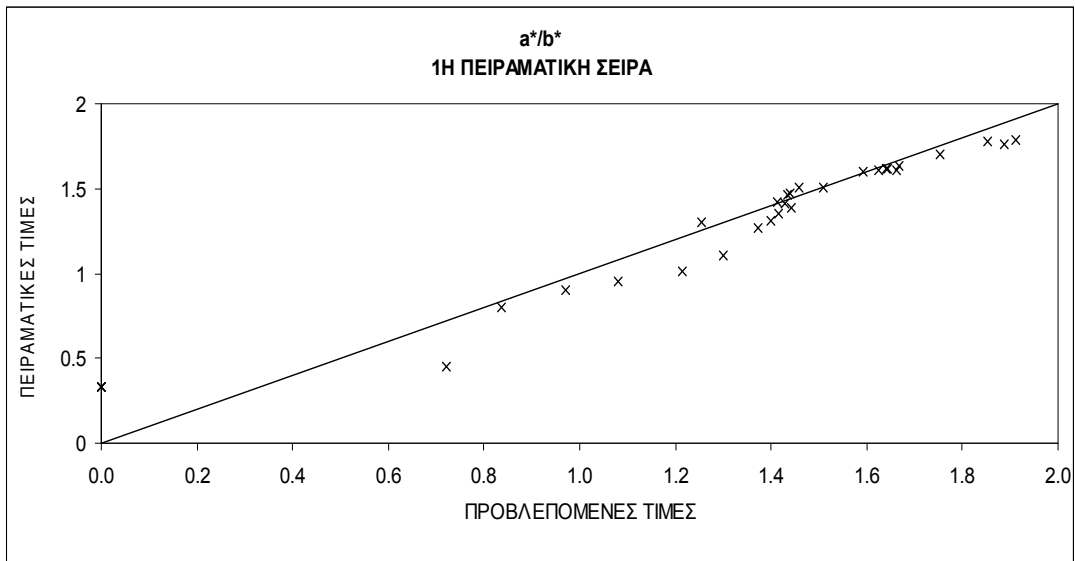


Σχήμα 2.16: Πειραματικές (σημεία) και προβλεπόμενες (γραμμές) τιμές της εξίσωσης (2) σε συνάρτηση με το χρόνο συντήρησης για την μεταβολή a^*/b^* (1^η και 2^η πειραματική σειρά)

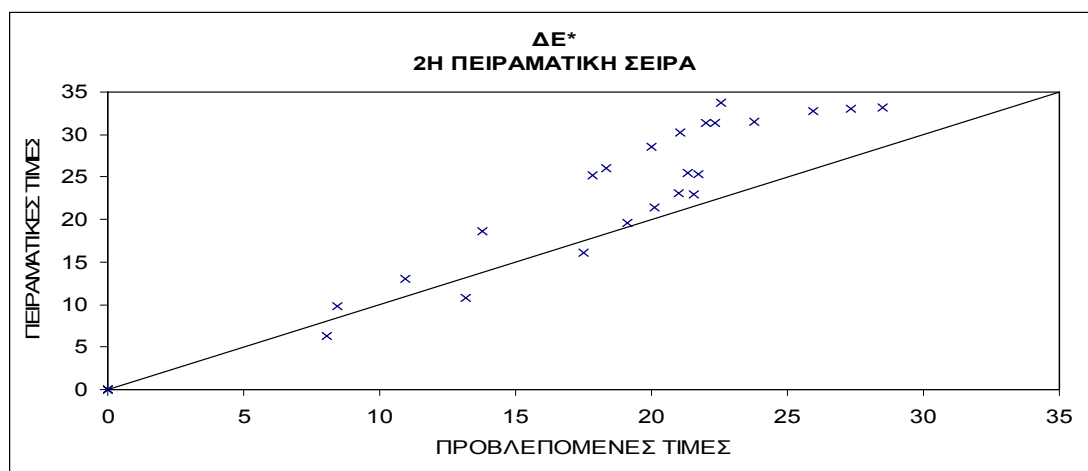
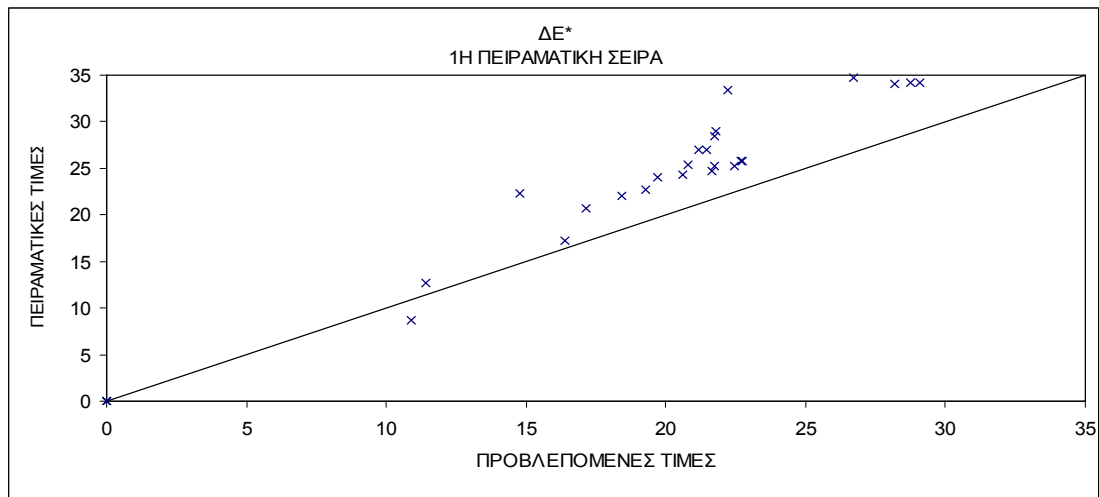


Σχήμα 2.17: Πειραματικές (σημεία) και προβλεπόμενες (γραμμές) τιμές της εξίσωσης (3) σε συνάρτηση με το χρόνο συντήρησης για την ολική μεταβολή ΔE^* για τις δύο πειραματικές σειρές.

Από τη σύγκριση των πειραματικών μέσων τιμών των a^*/b^* και ΔE^* με τις προβλεπόμενες από τις εξισώσεις 2 και 3 τιμές, προκύπτουν τα Σχήματα 2.18 και 2.19 για την 1^η και τη 2^η πειραματική σειρά αντίστοιχα.



Σχήμα 2.18: Πειραματικές μέσες τιμές του δείκτη a^*/b^* έναντι των προβλεπόμενων από τη Εξίσωση 2 για την 1^η και 2^η πειραματική σειρά.



Σχήμα 2.19: Πειραματικές μέσες τιμές της ολικής μεταβολής χρώματος ΔE^* έναντι των προβλεπόμενων από τη εξίσωση 3 για την 1^η και 2^η πειραματική σειρά.

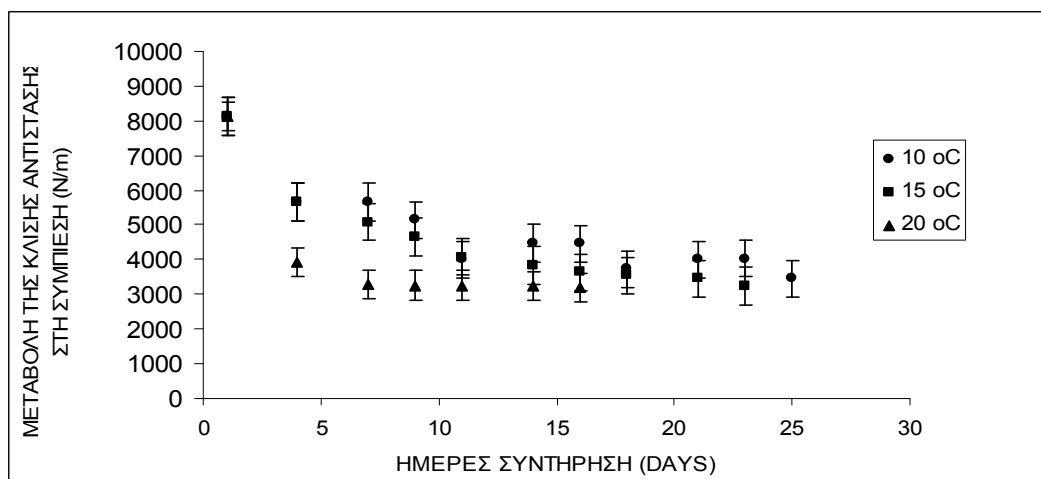
2.3.4 Υφή

2.3.4.1 Αντίσταση στη συμπίεση – Καταστροφική δοκιμή

Η μεταβολή της αντίστασης των τοματών στη συμπίεση (καταστροφική δοκιμή), εκφράστηκε τόσο με τη μεταβολή της κλίσης της αντίστασης του καρπού στη συμπίεση όσο και με τη μεταβολή της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση.

A. Μεταβολή κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση στην ελαστική περιοχή

Η μεταβολή της κλίσης της αντίστασης των καρπών στη συμπίεση (1^η πειραματική σειρά), παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 2.20.



Σχήμα 2.20: Μεταβολή της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση συναρτήσει του χρόνου συντήρησης, στους 10 °C, 15 °C και 20 °C (1^η πειραματική σειρά).

Η ανάλυση διασποράς των δεδομένων της 1^{ης} πειραματικής σειράς ως προς την κλίση της αντίστασης στη συμπίεση (για τις θερμοκρασίες του πειράματος) δίνεται στον Πίνακα 2.19. Όπως προκύπτει τόσο η θερμοκρασία ($p_{\text{value}} = 0.001 < 0.05$) όσο και ο χρόνος συντήρησης ($p_{\text{value}} = 0.001 < 0.05$) έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση.

Πίνακας 2.19: Πίνακας ανάλυσης διασποράς μέσω των τιμών της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C (1^η πειραματική σειρά).

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	7.02E6	2	3.51E6	20.30	0.001
B:TIME	5.53E7	11	5.03E6	29.10	0.001
RESIDUAL	2.59E6	15	1739.		
TOTAL (CORRECTED)	5.97E7	28			

Από την ανάλυση διασποράς συμπεραίνεται ότι οι μέσες τιμές της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση (Fisher's least significant difference (LSD) test) διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους και στις τρεις θερμοκρασίες (10 °C, 15 °C και 20 °C). όπως προκύπτει από τον Πίνακα 2.20.

Πίνακας 2.20: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση μεταξύ των τριών διαφορετικών θερμοκρασιών συντήρησης για την 1^η πειραματική σειρά.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
20 °C	7	3293.15	176.87	X
15 °C	10	4232.22	142.02	X
10 °C	12	4649.73	120.03	X

Από τη σύγκριση των μέσων τιμών της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση με τις αντίστοιχες μέσες τιμές παλαιότερου πειράματός μας (Fisher's least significant difference (LSD) test) σε τομάτες βιολογικής καλλιέργειας, ίδιας ποικιλίας και καλλιεργητικής περιόδου που είχαν συντηρηθεί στις ίδιες συνθήκες (Ψυχογιού κ. ά., 2009b), προκύπτει ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο αυτών σειρών ($p_{\text{value}} = 0.97 > 0.05$) (Πίνακες 2.21 και 2.22).

Πίνακας 2.21: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση των δύο πειραματικών σειρών «Ιουλίου 2007» – «Ιουλίου 2009».

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	6419.78	1	6419.78	0.001	0.97
Within groups	1.91E8	50	3.84E6		
Total (Corr.)	1.92E8	51			

Πίνακας 2.22: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση μεταξύ των δύο πειραματικών σειρών: πείραμα «Ιουλίου 2007» και πείραμα «Ιουλίου 2009».

	Count	Mean	Homogeneous Groups
Πείραμα «Ιουλίου 2007»	23	4433.39	X
Πείραμα «Ιουλίου 2009»	29	4455.77	X

Όσον αφορά το πείραμα «Ιουλίου 2007» για τις μέσες τιμές της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση στην ελαστική περιοχή, από την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων είχε προκύψει η ακόλουθη εξίσωση πρόβλεψης (4) συναρτήσει της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης:

$$a_R = \exp\left((\alpha + b \cdot \theta) - (c + d \cdot \theta) \cdot t^{0.5}\right) \quad (4)$$

Όπου:

a_R : η κλίση της αντίστασης στη συμπίεση στην ελαστική περιοχή (N/mm)

θ : η θερμοκρασία (°C)

t : ο χρόνος συντήρησης (ημέρες)

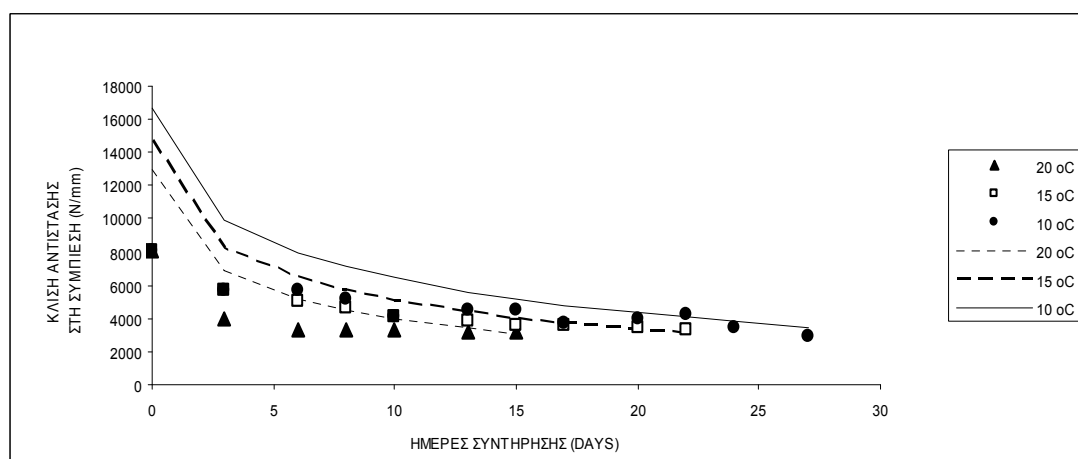
α , b , c και d : παράμετροι οι οποίες δίνονται Πίνακας 2.22

Οι μέσες πειραματικές τιμές της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση της πειραματικής σειράς «Ιουλίου 2009» επαληθεύουν τη εξίσωση αυτή (Εξίσωση 4), με πολύ καλό συντελεστή προσδιορισμού ($R^2=91.7\%$). Οι παράμετροι, οι συντελεστές προσδιορισμού της εξίσωσης 4 και το τυπικό σφάλμα απόκλισης και για τις δύο πειραματικές σειρές, δίνονται στον Πίνακα 2.23.

