



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αξιολόγηση ωρίμανσης τομάτας με χρήση αναλυτικών τεχνικών

English Title

Evaluation of tomato ripening using analytical techniques

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

Παναγιώτα Τσάφου

Panagiota Tsafou

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

Βασιλεία Σινάνογλου

Vassilia Sinanoglou

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2024

Εξεταστική Επιτροπή Πτυχιακής Εργασίας

Οι υπογράφουσες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο «Αξιολόγηση ωρίμανσης τομάτας με χρήση αναλυτικών τεχνικών» που παρουσιάστηκε από την Τσάφου Παναγιώτα και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

α/α	Όνοματεπώνυμο	Βαθμίδα/Ιδιότητα	Ψηφιακή Υπογραφή
1.	Σινάνογλου Βασιλεία	Καθηγήτρια και Κοσμήτορας της Σχολής Επιστημών Τροφίμων/Επιβλέπουσα	
2.	Κρίτση Ευτυχία	Επίκουρη Καθηγήτρια	
3.	Τσιάκα Θάλεια	Επίκουρη Καθηγήτρια	

Δήλωση Πτυχιακής Εργασίας περί Λογοκλοπής/Copyright

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Τσάφου Παναγιώτα του Γεωργίου με αριθμό μητρώου 20684103, φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η δηλούσα,

Τσάφου Παναγιώτα

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επιβλέπουσα Καθηγήτριά μου και Κοσμήτορα της σχολής Επιστημών Τροφίμων Βασιλεία Σινάνογλου, για την εμπιστοσύνη της και την καθοδήγηση της καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Ευχαριστώ την Υποψήφια Διδάκτορα Γεωργία Λαδίκη για τη βοήθειά της κατά την διεξαγωγή των πειραμάτων, την επεξεργασία των αποτελεσμάτων και για τις πολύτιμες συμβουλές της. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τους εξής: τον Μεταδιδακτορικό Ερευνητή Παράσχο Χριστοδούλου και τον Υποψήφιο Διδάκτορα Κωνσταντίνο Τσιάντα για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την συμβολή τους στη διεξαγωγή όλων των πειραμάτων. Τέλος, ευχαριστούμε πολύ τα Θερμοκήπια Θράκης για την παροχή των δειγμάτων και για τις πληροφορίες που μας έδωσαν για την ποικιλία της τομάτας.

Περίληψη

Η τομάτα πρόκειται για ένα ιδιαίτερα διαδεδομένο καλλιεργητικό προϊόν, αρκετά ευπαθές από τις περιβαλλοντικές μεταβολές. Στη μελέτη αυτή, αξιολογήθηκε η διατηρησιμότητα και η ποιότητα των καρπών της τομάτας σε θάλαμο ελεγχόμενης θερμοκρασίας και υγρασίας (θερμοκρασία $15\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, RH $60\pm 2\%$) για 24 ημέρες. Τα δείγματα καλλιεργήθηκαν σε υδροπονική καλλιέργεια, συγκομίστηκαν τον Μάρτιο και ήταν της ποικιλίας briso. Σκοπός της μελέτης ήταν η εφαρμογή ταχέων μεθόδων που είναι ταυτόχρονα εύκολες στην εφαρμογή, για την ποιοτική αξιολόγηση συσκευασμένων και μη-συσκευασμένων δειγμάτων τομάτας. Για αυτό εφαρμόστηκαν αναλυτικές τεχνικές που αφορούσαν τη μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων όπως της ανάλυσης υφής, του χρώματος, της ενεργότητας ύδατος και της περιεκτικότητας σε υγρασία και διαλυτά στερεά, ενώ τα αποτελέσματα αυτών υποβλήθηκαν σε στατιστική ανάλυση. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης υφής έδειξαν ότι υπήρχαν σημαντικές διαφορές από την 3^η στην 7^η ημέρα λόγω φυσιολογικών και βιοχημικών μεταβολών που συμβαίνουν χάρη στην αύξηση του ρυθμού ωρίμανσης εξαιτίας του αιθυλενίου και του μεταβολισμού των υδατανθράκων του κυτταρικού τοιχώματος που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Επιπλέον, παρατηρήθηκε διαφορετική μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων μεταξύ της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας των καρπών αλλά και μεταξύ των συσκευασμένων και μη συσκευασμένων δειγμάτων. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η συσκευασία ευνοεί την την αύξηση της διατηρησιμότητας των καρπών. Αναφορικά με τις φυσικοχημικές παραμέτρους, διαπιστώθηκε σημαντική παραγωγή σακχάρων κατά την εξέλιξη της αποθήκευσης εξαιτίας της ωρίμανσης, ενώ η ελάττωση αποδίδεται στον βραδύτερο ρυθμό υδρόλυσης των υδατανθράκων σε μεταγενέστερο στάδιο ωρίμανσης. Οι τεχνικές αυτές σε συνδυασμό με την περαιτέρω έρευνα πάνω στην ωρίμανση της τομάτας δύναται να δώσουν πρωτότυπα και ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