Πίνακας 2.23: Παράμετροι. συντελεστές προσδιορισμού (R^2) και τυπικό σφάλμα απόκλισης (SEE) της εξίσωσης 4 για τις δύο πειραματικές σειρές.

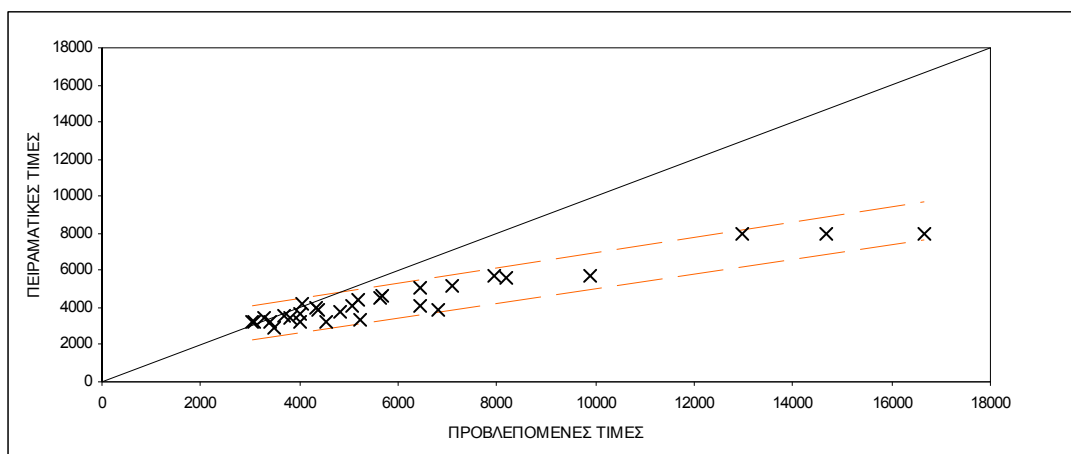
	a	b	c	d	R^2	SEE
Πείραμα «Ιουλίου 2009»	9.97	-0.02	0.23	0.01	0.92	427.2
Πείραμα «Ιουλίου 2007»					0.94	508.93

Στο Σχήμα 2.21 παρουσιάζονται οι πειραματικές και οι προβλεπόμενες τιμές μεταβολής της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση από τη εξίσωση (4) σε συνάρτηση με το χρόνο συντήρησης, για την 1^η πειραματική σειρά.



Σχήμα 2.21: Πειραματικές (σημεία) και προβλεπόμενες (γραμμές) τιμές της εξίσωσης (4) για τη μεταβολή της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση σε συνάρτηση με το χρόνο συντήρησης.

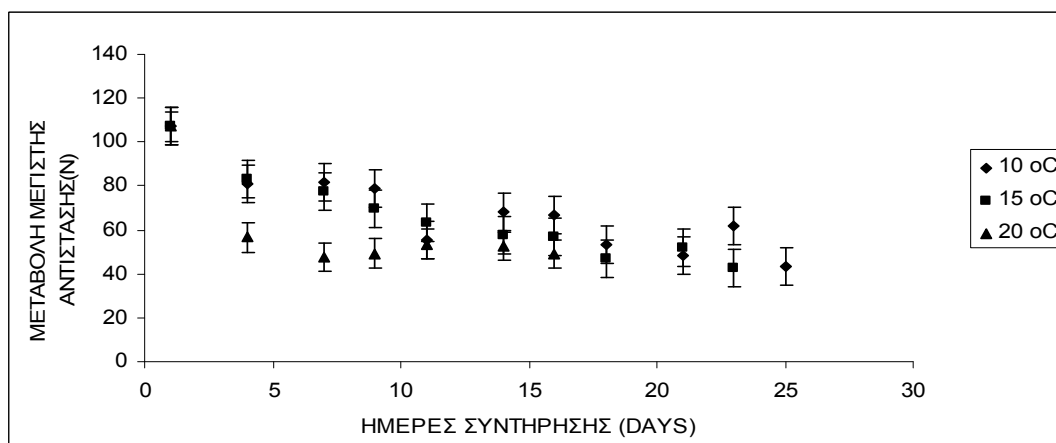
Η σύγκριση των μέσων τιμών της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση με τις προβλεπόμενες από την εξίσωση (4) τιμές, δίνει τις γραφικές συσχετίσεις του Σχήματος 2.22. Τα εμφανιζόμενα όρια πρόβλεψης αντιστοιχούν σε $p=0.05$.



Σχήμα 2.22: Πειραματικές μέσες τιμές της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση συγκρινόμενη με τις αντίστοιχες προβλεπόμενες από την εξίσωση (4).

B. Μεταβολή της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση

Η μεταβολή της μέγιστης αντίστασης των καρπών στη συμπίεση για την πειραματική σειρά «Ιούλιος 2009», παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 2.23.



Σχήμα 2.23: Μεταβολή της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση συναρτήσει του χρόνου συντήρησης, στους 10 °C, 15 °C και 20 °C (πειραματική σειρά «Ιούλιος 2009»).

Από την ανάλυση διασποράς των δεδομένων αυτής της πειραματικής σειράς ως προς την μέγιστη αντίσταση στη συμπίεση των τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C, προκύπτει ότι τόσο η θερμοκρασία ($p_{\text{value}} = 0.001 < 0.05$) όσο και ο χρόνος συντήρησης ($p_{\text{value}} = 0.001 < 0.05$) έχουν στατιστικά σημαντική

επίδραση στην μεταβολή της μέγιστης αντίστασης των καρπών στη συμπίεση (Πίνακας 2.24).

Πίνακας 2.24: Πίνακας ανάλυσης διασποράς μέσω των τιμών της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C (πειραματική σειρά «Ιούλιος 2009»).

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	1287.22	2	643.61	11.35	0.001
B:TIME	8654.07	10	865.41	15.21	0.001
RESIDUAL	850.84	15	56.72		
TOTAL (CORRECTED)	9816.60	27			

Από την ανάλυση διασποράς διαπιστώνεται επίσης ότι οι μέσες τιμές της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση των τοματών που συντηρήθηκαν στους 20 °C διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από τις αντίστοιχες τιμές στους 10 °C και 15 °C (Πίνακας 2.25).

Πίνακας 2.25: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση μεταξύ των τριών διαφορετικών θερμοκρασιών συντήρησης (πειραματική σειρά «Ιούλιος 2009»).

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
20 °C	7	49.62	3.14	X
15 °C	10	63.08	2.49	X
10 °C	11	67.86	2.27	X

Από τη σύγκριση των μέσων τιμών μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση της πειραματικής σειράς «Ιουλίου 2009» με τις αντίστοιχες του «Ιουλίου 2007»

(Ψυχογιού κ.ά., 2009b), προκύπτει ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο αυτών σειρών ($p_{\text{Value}} = 0.72 > 0.05$) (Πίνακες 2.26 και 2.27).

Πίνακας 2.26: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση, για τις δύο συγκρινόμενες πειραματικές σειρές.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	2384.73	5	476.94	0.57	0.72
Within groups	37435.2	45	831.89		
Total (Corr.)	39819.9	50			

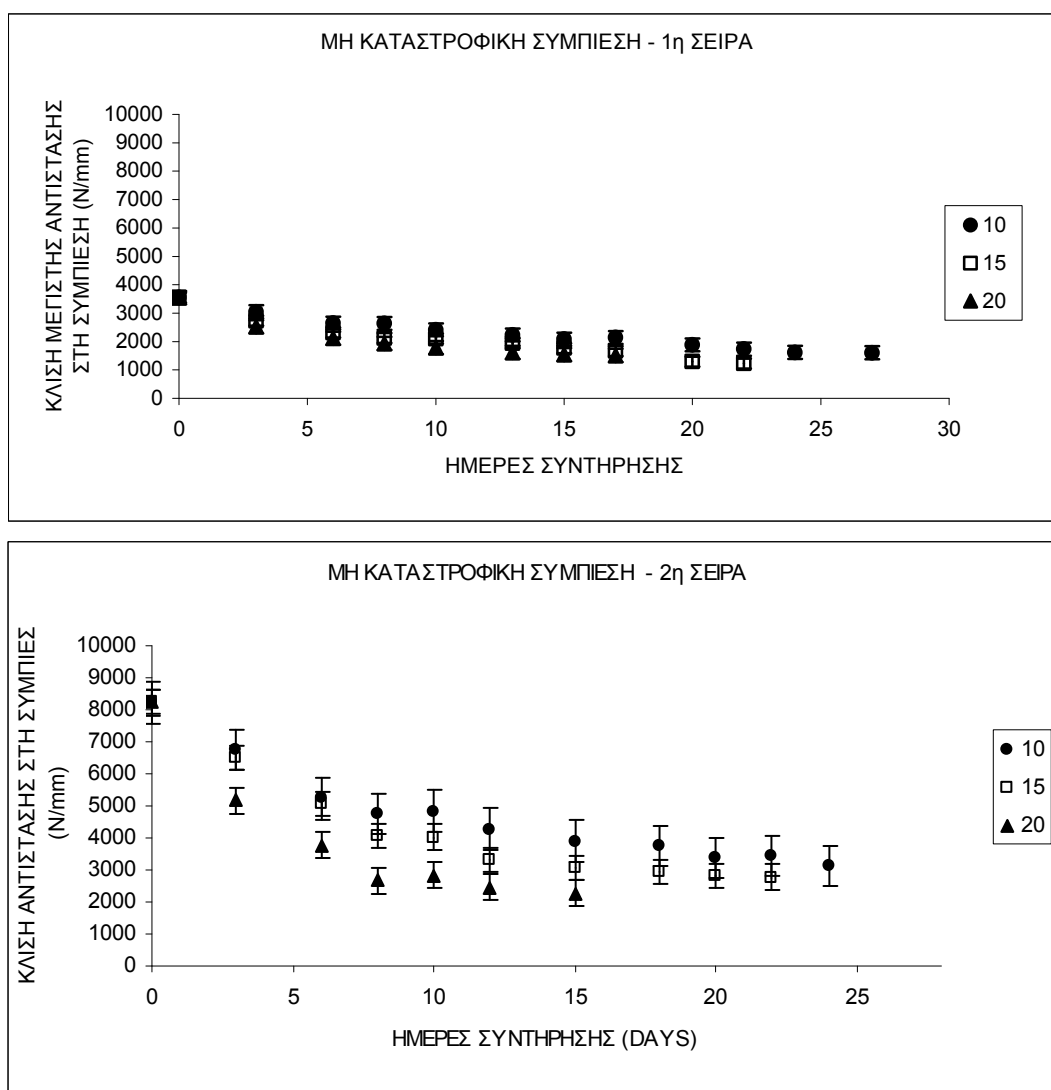
Πίνακας 2.27: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση μεταξύ των δύο πειραματικών σειρών, «Ιουλίου 2009» (a) και «Ιουλίου 2007» (b)

Temp July_Nov	Count	Mean	Homogeneous Groups
(20 °C) _a	8	65.49	X
(15 °C) _a	9	60.08	X
(10 °C) _a	9	75.41	X
(20 °C) _b	6	51.48	X
(15 °C) _b	10	65.56	X
(10 °C) _b	11	67.86	X

2.3.4.2 Μεταβολή της αντίστασης στη Συμπίεση (ελαστική περιοχή) – Μη καταστροφική δοκιμή

Η μεταβολή της αντίστασης των τοματών στη συμπίεση σε μη καταστροφικές δοκιμές, εκφράστηκε αποκλειστικά με τη μεταβολή της κλίσης της αντίστασης των καρπών στη συμπίεση στην ελαστική περιοχή. Η μεταβολή της κλίσης της αντίστασης των καρπών στη συμπίεση, μέχρι σταθερής παραμόρφωσης 3mm, στην 1^η

(«Ιούλιος 2009») και 2^η («Νοέμβριος 2009») πειραματική σειρά παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 2.24.



Σχήμα 2.24: Μεταβολή της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση για σταθερή παραμόρφωση συναρτήσει του χρόνου συντήρησης, στους 10 °C, 15 °C και 20 °C για τις δυο πειραματικές σειρές.

Η ανάλυση διασποράς των δεδομένων της 1^{ης} και 2^{ης} πειραματικής σειράς ως προς την κλίση της αντίστασης στη συμπίεση τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C δίνεται στον Πίνακα 2.28. Όπως προκύπτει τόσο η θερμοκρασία ($p_{\text{value}} = 0.001 < 0.05$) όσο και ο χρόνος συντήρησης ($p_{\text{value}} = 0.001 < 0.05$) έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στην κλίση της μέγιστης

αντίστασης των καρπών στη συμπίεση, όπως συμβαίνει και με τις καταστροφικές δοκιμές.

Πίνακας 2.28: Πίνακας ανάλυσης διασποράς μέσω των τιμών της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C (1^η και 2^η πειραματική σειρά).

1 ^η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:time July	1.12E7	11	1.02E6	69.24	0.001
B:ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ July	1.37E6	2	686274.	46.64	0.001
RESIDUAL	235409.	16	14713.1		
TOTAL (CORRECTED)	1.18E7	29			
2 ^η πειραματικής σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:time Nov	8.03E7	10	8.03E6	67.42	0.001
B:ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Nov	8.89E6	2	4.44E6	37.33	0.001
RESIDUAL	1.79E6	15	119088.		
TOTAL (CORRECTED)	8.48E7	27			

Από την ανάλυση διασποράς συμπεραίνεται επίσης ότι οι μέσες τιμές της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση (Fisher's LSD test) διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους και στις τρεις θερμοκρασίες (10 °C, 15 °C και 20 °C) και για τις δύο πειραματικές σειρές (Πίνακας 2.29).

Από τη σύγκριση των μέσων τιμών της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση των δύο πειραματικών σειρών, προκύπτει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά

μεταξύ των δύο αυτών σειρών ($p_{\text{Value}} = 0.001 < 0.05$) (Πίνακας 2.30). Το γεγονός αυτό ίσως να καθιστά σαφές, ότι η καλλιεργητική περίοδος επηρεάζει σημαντικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε καρπούς τομάτας.

Πίνακας 2.29: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση μεταξύ των τριών διαφορετικών θερμοκρασιών συντήρησης και για τις δύο πειραματικές σειρές.

1 ^η πειραματική σειρά	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
20 °C	8	1752.62	47.6263	X
15 °C	10	1932.71	41.431	X
10 °C	12	2298.65	35.0156	X
2 ^η πειραματική σειρά	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
20 °C	7	3162.46	143.691	X
15 °C	10	4118.36	113.98	X
10 °C	11	4695.37	104.049	X

Πίνακας 2.30: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση, για τις δύο πειραματικές σειρές.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	7.24E7	5	1.45E7	8.05	0.001
Within groups	9.35E7	52	1.8E6		
Total (Corr.)	1.65882E8	57			

Για τις μέσες τιμές της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση για σταθερή παραμόρφωση, από την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων προκύπτει η εξίσωση 5 συναρτήσει της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης με υψηλούς συντελεστές

προσδιορισμού τόσο για την 1^η όσο και για τη 2^η πειραματική σειρά ($R^2=96.5\%$ και $R^2=96.3\%$ αντίστοιχα):

$$a_R = \exp\left((\alpha + b \cdot \theta) - (c + d \cdot \theta) \cdot t^{0.5}\right) \quad (5)$$

Όπου:

a_R : η κλίση της αντίστασης στη συμπίεση στην ελαστική περιοχή (N/mm)

θ : η θερμοκρασία (°C)

t : ο χρόνος συντήρησης (ημέρες)

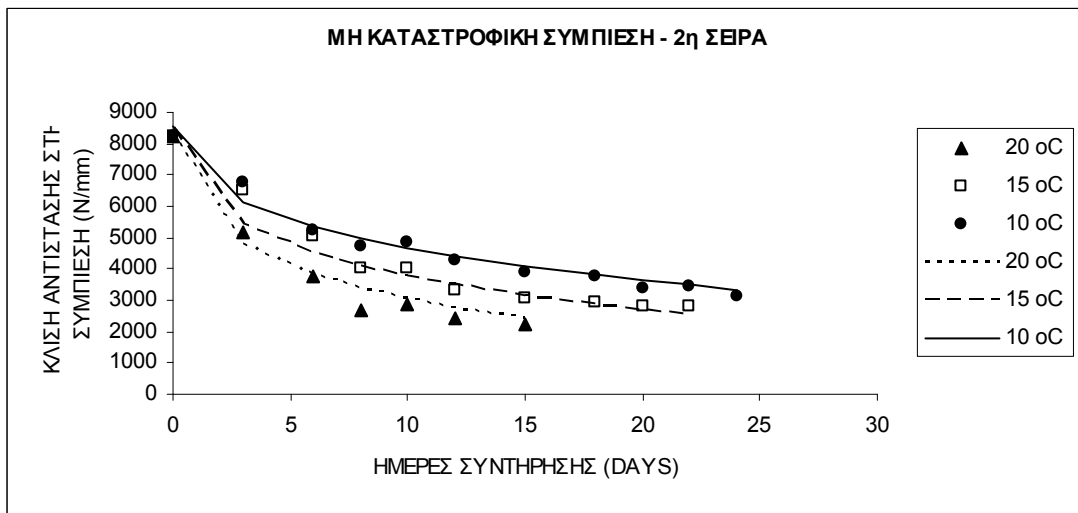
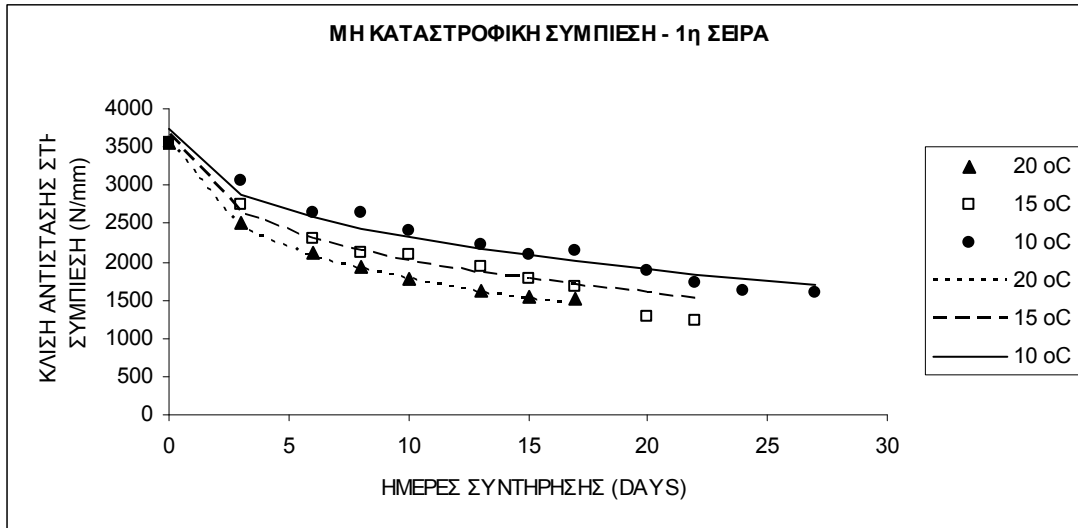
α , b , c και d : παράμετροι οι οποίες δίνονται παρακάτω (Πίνακας 2.31)

Οι παράμετροι, οι συντελεστές προσδιορισμού της Εξίσωσης (5) και τα τυπικά σφάλματα απόκλισης για τις δύο πειραματικές σειρές δίνονται στον Πίνακα 2.30.

Πίνακας 2.31: Παράμετροι, συντελεστές προσδιορισμού (R^2) και τυπικό σφάλμα απόκλισης (SEE) της εξίσωσης (5) για τις δύο πειραματικές σειρές.

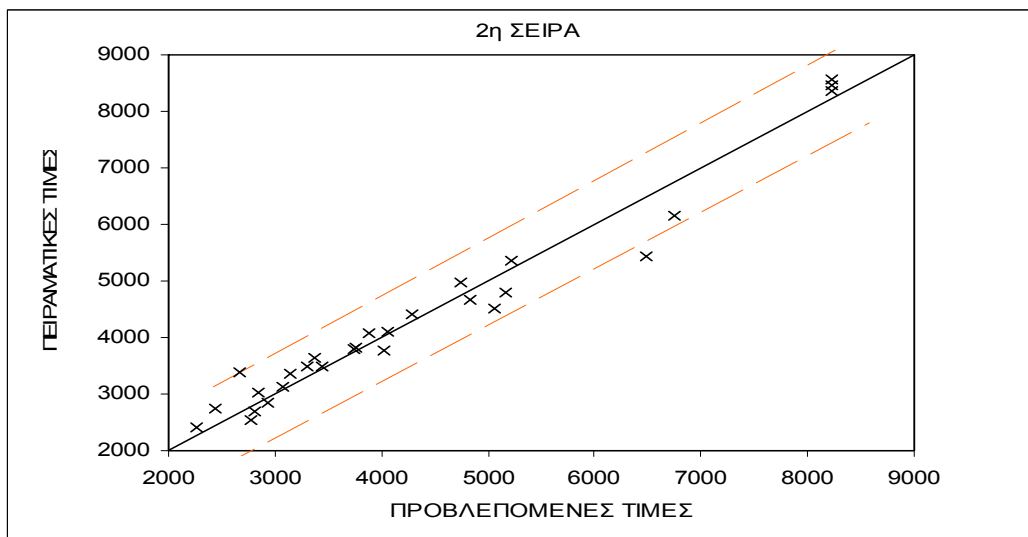
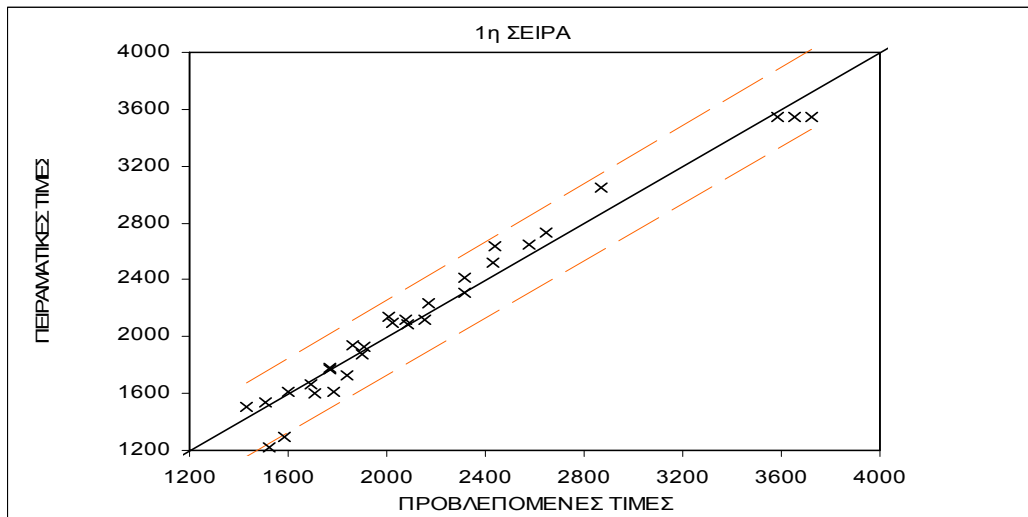
	$a \pm s.e$	$b \pm s.e$	$c \pm s.e$	$d \pm s.e$	R^2	SEE
1 ^η πειραματική σειρά	8.26±0.06	-0.004±0.004	0.08±0.02	0.007±0.001	0.96	127.09
2 ^η πειραματική σειρά	9.08±0.08	-0.002±0.006	0.06±0.03	0.013±0.002	0.96	364.62

Στο Σχήμα 2.25 παρουσιάζονται οι πειραματικές και οι προβλεπόμενες τιμές από τη εξίσωση (5) της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση σε συνάρτηση με το χρόνο συντήρησης, για τις τρεις θερμοκρασίες και τις δύο πειραματικές σειρές.



Σχήμα 2.25: Πειραματικές (σημεία) και προβλεπόμενες (γραμμές) τιμές της εξίσωσης (5) της μεταβολής της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση για σταθερή παραμόρφωση, σε συνάρτηση με το χρόνο συντήρησης, για τις τρεις θερμοκρασίες και τις δύο πειραματικές σειρές.

Αν οι πειραματικές μέσες τιμές της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση συγκριθούν στατιστικά με τις προβλεπόμενες από τη εξίσωση (5) τιμές, προκύπτουν οι γραφικές συσχετίσεις του Σχήματος 2.26 με όρια πρόβλεψης που αντιστοιχούν σε $p \leq 0.05$.