Λέξεις – Κλειδιά: Τομάτα, Ωρίμανση, Χρωματομετρία, Ανάλυση Υφής, Διατηρησιμότητα

Abstract

Tomatoes are a very widespread crop, quite vulnerable to environmental changes. The shelf-life and quality of tomato fruits were assessed in this study after they were stored for 24 days at controlled humidity and temperature ($15\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and $60\pm 2\%$, respectively). The tomato samples were of the briosio variety, which was grown hydroponically and harvested in March. The aim of the study was to evaluate the quality of both packed and unpacked samples using rapid analytical techniques. The physicochemical characteristics, including moisture content, soluble solids content, texture analysis, and color, were determined by analytical procedures. Statistical analysis has been used to display and evaluate the results. The texture analysis results demonstrated that there were notable variations between days 3 and 7, resulting from physiological and biochemical modifications brought on by the increased pace of ripening brought on by ethylene emission and the metabolism of carbohydrates in the cell wall during storage. Additionally, chromatic parameter behavior varied between the fruit's inner and outer surfaces as well as between the packed and unpacked samples. These observations suggest that packaging produces superior outcomes overall, especially when it comes to extending shelf life. In terms of the physicochemical parameters, ripening caused a considerable production of sugars throughout the growth of storage, while the slower rate was responsible for the reduction.

Keywords: Tomato, ripening, colorimetry, texture analysis, shelf life

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή	1
1.1 Τομάτα (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	1
1.1.1 Γενικές Πληροφορίες	1
1.1.2 Καλλιέργεια και αναπαραγωγή τομάτας.....	1
1.1.3 Υδροπονική καλλιέργεια.....	4
1.1.4 Διατροφική αξία	6
1.1.5 Ωρίμανση τομάτας	8
1.1.6 Προ - συλλεκτικοί χειρισμοί που επηρεάζουν την τομάτα	9
1.1.7 Μετα- συλλεκτικοί χειρισμοί που επηρεάζουν την τομάτα	11
1.2 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας	14
Στατιστική ανάλυση	14
2. Σκοπός εργασίας.....	22
3. Υλικά και μέθοδοι	23
3.1 Δειγματοληψία	23
3.2 Ανάλυση Υφής.....	24
3.3 Μέτρηση Φυσικοχημικών Χαρακτηριστικών	26
3.3.1 Μέτρηση ενεργότητας Ύδατος (aW)	26
3.3.2 Προσδιορισμός ολικών διαλυτών στερεών (TSS)	26
3.3.3 Μέτρηση Χρώματος.....	27
3.3.4 Προσδιορισμός υγρασίας	27
3.4 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων	27
4. Αποτελέσματα και Συζήτηση	28
4.1 Μεταβολές στις παραμέτρους υφής κατά την αποθήκευση	28
4.2 Φυσικοχημικές παράμετροι της τομάτας κατά την αποθήκευση	30
4.2.1 Περιεκτικότητα σε Ολικά Διαλυτά Στερεά (TSS), σε Υγρασία και Ενεργότητα Ύδατος (aw)	31
4.2.2 Προσδιορισμός παραμέτρων χρώματος.....	36
5. Συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	41
Βιβλιογραφία	44
Πηγές Εικόνων	53