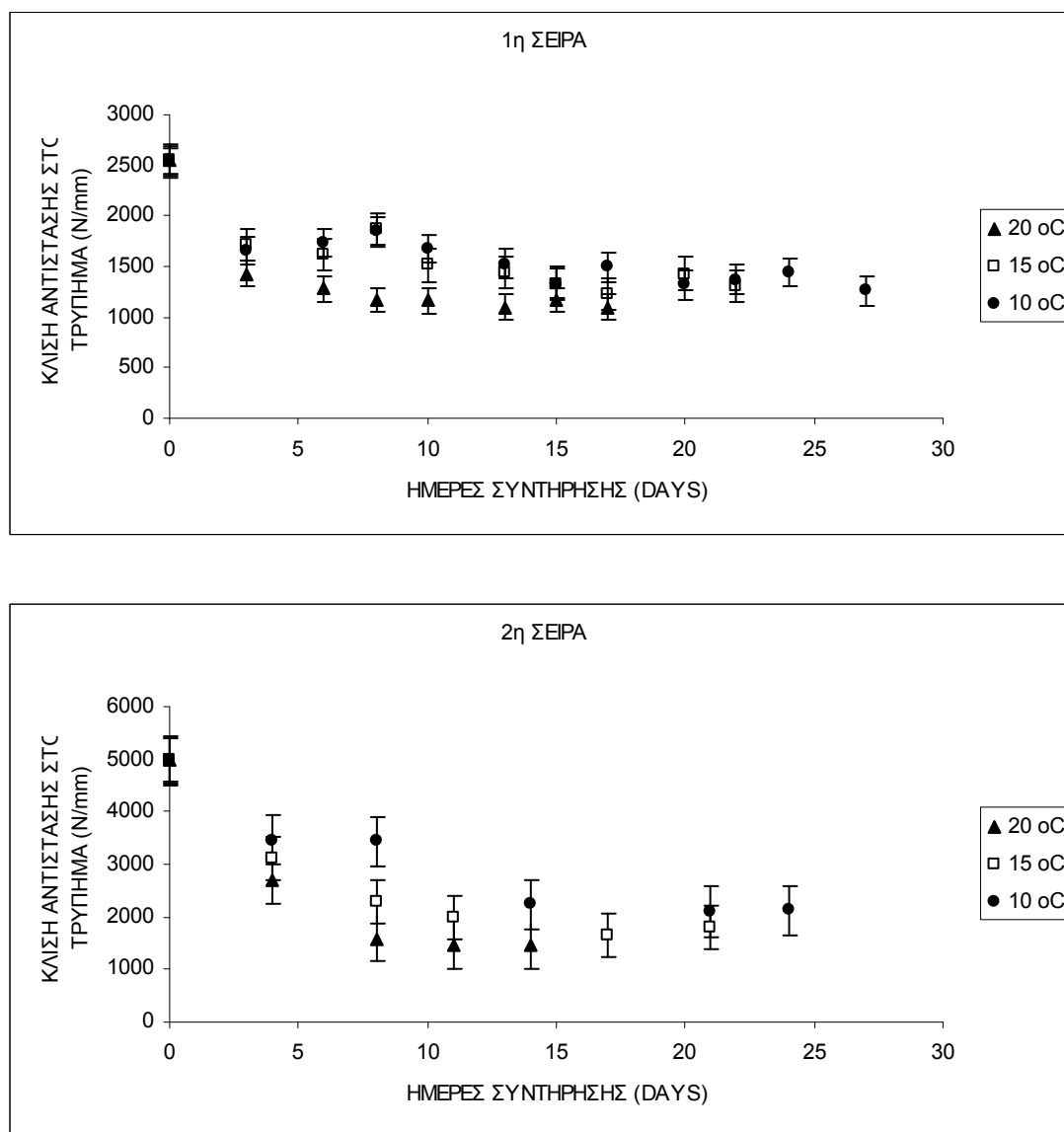
Σχήμα 2.26: Πειραματικές μέσες τιμές της κλίσης της αντίστασης στη συμπίεση για σταθερή παραμόρφωση 3 mm, έναντι προβλεπόμενων από τη Εξίσωση (5) για τις δύο πειραματικές σειρές.

2.3.4.3 Αντίσταση στη διείδυση

Η μεταβολή της αντίστασης στη διείδυση εκφράστηκε με τη μεταβολή τόσο της κλίσης της αντίστασης όσο και της μέγιστης αντίστασης των καρπών στην ελαστική περιοχή σε συνάρτηση με το χρόνο συντήρησης.

A) Κλίση αντίστασης στη διείσδυση στην ελαστική περιοχή

Η μεταβολή της κλίσης της αντίστασης των καρπών στη διείσδυση στην 1^η και 2^η πειραματική σειρά παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 2.27.



Σχήμα 2.27: Μεταβολή της κλίσης της αντίστασης στη διείσδυση συναρτήσει του χρόνου συντήρησης, στους 10 °C, 15 °C και 20 °C για τις δυο πειραματικές σειρές.

Η ανάλυση διασποράς των δεδομένων της 1^{ης} και 2^{ης} πειραματικής σειράς ως προς την κλίση της αντίστασης στη διείσδυση τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C δίνεται στον Πίνακα 2.32. Όπως προκύπτει τόσο η θερμοκρασία ($p_{\text{value}} = 0.001 < 0.05$) όσο και ο χρόνος συντήρησης ($p_{\text{value}} = 0.001 < 0.05$) έχουν στατιστικά σημαντική στην κλίση για την 1^η μόνο πειραματική σειρά. Για τη 2^η πειραματική σειρά, η ανάλυση διασποράς έδειξε ότι η θερμοκρασία

($p_{\text{value}} = 0.11 > 0.05$) δεν έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην κλίση αντίστασης στη διείδυση, σε αντίθεση με το χρόνο συντήρηση ($p_{\text{value}} = 0.005 < 0.05$).

Πίνακας 2.32: Πίνακας ανάλυσης διασποράς μέσω των τιμών της κλίσης της αντίστασης στο διείδυση τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C (1^η και 2^η πειραματική σειρά).

1 ^η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Time July	4.096E6	11	372383.	23.09	0.001
B:ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ July	570262.	2	285131.	17.68	0.001
RESIDUAL	258067.	16	16129.2		
TOTAL (CORRECTED)	4.67E6	29			
2 ^η πειραματικής σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Time Nov	2.27E7	9	2.52E6	13.88	0.005
B:ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ Nov	1.29E6	2	645695.	3.55	0.11
RESIDUAL	909465.	5	181893.		
TOTAL (CORRECTED)	2.48E7	16			

Από την ανάλυση διασποράς Fisher's least significant difference (LSD) test διαπιστώνεται επίσης ότι οι μέσες τιμές της κλίσης της αντίστασης στη διείδυση διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ως εξής: οι μέσες τιμές της κλίσης στους 20 °C διέφεραν σημαντικά από τις μέσες τιμές των 15 και 10 °C στην 1^η πειραματική σειρά, ενώ στη 2^η πειραματική σειρά στατιστικά σημαντική διαφορά υπήρχε μόνο μεταξύ των μέσων τιμών της κλίσης στους 20°C και 10 °C (Πίνακας 2.33).

Πίνακας 2.33: Στατιστική σύγκριση (των μέσων τιμών της κλίσης της αντίστασης στη διείσδυση μεταξύ των τριών διαφορετικών θερμοκρασιών συντήρησης για τις δύο πειραματικές σειρές.

1 ^η πειραματική σειρά	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
20 °C	8	1251.64	49.86	X
15 °C	10	1549.27	43.38	X
10 °C	12	1600.45	36.66	X
2 ^η πειραματική σειρά	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
20 °C	5	1852.84	236.02	X
15 °C	6	2268.14	215.89	XX
10 °C	6	2748.40	215.89	X

Από τη σύγκριση των μέσων τιμών της κλίσης της αντίστασης στη διείσδυση των δύο πειραματικών σειρών, προκύπτει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών σειρών ($p_{\text{Value}} = 0.001 < 0.05$) (Πίνακας 2.34).

Πίνακας 2.34: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της κλίσης της αντίστασης στη διείσδυση, για τις δύο πειραματικές σειρές.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	1.67E7	5	3.33E6	4.89	0.001
Within groups	2.80E7	41	682687		
Total (Corr.)	4.47E7	46			

Για τις μέσες τιμές της κλίσης της αντίστασης στη διείσδυση, από την επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων προκύπτει η εξίσωση (6) συναρτήσει της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης με υψηλούς συντελεστές προσδιορισμού

τόσο για την 1^η όσο και για τη 2^η πειραματική σειρά ($R^2=96.5\%$ και $R^2=96.3\%$ αντίστοιχα):

$$a_R = \exp\left((\alpha + b \cdot \theta) - (c + d \cdot \theta) \cdot t^{0.5}\right) \quad (6)$$

Όπου:

a_R : η κλίση της αντίστασης στη συμπίεση στην ελαστική περιοχή (N/mm)

θ : η θερμοκρασία (°C)

t : ο χρόνος συντήρησης (ημέρες)

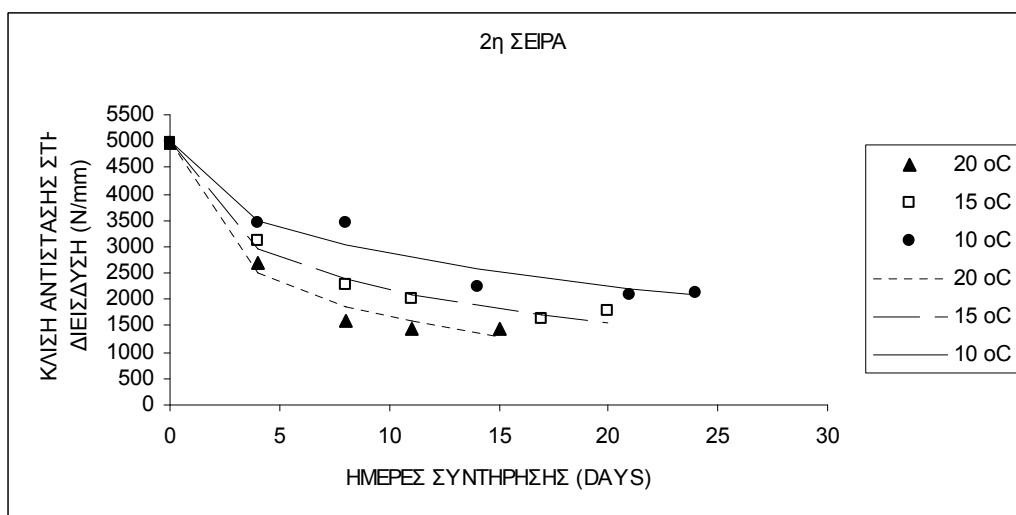
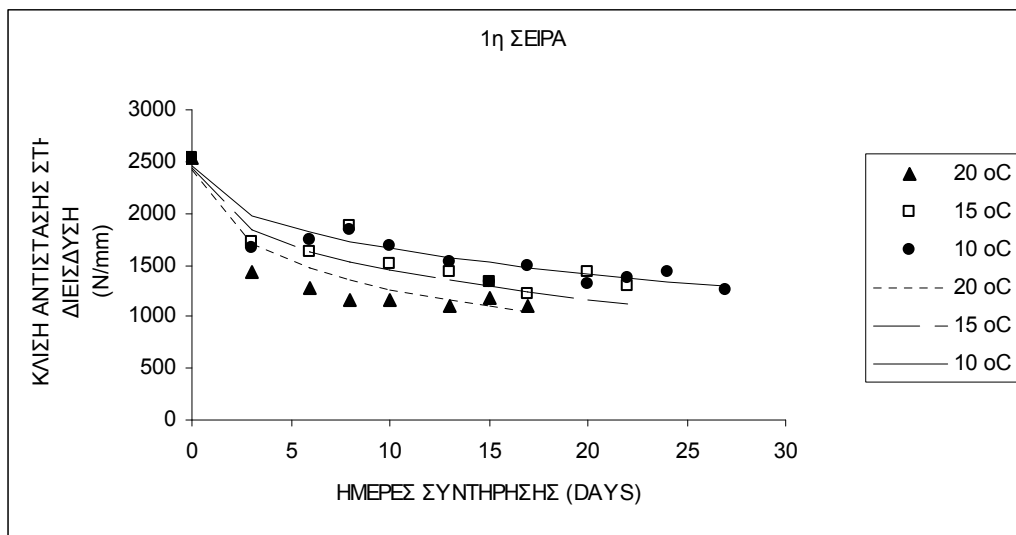
α , b , c και d : παράμετροι οι οποίες δίνονται παρακάτω (Πίνακας 2.35)

Οι παράμετροι, οι συντελεστές προσδιορισμού και τα τυπικά σφάλματα απόκλισης της εξίσωσης (6) για τις δύο πειραματικές σειρές δίνονται στον Πίνακα 2.35.

Πίνακας 2.35: Παράμετροι, συντελεστές προσδιορισμού (R^2) και τυπικό σφάλμα απόκλισης (SEE) της Εξίσωσης (6) για τις δύο πειραματικές σειρές.