Κατάλογος Εικόνων

<i>Εικόνα 1: Μορφολογία τομάτας</i>	2
<i>Εικόνα 2: Υδροπονική καλλιέργεια</i>	4
<i>Εικόνα 3: Ενδεικτική διατροφική σύσταση τομάτας (στα 100g)</i>	6
<i>Εικόνα 4: Συσκευασμένα δείγματα τομάτας</i>	23
<i>Εικόνα 5: Αναλυτής υφής TA.XT2i Stable Micro</i>	24
<i>Εικόνα 6: Τυπικό διάγραμμα αναλυτή υφής</i>	25
<i>Εικόνα 7: Συσκευή μέτρησης ενεργότητας ύδατος</i>	26
<i>Εικόνα 8: Διαθλασίμετρος χειρός</i>	26
<i>Εικόνα 9: Συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του χρώματος</i>	27
<i>Εικόνα 10: Κλίβανος WTB BINDER 7200</i>	27

Κατάλογος Πινάκων

<i>Πίνακας 1: Πειράματα και μελέτες που σχετίζονται με τον βαθμό ωρίμανσης της τομάτας</i>	14
<i>Πίνακας 2: Ημερομηνίες διεξαγωγής των πειραματικών μετρήσεων και κωδικοποίηση δειγμάτων</i>	24
<i>Πίνακας 3: Μεταβολές στις παραμέτρους υφής στα συσκευασμένα δείγματα τομάτας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης</i>	30
<i>Πίνακας 4: Μεταβολές στις παραμέτρους υφής στα μη - συσκευασμένα δείγματα τομάτας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης</i>	30
<i>Πίνακας 5: Περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά της τομάτας κατά τις ημέρες 3, 7, 10, 14, 17, 24</i>	32
<i>Πίνακας 6: Περιεκτικότητα σε υγρασία της τομάτας κατά τις ημέρες 3, 7, 10, 14, 17, 24...</i>	34
<i>Πίνακας 7: Περιεκτικότητα σε ενεργότητα νερού της τομάτας κατά τις ημέρες 3, 7, 10, 14, 17, 24</i>	34
<i>Πίνακας 8: Μετρήσεις εξωτερικού χρώματος της τομάτας κατά τις ημέρες 3, 7, 10, 14, 17, 24</i>	38
<i>Πίνακας 9: Μετρήσεις εσωτερικού χρώματος της τομάτας κατά τις ημέρες 3, 7, 10, 14, 17, 24</i>	40

Κατάλογος Διαγραμμάτων

<i>Διάγραμμα 1: Διαφορές στην περιεκτικότητα διαλυτών στερεών κατά την διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων</i>	32
<i>Διάγραμμα 2: Διαφορές στην περιεκτικότητα υγρασίας κατά την διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων</i>	35
<i>Διάγραμμα 3: Διαφορές στην ενεργότητα ύδατος κατά την διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων</i>	35

1. Εισαγωγή

1.1 Τομάτα (*Solanum lycopersicum*)