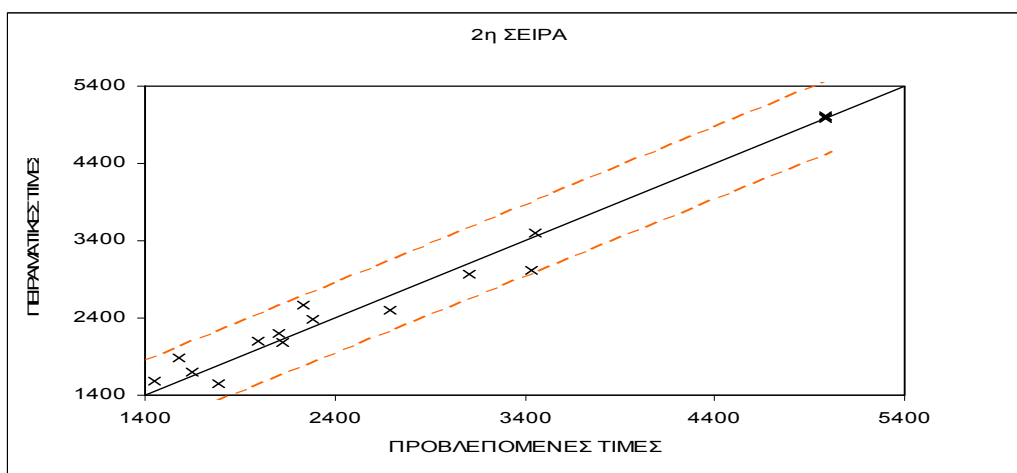
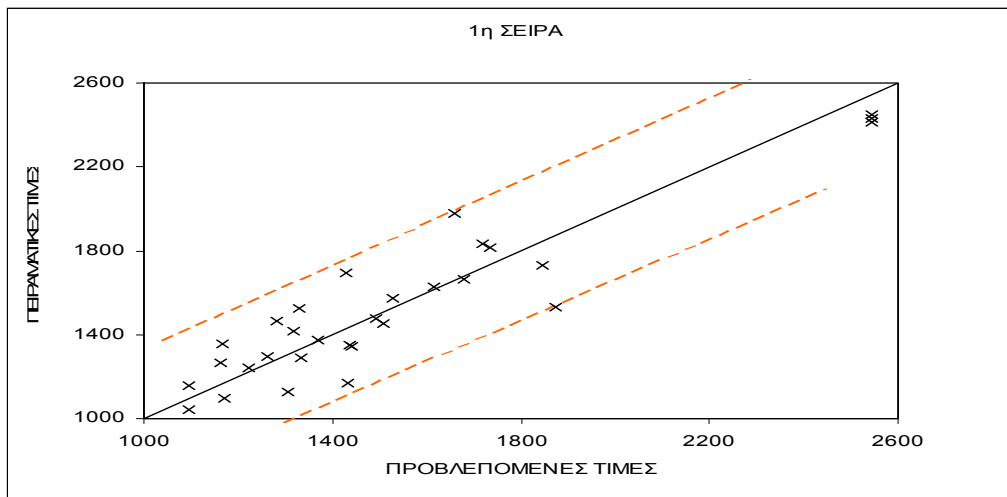
	$a \pm s. e.$	$b \pm s. e.$	$c \pm s. e.$	$d \pm s. e.$	R^2	SEE
1 ^η πειραματική σειρά	7.82±0.12	-0.002±0.01	0.042±0.04	0.008±0.003	0.87	155.11
2 ^η πειραματική σειρά	8.53±0.08	-0.001±0.01	0.001±0.04	0.017±0.003	0.98	209.24

Στο Σχήμα 2.28 παρουσιάζονται οι πειραματικές και οι προβλεπόμενες τιμές από τη Εξίσωση (6) σε συνάρτηση με το χρόνο συντήρησης, για την κλίση της αντίστασης των καρπών στη διείδυση για τις δύο πειραματικές σειρές.



Σχήμα 2.28: Πειραματικές (σημεία) και προβλεπόμενες (γραμμές) τιμές της εξίσωσης (6) σε συνάρτηση με το χρόνο, για τη μεταβολή της κλίσης της αντίστασης στη διείσδυση για τις τρεις θερμοκρασίες και για τις δύο πειραματικές σειρές.

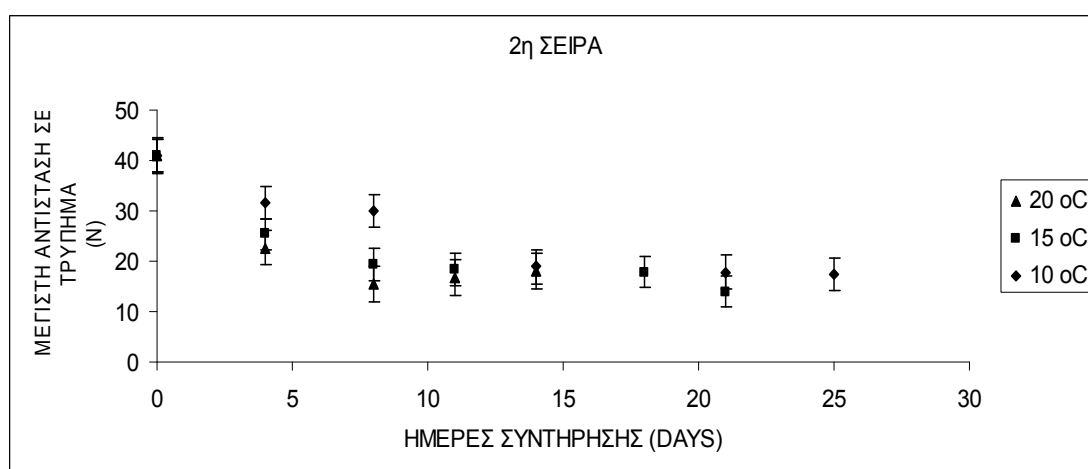
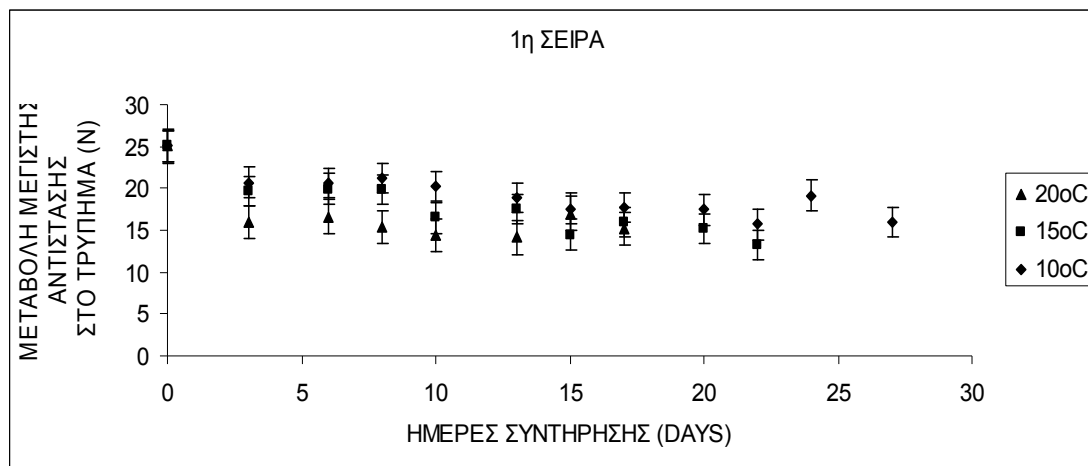
Από τη σύγκριση των πειραματικών μέσων τιμών της κλίσης της αντίστασης στη διείσδυση με τις προβλεπόμενες από τη εξίσωση (6) τιμές, προκύπτουν οι γραφικές συσχετίσεις του Σχήματος 2.29. Τα εμφανιζόμενα όρια πρόβλεψης αντιστοιχούν σε $p=0.05$.



Σχήμα 2.29: Πειραματικές μέσες τιμές της κλίσης της αντίστασης στη διείδυση έναντι προβλεπόμενων από τη εξίσωση (6) για τις δύο πειραματικές σειρές.

B) Μέγιστη αντίσταση στη διείδυση στην ελαστική περιοχή

Η μεταβολή της μέγιστης αντίστασης των καρπών στη διείδυση στην 1^η και 2^η πειραματική σειρά παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 2.30.



Σχήμα 2.30: Μεταβολή της μέγιστης αντίστασης στη διείσδυση συναρτήσει του χρόνου συντήρησης, στους 10 °C, 15 °C και 20 °C για τις δυο πειραματικές σειρές.

Η ανάλυση διασποράς των δεδομένων των δύο πειραματικών σειρών ως προς την μέγιστη αντίσταση στη διείσδυση σε τομάτες που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C δίνεται στον Πίνακα 2.36. Όπως προκύπτει τόσο η θερμοκρασία ($p_{\text{Value}} = 0.001 < 0.05$) όσο και ο χρόνος συντήρησης ($p_{\text{Value}} = 0.001 < 0.05$) έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στην μεταβολή της μέγιστης αντίστασης των καρπών στη διείσδυση στην πρώτη πειραματική σειρά. Στη 2^η πειραματική σειρά, η ανάλυση διασποράς έδειξε ότι η θερμοκρασία ($p_{\text{Value}} = 0.07 > 0.05$) δεν έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην μέγιστη αντίσταση στη διείσδυση, σε αντίθεση με το χρόνο συντήρησης ($p_{\text{Value}} = 0.001 < 0.05$).

Πίνακας 2.36: Πίνακας ανάλυσης διασποράς μέσω των τιμών της κλίσης της μέγιστης αντίστασης στη διείδυση τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C (1^η πειραματική σειρά).

1 ^η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	55.61	2	27.81	15.53	0.001
B:TIME	241.13	11	21.92	12.24	0.001
RESIDUAL	28.65	16	1.79		
TOTAL (CORRECTED)	300.83	29			
2 ^η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	88.36	2	44.18	4.10	0.07
B:TIME	1290.82	7	184.40	17.12	0.001
RESIDUAL	75.39	7	10.77		
TOTAL (CORRECTED)	1411.98	16			

Από την ανάλυση διασποράς συμπεραίνεται ότι οι μέσες τιμές της μεταβολής της μέγιστης αντίστασης στη διείδυση διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ως εξής: και για τις τρεις θερμοκρασίες οι μέσες τιμές μεταβολής της μέγιστης αντίστασης στη διείδυση διέφεραν σημαντικά στην 1^η πειραματική σειρά. Στη 2^η πειραματική σειρά στατιστικά σημαντική διαφορά υπήρχε μόνο μεταξύ των μέσων τιμών της μέγιστης αντίστασης στους 20° και 10 °C (Πίνακας 2.37).

Πίνακας 2.37: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της μέγιστης αντίστασης στο διείσδυση μεταξύ των τριών διαφορετικών θερμοκρασιών συντήρησης για την 2^η πειραματική σειρά.

1η πειραματική σειρά	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
20 °C	8	15.58	0.52	X
15 °C	10	17.41	0.46	X
10 °C	12	19.20	0.39	X
2η πειραματική σειρά	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
20 °C	5	19.26	1.67	X
15 °C	6	20.71	1.46	XX
10 °C	6	25.26	1.47	X

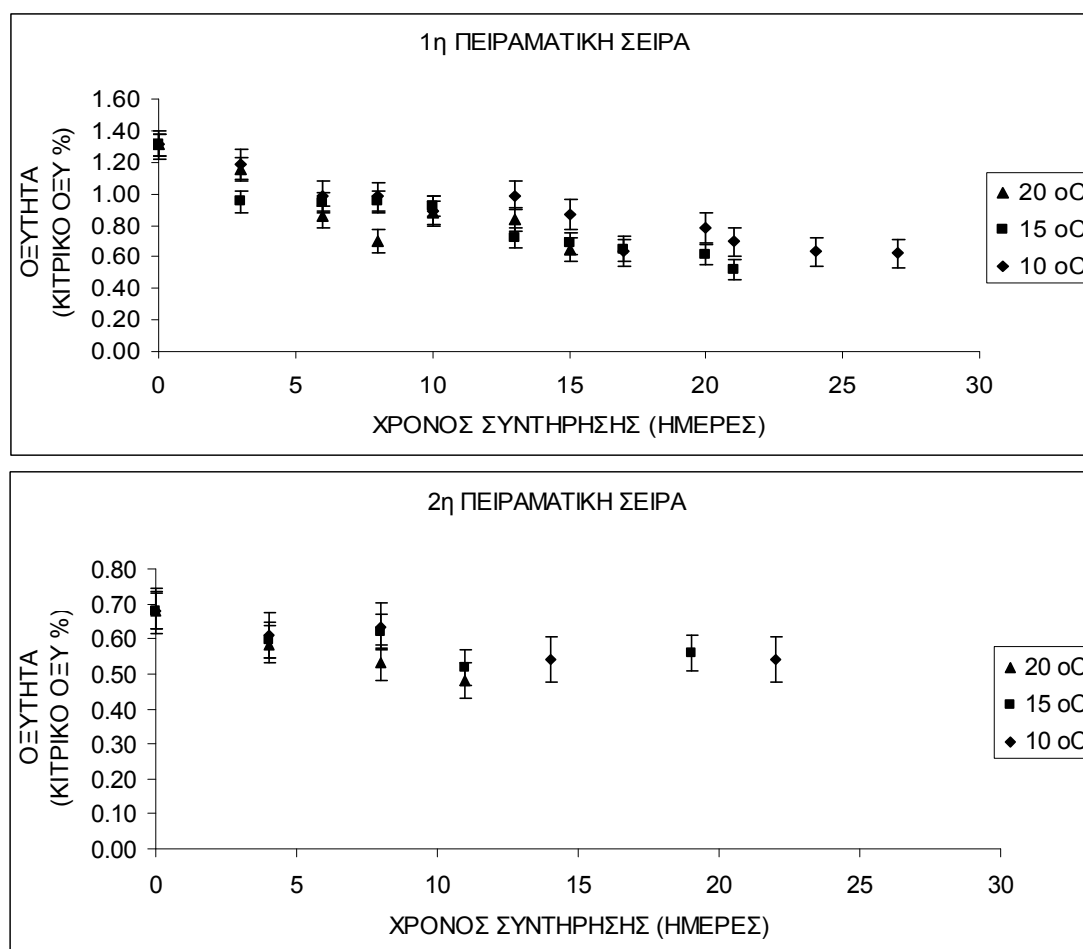
Από τη σύγκριση των μέσων τιμών της μέγιστης αντίστασης στη διείσδυση των δύο πειραματικών σειρών, προκύπτει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών σειρών ($p_{\text{Value}} = 0.03 < 0.05$) (Πίνακες 2.38).

Πίνακας 2.38: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της μέγιστης αντίστασης στη διείσδυση, για τις δύο πειραματικές σειρές.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	546.59	5	109.32	2.85	0.03
Within groups	1494.08	39	38.31		
Total (Corr.)	2040.67	44			

2.3.5 Οξύτητα

Η μεταβολή της οξύτητας των τοματών εκφράστηκε με τη μεταβολή της περιεχόμενης συγκέντρωσης των καρπών σε κιτρικό οξύ. Η μεταβολή αυτή με το χρόνο συντήρησης στις τρεις θερμοκρασίες (10 °C, 15 °C και 20 °C), στις δύο πειραματικές σειρές παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 2.31. Στη δεύτερη πειραματική σειρά λόγω έλλειψης πρώτης ύλης - όπως ήδη αναφέρθηκε - οι μετρήσεις λαμβάνονταν σε αραιότερα χρονικά διαστήματα.



Σχήμα 2.31: Μεταβολή της οξύτητας συναρτήσει του χρόνου συντήρησης στους 10 °C, 15 °C και 20 °C για τις δύο πειραματικές σειρές.

Όπως προκύπτει από την ανάλυση διασποράς των δεδομένων της 1^{ης} πειραματικής σειράς, τόσο η θερμοκρασία ($p_{\text{value}} = 0.015 < 0.05$) όσο και ο χρόνος συντήρησης ($p_{\text{value}} = 0.001 < 0.05$) έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή της οξύτητας (Πίνακα 2.39). Αντιθέτως από την ανάλυση διασποράς των δεδομένων της 2^{ης} πειραματικής σειράς, προκύπτει ότι μόνο ο χρόνος συντήρησης

($p_{\text{value}}=0.01<0.05$) έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή της οξύτητας των τοματών.

Πίνακας 2.39: Ανάλυσης διασποράς μέσω των τιμών οξύτητας τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C (1^η και 2^η πειραματική σειρά).

1 ^η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ_JUL	0.08	2	0.04	5.61	0.015
B:STORAGE TIME_JUL	1.27	11	0.11	16.18	0.001
RESIDUAL	0.11	15	0.01		
TOTAL (CORRECTED)	1.41	28			
2η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:TIME_NOV	0.05	6	0.01	10.80	0.01
B:ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ_NOV	0.004	2	0.002	2.97	0.14
RESIDUAL	0.004	5	0.001		
TOTAL (CORRECTED)	0.05	13			

Επιπλέον από την ανάλυση διασποράς προκύπτει ακόμη ότι οι μέσες τιμές της οξύτητας τοματών (1^η πειραματική σειρά) που συντηρήθηκαν στους 10 °C διαφέρουν στατιστικά σημαντικά με τις αντίστοιχες στους 15 °C και 20 °C (Πίνακας 2.40). Όσον αφορά τη 2^η πειραματική σειρά, δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών θερμοκρασιών. Από τη σύγκριση των μέσων τιμών της οξύτητας των δύο πειραματικών σειρών, προκύπτει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών σειρών ($p_{\text{value}} = 0.005<0.05$) (Πίνακας 2.41). Το γεγονός αυτό ίσως να καθιστά σαφές, ότι η καλλιεργητική περίοδος επηρεάζει σημαντικά την συγκέντρωση κιτρικού οξέος σε καρπούς τομάτας.

Πίνακας 2.40: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών οξύτητας μεταξύ των τριών διαφορετικών θερμοκρασιών συντήρησης (1^η και 2^η πειραματική σειρά).

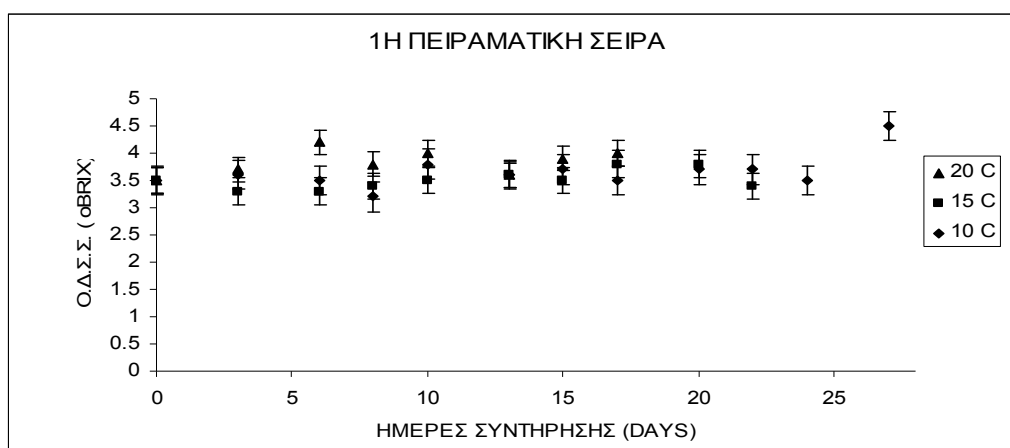
1 ^η πειραματική σειρά	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
20 °C	7	0.76	0.036	X
15 °C	10	0.77	0.03	X
10 °C	12	0.88	0.024	X
2η πειραματική σειρά	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
20 °C	4	0.54	0.02	X
15 °C	5	0.58	0.01	X
10 °C	5	0.59	0.014	X

Πίνακας 2.41: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της οξύτητας, μεταξύ των δύο πειραματικών σειρών.

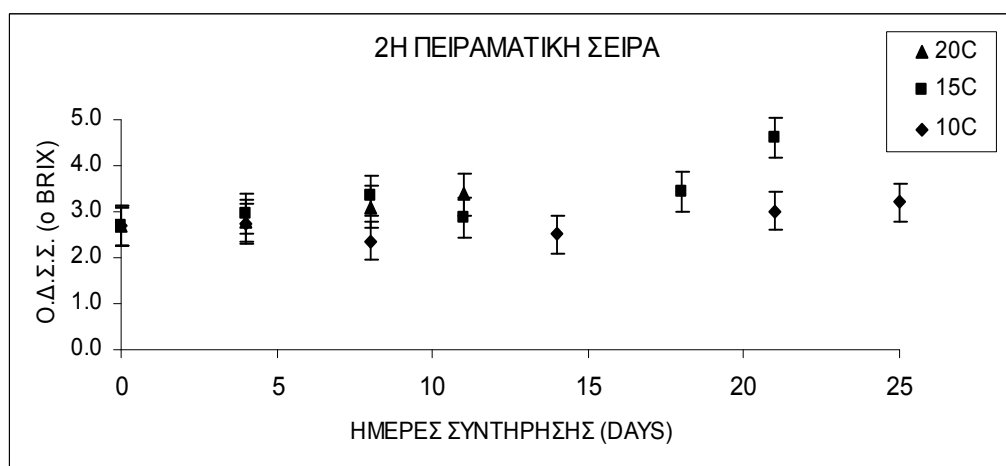
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0.77	5	0.16	4.02	0.005
Within groups	1.43	37	0.04		
Total (Corr.)	2.20	42			

2.3.6 Μεταβολή ολικών διαλυτών στερεών συστατικών

Η μεταβολή των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών των τοματών εκφράστηκε με τη μεταβολή των βαθμών °BRIX. Η μεταβολή των ολικών διαλυτών στερεών για την 1^η και 2^η πειραματική σειρά παρουσιάζεται γραφικά στα Σχήματα 2.32 και 2.33.



Σχήμα 2.32: Μεταβολή της συγκέντρωσης ολικών διαλυτών στερεών σε συνάρτηση με το χρόνο συντήρησης στους 10 °C 15 °C και 20 °C (1^η πειραματική σειρά).



Σχήμα 2.33: Μεταβολή της συγκέντρωσης ολικών διαλυτών στερεών σε συνάρτηση με το χρόνο συντήρησης στους 10 °C 15 °C και 20 °C (2^η πειραματική σειρά).

Από την ανάλυση διασποράς των δεδομένων της 1^{ης} πειραματικής σειράς ως προς τη μεταβολή των Ο.Δ.Σ.Σ. τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C (Πίνακας 2.42), προκύπτει: η θερμοκρασία ($P\text{-Value}= 0.001 < 0.05$) και ο χρόνος συντήρησης ($P\text{-Value}=0.02 < 0.05$) έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή των ολικών διαλυτών στερεών. Επιπλέον οι μέσες τιμές της μεταβολής των ολικών διαλυτών στερεών στους 10 °C και 15 °C δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Ενώ σημαντική διαφορά, από στατιστικής πλευράς, παρατηρείται μεταξύ των μέσων τιμών στους 10 °C και 20 °C και μεταξύ των 15 °C και 20 °C (Πίνακας 2.43).

Πίνακας 2.42: Ανάλυσης διασποράς μέσω των τιμών ολικών διαλυτών στερεών τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C (1^η πειραματική σειρά).

1 ^η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	0.64	2	0.32	10.51	0.001
B: TIME	1.13	11	0.10	3.35	0.02
RESIDUAL	0.46	15	0.03		
TOTAL(CORRECTED)	2.17	28			

Πίνακας 2.43: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών ολικών διαλυτών στερεών μεταξύ των τριών διαφορετικών θερμοκρασιών συντήρησης (1^η πειραματική σειρά).

1 ^η πειραματική σειρά.	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
15 °C	10	3.58	0.06	X
10 °C	12	3.65	0.05	X
20 °C	8	3.93	0.07	X

Η ανάλυση διασποράς των δεδομένων της 2^{ης} πειραματικής σειράς ως προς τη μεταβολή των ολικών διαλυτών στερεών τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C δίνεται στον Πίνακα 2.44. Όπως προκύπτει η θερμοκρασία (P-Value= 0.25 > 0.05) και ο χρόνος συντήρησης (P-Value= 0.15 > 0.05) δεν έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή των ολικών διαλυτών στερεών. Προκύπτει επιπλέον ότι οι μέσες τιμές της μεταβολής των ολικών διαλυτών στερεών στις τρεις θερμοκρασίες, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (Πίνακας 2.45).

Από τη σύγκριση των μέσων τιμών μεταβολής των ολικών διαλυτών στερεών των δύο πειραματικών σειρών, προκύπτει ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο αυτών σειρών (P-Value= 0.001 < 0.05) (Πίνακας 2.46). Το

γεγονός αυτό ίσως να καθιστά σαφές, ότι η καλλιεργητική περίοδος επηρεάζει σημαντικά την συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών σε καρπούς τομάτας.

Πίνακας 2.44: Ανάλυσης διασποράς μέσω των τιμών ολικών διαλυτών στερεών τοματών που συντηρήθηκαν στους 10 °C, 15 °C και 20 °C για την 2^η πειραματική σειρά.

2 ^η πειραματική σειρά	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A: TIME	2.07	7	0.30	1.78	0.25
B: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	0.87	2	0.43	2.61	0.15
RESIDUAL	0.99	6	0.17		
TOTAL(CORRECTED)	4.03	15			

Πίνακας 2.45: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών ολικών διαλυτών στερεών μεταξύ των τριών διαφορετικών θερμοκρασιών συντήρησης για την 2^η πειραματική σειρά.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
10 °C	6	2.73	0.18	X
20 °C	4	3.26	0.24	X
15 °C	6	3.35	0.19	X

Πίνακας 2.46: Στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών ολικών διαλυτών στερεών συστατικών, μεταξύ των δύο πειραματικών σειρών.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	5.54	5	1.11	9.24	0.001
Within groups	4.79	40	0.12		
Total (Corr.)	10.33	45			

Οι μεγαλύτερες τιμές οξύτητας παρατηρούνται στις τομάτες που συντηρήθηκαν στις χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ οι μικρότερες τιμές οξύτητας σε αυτές που συντηρήθηκαν στους 20 °C. Η οξύτητα μειώνεται με το χρόνο συντήρησης εντονότερα στις υψηλές θερμοκρασίες: το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης οξύτητας (συγκέντρωσης κιτρικού οξέος) παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της συντήρησης των καρπών στους 20 °C, (Πίνακας 2.47). Όσον αφορά τη μεταβολή της συγκέντρωσης των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών κατά τη διάρκεια συντήρησης της τομάτας φαίνεται ότι το ποσοστό αύξησης της συγκέντρωσης των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών είναι μεγαλύτερο για καρπούς που συντηρήθηκαν στην υψηλότερη θερμοκρασία.