1.1.1 Γενικές Πληροφορίες

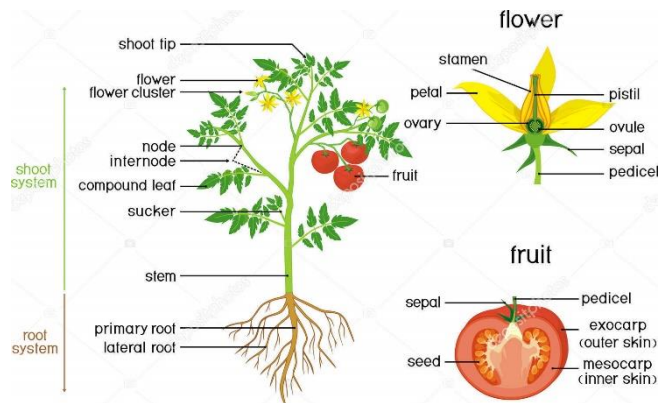
Η τομάτα (*Solanum lycopersicum*) κατατάσσεται ως η δεύτερη σε σειρά καλλιέργεια λαχανικών αμέσως μετά την πατάτα. Η μεγαλύτερη παραγωγή βάσει στατιστικών στοιχείων της Διεθνούς Οργάνωσης Τροφίμων και Γεωργίας (γνωστή και ως Food and Agriculture Organization, FAO) για το έτος 2023 ήταν στην Ασία σε ποσοστό περίπου 64%. Ετησίως παράγονται περίπου 190 εκατομμύρια τόνοι τομάτας με επικεφαλή την Κίνα, ενώ ακολουθούν η Ινδία και η Τουρκία. Η Ελλάδα βρίσκεται 24^η στην κατάταξη με την ετήσια παραγωγή της να ανέρχεται σε 909.470 τόνους.

Παρά το γεγονός ότι η τομάτα χαρακτηρίζεται ως λαχανικό, με βάση την βοτανική κατατάσσεται στα φρούτα αφού αποτελείται από σπέρματα και τα περιβάλλοντα μέρη, δηλαδή την ωοθήκη και την ανθοδόχη. Ανήκει στην οικογένεια των Στρυχνοειδών (*Solanaceae*) και η προέλευσή της παραμένει ασαφής. Φημολογείται ότι προέρχεται από την περιοχή των Άνδεων, δηλαδή από διάφορες χώρες της Λατινικής Αμερικής όπως είναι η Χιλή, η Κολομβία και το Περού (Bai et al., 2007). Η καλλιεργούμενη τομάτα, πιθανώς εισήχθη στην Ισπανία από το Μεξικό τον 16^ο αιώνα, μετά την ανακάλυψη και κατάκτηση της Αμερικής από τους Ισπανούς, και από εκεί εξαπλώθηκε και στην υπόλοιπη Ευρώπη. Για αρκετούς αιώνες, στην Ευρώπη θεωρούσαν την τομάτα δηλητηριώδη διότι η οικογένεια στην οποία ανήκει είναι η *Solanaceae* και περιλαμβάνει τα θανατηφόρα φυτά του γένους *Datura stramonium* και του *Atropa belladonna*. Σήμερα, έπειτα από εκτενή έρευνα έχει διαπιστωθεί ότι τα περισσότερα είδη της οικογένειας *Solanaceae* είναι δηλητηριώδη. Στην ίδια οικογένεια ανήκουν επίσης η πατάτα (*Solanum tuberosum*), η πιπεριά (*Capsicum annuum*), η μελιτζάνα (*Solanum melongena*) και ο καπνός (*Nicotiana tabacum*) (Atherton et al., 1986; Hanson et al., 2016; Iqbal et al., 2019).

1.1.2 Καλλιέργεια και αναπαραγωγή τομάτας

Η τομάτα (*Solanum lycopersicum* L.) ζει μερικά χρόνια ενώ σε πολλές περιοχές καλλιεργείται ως μονοετές φυτό. Το φυτό της έχει θαμνοειδές σχήμα με έναν κεντρικό κορμό και πολλούς πλάγιους βλαστούς, ενώ συνήθως φτάνει τα 3 - 4 μέτρα ύψος. Χαρακτηρίζεται από σύνθετα, πτερωτά φύλλα που είναι εναλλασσόμενα, με πιο μικρά φυλλαράκια που έχουν επιμήκη έως ωοειδές σχήμα και ακανόνιστα οδοντωτά περιθώρια.