Πίνακας 2.47: Μεταβολή της συγκέντρωσης κιτρικού οξέος και ολικών διαλυτών στερεών των δύο πειραματικών σειρών στους 10 °C, 15 °C και 20 °C.

1 ^H ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΚΙΤΡΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ (%)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΥΞΗΣΗΣ ΟΛΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ (%)
	20 °C	51	14
	15 °C	48	9
	10 °C	34	6
2 ^H ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΙΩΣΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΚΙΤΡΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ (%)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΥΞΗΣΗΣ ΟΛΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ (%)
	20 °C	30	27
	15 °C	18	25
	10 °C	21	19

2.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η θερμοκρασία και ο χρόνος συντήρησης επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά την αναπνευστική δραστηριότητα, την απώλεια μάζας, το χρώμα (a^*/b^* , ΔE^*) και την υφή (κλίση της αντίστασης στη συμπίεση, μέγιστη αντίσταση στη συμπίεση και κλίση της αντίστασης στη συμπίεση σε μη καταστροφική δοκιμή) της συντηρούμενης τομάτας βιολογικής καλλιέργειας.

Γενικά οι χαμηλές θερμοκρασίες διατηρούν την οξύτητα η οποία μειώνεται με το χρόνο συντήρησης, ενώ οι υψηλές θερμοκρασίες ευνοούν την αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών ($^{\circ}$ BRIX) και τη μείωση της οξύτητας.

Οι δύο πειραματικές σειρές παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους στην αναπνευστική δραστηριότητα, στις απώλειες μάζας, στην κλίση της αντίστασης στη μη καταστροφική συμπίεση, στην κλίση της αντίστασης στη διείσδυση, στη μέγιστη αντίσταση στη διείσδυση, στην οξύτητα και στα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά. Αυτό προφανώς δείχνει ότι η καλλιεργητική περίοδος επηρεάζει σημαντικά τα παραπάνω φυσιολογικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Οι σχέσεις πρόβλεψης της απώλειας μάζας με το χρόνο είναι πάντοτε γραμμικές.

Οι σχέσεις πρόβλεψης του χρώματος που προέκυψαν (τόσο του δείκτη χρώματος a^*/b^* όσο και της ολικής μεταβολής του χρώματος ΔE^*) συναρτήσει της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης είναι εκθετικές με συντελεστή προσδιορισμού $R^2=0.85$.

Η εξίσωση πρόβλεψης της υφής (κλίση της αντίστασης στην καταστροφική συμπίεση) συναρτήσει της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης είναι εκθετική με συντελεστή προσδιορισμού $R^2=0.92$.

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αγγίδης Δ.Α., 1996. *Τομάτα Υπαίθρια*. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
- Βασιλακάκης Μιλτιάδης 2006. *Μετασυλλεκτική φυσιολογία- Μεταχείριση οπωροκηπευτικών και Τεχνολογία*. Εκδόσεις Γαρταγάνη. Θεσσαλονίκη.
- Λαμπρινός Γ. και Μητρόπουλος Δ., 2004. *Φορητή συσκευή και μέθοδος μέτρησης αναπνοής καρπών*. Οργανισμός Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας (ΟΒΙ). Δίπλωμα Ευρεσιτεχνίας Αριθμ. 1004590/2004.
- Λαμπρινός Γ. και Μητρόπουλος, Δ. (2006). *Φορητή Συσκευή και μέθοδος Μέτρησης του Ρυθμού Αναπνοής Καρπών που είναι συσκευασμένοι σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα*, ΔΕ ΟΒΙ αριθ. 1005204 / 02–05–2006.
- Λαμπρινός, Γ., Μανωλοπούλου Ε. και Μητρόπουλος, Δ. (2006). *Αναπνευστικός Θάλαμος, Φορητή Συσκευή και Μέθοδος Μέτρησης του Ρυθμού Αναπνοής Καρπών*. ΔΕ αριθ. 1005205 / 02–05–2006.
- Λαμπρινός Γ. 2008. *ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΝΩΠΩΝ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ*, Ηλεκτρονικές σημειώσεις προπτυχιακού προγράμματος σπουδών τμήματος αξιοποίησης φυσικών πόρων & γεωργικής μηχανικής, Γ.Π.Α.
- Μανωλοπούλου Ε., 2006a. *Θέματα Εφαρμοσμένης Μετασυλλεκτικής Φυσιολογίας*. Παραδόσεις μεταπτυχιακού μαθήματος, Γ.Π.Α., Αθήνα (Αδημοσίευτες).
- Μανωλοπούλου Ε., 2006b. *Θέματα Μετασυλλεκτικών και Μετασυγκομιστικών Χειρισμών*. Παραδόσεις μεταπτυχιακού μαθήματος, Γ.Π.Α., Αθήνα (Αδημοσίευτες).
- Μανωλοπούλου Ε., Λαμπρινός Γ, 1989. *Συντήρηση με Ψύξη Φρούτων και Λαχανικών*. ΟΠΕ: Οργανισμός Προώθησης Εξαγωγών, Ινστιτούτο Εξαγωγικών Σπουδών (ΙΕΣ), Αθήνα.
- Ολύμπιος Μ.Χ., 1996. *Σημειώσεις Ειδικής Λαχανοκομίας*. Έκδοση Γ.Π.Α., Αθήνα (Αδημοσίευτες).
- Πεντάρης Ν., Μανωλοπούλου Ε., Ξανθόπουλος Γ., Λαμπρινός Γρ., 2007. *Μεταβολή μηχανικών ιδιοτήτων μήλων με την θερμοκρασία και τον χρόνο συντήρησης*. Πρακτικά 5ου Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Λάρισα, 18–20 Οκτωβρίου 2007, σσ. 675–681.
- Σφακιωτάκης Ευάγγελος, 1995. *Μετασυλλεκτική Φυσιολογία και Τεχνολογία Νωπών Οπωρολαχανικών Προϊόντων*. Εκδόσεις τυροΜΑΝ, Θεσσαλονίκη.

- Χατζής Ε., Ξανθόπουλος Γ. και Λαμπρινός Γρ. 2005. Ποιοτική Αξιολόγηση Μαρουλιού με χρήση Χρωματομέτρου και Επεξεργασία Ψηφιακής Εικόνας, *Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Εταιρίας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας*, Αθήνα, σσ. 580-587.
- Ψυχογιού Στ., Κατσογιάννη Α., Μανωλοπούλου Ε., Ξανθόπουλος Γ., Χατζής Ε. και Λαμπρινός Γρ., 2009b. Μελέτη Συντηρησιμότητας Τομάτας Βιολογικής Καλλιέργειας, *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής Ελλάδας*, Θεσσαλονίκη, σσ. 831-840.
- Ψυχογιού Στ., Κατσογιάννη Α., Μανωλοπούλου Ε., Ξανθόπουλος Γ. και Λαμπρινός Γρ., 2009a. Εκτίμηση των Απωλειών Μάζας Νωπής Τομάτας Βιολογικής Καλλιέργειας κατά τη Συντήρησή της με Ψύξη, *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής Ελλάδας*, Θεσσαλονίκη, σσ. 841-848.
- Abbott A. Judith, 1999. Quality measurement of fruits and vegetables, *Postharvest Biology and Technology* 15: 207–225.
- Abbott J. A. and Harker F. R. 2006. *Texture. The Commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*, Agriculture Handbook Number 66. <http://usna.usda.gov/hb66/021texture.pdf>
- Abbott, J.A., Lu R., Upchurch B.L., and Stroshine R.L., 1997. Technologies for nondestructive quality evaluation of fruits and vegetables, *Horticultural Reviews* 20:1-120.
- Abbott, J.A., R. Lu, B.L. Upchurch, and R.L. Stroshine. 1997. Technologies for non destructive quality evaluation of fruits and vegetables. Hort. Rev. 20:1-120.
- Abeles, F.B., Morgan P.W. and Saltveit M.E., 1992. *Ethylene in Plant Biology*, 2nd Ed. Academic Press.
- Acedo A.L. Jr. and Thanh C.D., 2006a. *Postharvest Experimental Technics*, RETA 6208 Training-Workshop on Postharvest Research and Technology Development.
- Acedo A.L. Jr. and Thanh C.D., 2006b. *Postharvest Research and Technology Development for Fresh Tomato and Chilli*, RETA 6208 Training-Workshop on Postharvest Research and Technology Development.
- Anonymous 1, 2010 http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Agricultural_products
- Anonymous 2, 2010. http://en.wikipedia.org/wiki/Principles_of_Organic_Agriculture

- Anonymous, 1995. *Minolta, Chroma Meter CR – 300*. Instruction Manual Minolta. Japan. p. 81
- Anonymous, 2001. HunterLab, *The Basics Of Color Perception and Measurements*, HunterLab Presents, Version 1.4. Available at: www.hunterLab.com
- Anonymous, 2002. Η Τομάτα. *ΓΕΩΡΓΙΑ – Κτηνοτροφία* 6:13-16.
- Anonymous, 2006. www.agro.gr/
- Arias R., Lee T.C., Logendra L. and Janes H. 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 1697- 1702.
- Asami DK, Hong YJ, Barrett DM and Mitchell AE. 2003. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *J Agric Food Chem* 51:1237–1241.
- Auerswald H., Peters P., Bruuckner B., Krumbein A. and Kuckenbuch R., 1999. Sensory analysis and instrumental measurements of short- term stored tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Postharvest Biology and Technology* 15: 32-334.
- Azodanlou Ramin, Darbellay Charly, Luisier Jean-Luc, Villettaz Jean-Claude, Amadó Renato, 2003. Development of a model for quality assessment of tomatoes and apricots, *Swiss Society of Food Science and Technology* 36: 223–233.
- Baldwin E.A., Scott J.W., Einstein M.A., Malundo T.M.M., Carr B.T., and Tandom K.S., 1998. Relationship between sensory and instrumental analysis for tomato flavor. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102:721- 723.
- Barrett Diane M., Garcia Elisabeth and Wayne Jo Ellen, 1998. Textural Modification of Processing Tomatoes, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 38(3):173–258.
- Barrett DM, Weakley C, Diaz JV and Watnik M. 2007. Qualitative and nutritional differences in processing tomatoes grown under commercial organic and conventional production systems. *J Food Sci* 72:C441–451.
- Batu Ali, 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes, *Journal of Food Engineering* 61: 471–475.

- Ben-Yehoshua, S., 1987. *Transpiration, water stress and gas exchange*. In *Postharvest Physiology of Vegetables*, ed. Weichmann, New York: Marcel Dekker, Inc.
- Betancourt L.A. Stevens M.A. and Kader A.A 1977 Accumulation and loss of sugars and reduced ascorbic acid in attached and detached tomato fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123:906- 915.
- Bourne D. and Prescott J., 2002. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 42 (1): 1-34.
- Bourne M.C. 2002. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*, 2nd edition. New York: Academic Press.
- Bourne, M. C. 1979. Rupture tests vs small-strain tests in predicting consumer response to texture. *Food Technology*, **10**:67–70.
- Bourne, M. C. 1980. Texture evaluation of horticultural crops. *HortScience*, **15(1)**:7–13.
- Bourne, M.C. 1982. *Food Texture and Viscosity; Concept and Measurement*. Academic Press, New York.
- Brandt & M. A., Skinner, E. Z. & Coleman, J. A. 1963. Texture profile method.
- Brandt S., Pék Z., Barna E., Lugasi A., and Helyes L., 2006. Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 86:568- 572.
- Buffington D. E. and Sastry S. K., 1983. Methodology for determining the most economic storage conditions for tomatoes, *Revue Internationale du Froid* 6 (4) Butterworth & Co (Publishers) Ltd and IIR.
- Calegario Fagoni F., Cosso Ricardo G., Almeida Fernanda V., Vercesi Anibal E., Jardim Wilson F., 2001. Determination of the respiration rate of tomato fruit using flow analysis, *Postharvest Biology and Technology* 22: 249–256.
- Caris-Veyrat C, Amiot MJ, Tyssandier V, Grasselly D, BuretM, Mikolajczak M, Guiland JC, Bouteloup-Demange C, Borel P., 2004. Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 6503–6509.

- Carvalho Fernando P., 2006. Agriculture, pesticides, food security and food safety (Review), *Environmental Science & Policy* 9: 685 – 692.
- Chassy AW, Bui L, Renaud EN, Van Horn M and Mitchell AE. 2006. Three year comparison of the content of antioxidant microconstituents and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers. *J Agric Food Chem* 54:8244–8252.
- Chen, P. and Sun. Z., 1991. A review of non-destructive methods for quality evaluation and sorting of agricultural products, *Journal of Agricultural Engineering Research* 49:85-98.
- Civille, G. V. & Szczesniak, A. S. (1973). Guidelines to training a texture profile panel. *J. Texture Stud.*, 4,204-23.
- De Belie, N., I.C. Hallett, F.R. Harker, and J. De Baerdemaeker., 2000. Influence of ripening and turgor on the tensile properties of pears: A microscopic study of cellular and tissue changes, *Journal American Society Horticulture Science* 125:350-356
- Dumas Y., Dadomo M., Di Lucca G. and Grolier P., 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 83:369- 382.
- Edwards-Jones G., Howells O. 2001. *The origin and hazard of inputs to crop protection in organic farming systems: are they sustainable?* Agricultural Systems Number 67 pp. 31±47.
- Faller A.L.K., Fialho E. 2010. [Polyphenol content and antioxidant capacity in organic and conventional plant foods](#). *Journal of Food Composition and Analysis*, In Press, Corrected Proof (Available online 8 Apri).
- Flores A. R. and Gast L. B., 1997. *Postharvest Management of Commercial Horticultural Crops-Storage Options Fruits & Vegetables*, Kansas State University-Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.
- Gennaro L. and Quaglia G.B., 2003. Food Safety and Nutritional Quality of Organic Vegetables. *ISHS Acta Horticulturae*, 614: VI International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate: Product and Process Innovation.
- Haller, M.H. 1941. Fruit pressure testers and their practical applications. USDA Cir. No. 627, Wash. DC.

- Harker, F.R., R.J. Redgwell, Hallett I.C., and Murray S.H., 1997. Texture of fresh fruit, *Horticultural Reviews* 20:121-224.
- Heaton S. 2001. Organic farming, food quality and human health: a review of the evidence. Bristol: U.K.: Soil Assn.
- Helyes L., Pék Z., and Lugasi A. 2006. Tomato fruit quality and content depend on stage of maturity . *HortScience* 41: 1400-1401.
- Heuvelink E., 2005. *Tomatoes. Developmental Processes. Crop Production Science in Horticulture*. CABI Publishing, London <http://www.oznet.ksu.edu/library/hort2/MF1174>. PDF
- Hung, Y.C., K.H. McWatters, and S.E. Prussia. 1998. Sorting performance of a nondestructive laser air-puff firmness detector. *Appl. Eng. Agr.* 14:513-516.
- Hunter R. S. and R. W. Harold, 1987. The measurement of appearance. Wiley, New York.
- Hutchings J. B. 1994. Food colour and appearance. Blackie Academic & Professional, New York. *J. Food. Sci.*, 28,404-9
- Jackman R.L. and Stanley D.W., 1995. Creep behaviour of tomato pericarp tissue as influenced by ambient temperature ripening and chilled storage, *Journal of Texture Studies*.
- Jackman, R. L. 1995. Components of tomato texture. *Tomato Quality Workshop*, Davis, California.
- Jackman, R. L. and Stanley, D. W. 1992. Failure mechanisms of tomato pericarp tissue suggested by large and small deformation tests. *Journal of Texture Studies*, 23:475-489.
- Jackman, R. L. and Stanley, D. W. 1995. Perspectives in the textural evaluation of plant foods. *Trends in Food Science and Technology*, 6:187-194.
- Jackman, R.L., Marangoni A.G. and Stanley D.W., 1990. Measurement of tomato fruit firmness, *Horticultural Science* 25:781-783.
- Johansson L., Haglund A., Berglund L., Lea P. and Risvik E., 1999. Preference for tomatoes, affected by sensory attributes and information about growth conditions. *Food Quality and Preference* 10: 289-298.
- Jones J. Benton Jr., 1999. *Tomato Plant Culture In the Field, Greenhouse and Home Garden*. Boca Raton, CRC Press.

- Jones, J.B., Jones J., Stall R. and Zitter T., 1991. *Compendium of tomato diseases*. APS Press, St. Paul MN.
- Kader A.A., Morris L.L, Stevens M.A., and Albright- Holton M., 1978. Composition and flavour quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 103:6- 13.
- Kader A.A., Stevens M.A., Albright- Holton M., Morris L.L.m and Algazi M., 1977. Effect of fruit ripeness when picked on flavour and composition of fresh market tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102:724-731.
- Kader Adel A., 1992. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 2nd Ed.
- Kelly Simon D., Bateman Alison S. 2010. Comparison of mineral concentrations in commercially grown organic and conventional crops – Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) and lettuces (*Lactuca sativa*) *Food Chemistry* 119 (2010) 738–745.
- Knee Michael, 2002. *Fruit Quality and its Biological Basis*. CRC Press, Columbus, Ohio, USA.
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., Tette, J., 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York Food and Life Sciences Bulletin* 192, 2±8.
- Lewinsohn Efraim, Sitrit Yaron, Bar Einat, Azulay Yaniv, Ibdah Mwafaq, Meir Ayala, Yosef Emanuel, Zamir Dani and Tadmor Yaakov, 2005. Not just colors - carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit, *Trends in Food Science & Technology* 16: 407–415.
- Lin T.T. and Pitt R.E., 1986. Rheology of apple and potato tissue as affected by cell turgor pressure, *Journal of Texture Studies* 17:291-313.
- Lurie S., and Sabehat A., 1997. Prestorage temperature manipulations to reduce chilling injury in tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* 11:57-62.
- Madhavi, D.L. and Salunkhe, D.K. 1998. *Tomato. Handbook of vegetable science and technology. Production, composition, storage and processing*. Marcel Dekker, New York, NY.
- Magness, J.R. and G.F. Taylor. 1925. An improved type of pressure tester for the determination of fruit maturity. USDA Cir. No. 350.

- Marti R. H., 2003. Estimation of sample size in skin and flesh color measurement of dry flesh sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam.), *Scientia Horticulturae*, Vol. 98, Issue 4, pp.331-336.
- Martin Talavera-Bianchi, Edgar Chambers IV, Edward E Carey, Delores H Chambers. 2010. Effect of organic production and fertilizer variables on the sensory properties of pac choi (*Brassica rapa* var. Mei Qing Choi) and tomato (*Solanum lycopersicum* var. Bush Celebrity) *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90 (6), pp. 981-988
<http://www.scopus.com/source/sourceInfo.url?sourceId=33928&origin=resultlist>
- Maul F., Sargent S.A, Balaban M.O., Baldwin E.A., Huber D.J. and Sims C.A.. 1998. Aroma volatile profiles from ripe tomato fruit are influenced by physiological maturity at harvest: an application for electronic nose technology, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123 (6):1094-1101.
- McDonald R.E., McCollum T.G., and Baldwin E.A., 1999. Temperature of water heat treatments influences tomato fruit quality following low- temperature storage. *Postharvest Biology and Technology* 16: 147- 155.
- McGlasson B (1993). Tomatoes in Encyclopedia of Food Science Technology and Nutrition. Academic Press. 7: 4579-4589.
- Mitropoulos D., Lambrinos G., and Manolopoulou H., 2000. A portable setup for fruit respiration measurement. In: Artes, F., M. I. Gil and M.A. Conesa (Eds). 'Improving postharvest technologies of fruits, vegetables and ornamentals'.Vol. II, IIR Edition. Pp 926-931.
- Modi V. V. and Reddy V.V., 1967. Carotogenesis in ripening mangoes. *Ind. J. Expt. Biol.* 5, 233.
- Mohsenin, N.N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. Structure, physical characteristics and mechanical properties. Second updated and revised edition, Gordon and Breach Science Publishers, New York, USA, pp.891.
- Nussinovitch A., Ward G., Lurie S., 1996. Nondestructive measurements of peel gloss and roughness to determine tomato fruit ripening and chilling injury. *Journal of Food Science* 61:383-387.
- Papadakis E.S. and Yam L.K., 2000. A Versatile Inexpensive Technique for Measuring Color of Foods, *Food Technology* 54(12).

- Peleg, M. 1980. The basics of solid foods rheology. 1st ed. In: *Food Texture: Instrumental and sensory measurement*, Moskowitz, H. R., Ed., Marcel Dekker, New York.
- Pentaris N., Manolopoulou E., Lambrinos Gr., Xanthopoulos G. and Mitropoulos D., 2008. Changes in puncture mechanical properties of stored Granny Smith apples: effect of temperature and storage time. Proceedings of AgEng 2008 Conference, "Agricultural & Biosystems Engineering for a Sustainable World", Hersonissos–Greece, June 23–25, OP–1960.
- Pharr D. M. and Kattan A. A., 1970. Effects of Air Flow Rate, Storage Temperature, and Harvest Maturity on Respiration and Ripening of Tomato Fruits, *Plant Physiology* 48: 53-55.
- Pieper Joy Rickman and Barrett Diane M. 2008. Effects of organic and conventional production systems on quality and nutritional parameters of processing tomatoes. *J Sci Food Agric* 2009; 89: 177–194.
- Pither R. and Hall M.N., 1990. Analytical survey of the nutritional composition of organically grown fruits and vegetables. *Technical Memorandum, 597, MAFF project 4350, Campden Food & Drink Research Association.*
- Proulx E., Nunes M.C.N., Emond J.-P., and Brecht J.K., 2001. Quality curves for tomato exposed at chilling and nonchilling temperatures. *Hortscience* 36:509.
- Rosenthal A.J. 1999 *Food Texture- Measurement and Perception*. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Mateland.
- Saltveit E.M., 2005. *Tomatoes. Fruit Ripening and Fruit Quality*. CABI Publishing, London.
- Saltveit Mikal E., 2004. *Respiratory Metabolism. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*, Agriculture Handbook Number 66 <http://usna.usda.gov/hb66/contents.html>
- Salunkhe, D. K., Bolin H. R and Reddy N. R., 1991. *Storage Processing and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Sargent S.A. and Moretti C.L., 2004. “Tomato”. In *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. Agriculture Handbook Number 66. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Beltsville, M.D., <http://usna.usda.gov/hb66/contents.htm>

- Sargent S.A. and Moretti C.L., 2004. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. Agriculture Handbook Number 66 <http://usna.usda.gov/hb66/contents.htm>
- Sastry S. K. and Buffington D. E., 1983. Transpiration rates of stored perishable commodities: a mathematical model and experiments on tomatoes, *International Journal of Refrigeration*, Butterworth & Co (Publishers) Ltd and IIR.
- Shewfelt, R. L. 1993. *Measuring quality and maturity*. In: R. L. Shewfelt and S. E. Prussia (eds.). *Postharvest Handling: A System Approach*. Academic Press, San Diego, CA.
- Shewfelt, R. L. and Prussia S. E., 1993. *Postharvest Handling. A System Approach*. Academic Press, Inc. San Diego, California.
- Smith C., Watson C., Ray J., Bird C., Morris P., Schuch W. and Grierson D. 1998. Antisense RNA inhibition of polygalacturonase gene expression in transgenic tomatoes. *Nature* 334: 724- 726.
- Šrútek M. and Urban J. 2008. *Organic Farming Encyclopedia of Ecology*, pp: 2582-2587
- Suslow T.V. and Cantwell M., 2006 b. "Tomato". In *Technology Research and Information Center*, Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA, <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Veg/tomato.shtml> (accessed May 21, 2007).
- Szczesniak, A. S., Brandt, M. A. & Friedman, H. H. (1963). Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and sensory methods of texture evaluation. *J. Food Sci.*, **28**,397-403.
- Szczesniak, A.S. 1963. Classification of textural characteristics. *J. Food Sci.* 28:385-389.
- Thanh C.D., 2006. *Introduction to the Postharvest Physiology of Tomato and Chilli*. RETA 6208 Training-Workshop on Postharvest Research and Technology Development.
- Thompson A.K., 2003. *Fruit and Vegetables. Harvesting, Handling and Storage*, 2nd Ed.
- Tijsskens L.M.M., Evelo R.G., 1994. Modelling colour of tomatoes during postharvest storage, *Postharvest Biology and Technology* 4: 85-98.

- Van Dijk C., Boeriu C., Peter F., Stolle-Smits T., Tijssens L.M.M, 2006. The firmness of stored tomatoes (cv. Tradiro). 1. Kinetic and near infrared models to describe firmness and moisture loss, *Journal of Food Engineering* 77: 575–584.
- Watada A.E and Aulenbach B.B., 1979. Chemical and sensory qualities of fresh market tomatoes. *Journal of Food Science* 44:1013-1016.
- Weibel F, Bickel R, Leuthold S, Alfoldi T. 2000. Are organically grown apples tastier and healthier? A comparative field study using conventional and alternative methods to measure fruit quality. *Acta Horticulturae* 57:417–26.
- Williams Pamela R.D. and Hammitt James K., 2000. A Comparison of Organic and Conventional Fresh Produce Byers in the Boston Area, *Risk Analysis* 20 (5): 735-746.
- Woese K, Lange D, Boess C and Bogl KW. 1997. A comparison of organically and conventionally grown foods: results of a review of the relevant literature. *J Sci Food Agric* 74:281–293 ().
- Worthington Virginia, M.S., Sc.D., C.N.S., 2001. Nutritional Quality of Organic Versus Conventional Fruits, Vegetables, and Grains, *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* 7 (2): 161–173.
- Wu, T. and Abbott J.A., 2002. Firmness and force relaxation characteristics of tomatoes stored intact or as slices, *Postharvest Biology and Technology* 24:59-68.
- Yam L. K. and Papadakis E. S. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces, *Journal of Food Engineering* (61): 137-142.
- Zheng Chaoxin, Da-Wen Sun and Zheng Liyun, 2006. Recent developments and applications of image features for food quality evaluation and inspection - a review, *Trends in Food Science & Technology* 17: 642-655.