Το ριζικό σύστημα της ντομάτας είναι ισχυρό, με διακλαδισμένες τυχαίες και ινώδεις ρίζες. Σε περίπτωση τραυματισμού του κύριου ριζικού συστήματος, οι τυχαίες ρίζες αναπτύσσονται γρήγορα και λειτουργούν ως σύστημα στήριξης. Ωστόσο, δεν έχει αρκετά



Εικόνα 1: Μορφολογία τομάτας

ανθεκτικό βλαστό και χρειάζεται υποστύλωση όταν καλλιεργείται. Η επιφάνεια του στελέχους του φυτού της τομάτας είναι λεία και καλύπτεται με μικροσκοπικές τρίχες, που είναι γνωστές ως τριχώματα τα οποία δρουν προστατευτικά εναντίον παρασίτων, μειώνουν την απώλεια νερού και συμβάλλουν στη συνολική υφή του στελέχους (Sharma et al., 2019).

Τα άνθη της τομάτας είναι ερμαφρόδιτα και εμφανίζονται σε ταξιανθίες, με κάθε ταξιανθία να αποτελείται από 4 έως και 12 άνθη και να παράγει περίπου 2 με 8 καρπούς. Οι καρποί της τομάτας διαφέρουν σημαντικά στο σχήμα και το μέγεθος, παρουσιάζοντας ποικιλία από στρογγυλά και μικρά έως μεγάλα ή μεταβλητά σχήματα. Το καλλιεργούμενο είδος *Solanum lycopersicum*, θεωρείται αυτογονιμοποιούμενο με $2n=24$ χρωμοσώματα και υπάρχει δυνατότητα να γίνει διασταύρωση με συγγενικά είδη και να δώσει υβριδικές ποικιλίες. Οι ποικιλίες διαφέρουν μεταξύ τους κυρίως ως προς τον καρπό και το σχήμα που δίνουν, την αντοχή τους σε εχθρούς και ασθένειες και τον τρόπο ανάπτυξής τους, ενώ μπορούν να διαφέρουν και στο χρώμα (Ku et al., 1999; Liu et al., 2002; Van der Knaap et al., 2002; Sharma et al., 2019). Τα τελευταία χρόνια σημειώνεται στροφή προς τα ποιοτικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων. Η Επιστήμη και Τεχνολογία Τροφίμων έχει επεκταθεί από την απλή έννοια της επαρκούς πρόσληψης θερμίδων, προς την επίτευξη αποτελεσματικότερων διατροφικών συνηθειών. Η ανάπτυξη μιας νέας ποικιλίας τομάτας πρόκειται για έναν εξαιρετικό τρόπο για την επίτευξη σημαντικών στόχων στην εκτροφή τομάτας, αφού δύναται να παρέχει διάφορα οφέλη τόσο στους παραγωγούς όσο και στους καταναλωτές. Εκτός από την επίτευξη μεγάλης διάρκειας ζωής των καρπών της τομάτας, χαρακτηριστικά όπως η απόδοση και τα θρεπτικά συστατικά πρέπει επίσης να βελτιωθούν, καθώς αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την ποιότητα των φρούτων και τη διατροφή των ανθρώπων (Okabe et al., 2011). Έτσι, ο στόχος αναπαραγωγής και ανάπτυξης νέων ποικιλιών είναι η προώθηση της κατανάλωσης βιο - λειτουργικών τροφίμων και η συμβολή στη βελτίωση της σωματικής υγείας, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο ασθενειών (Athinosdorou

et al., 2021). Η απόκτηση μιας συγκεκριμένης σύνθεσης χαρακτηριστικών μπορεί να αποτελέσει πρόκληση στις αυτογονιμοποιούμενες καλλιέργειες. Κάθε γενιά αυτογονιμοποίησης συνεισφέρει στην αύξηση της ομοζυγωτίας. Όταν τα δύο αλληλόμορφα γίνουν ίδια σε μια δεδομένη γονιδιακή θέση το αντίστοιχο χαρακτηριστικό θεωρείται σταθερό και δεν υπόκειται πλέον σε διαχωρισμό κατά τις επόμενες γενιές. Εάν ο επιθυμητός συνδυασμός χαρακτηριστικών δεν επιτευχθεί μετά από πέντε ή περισσότερες γενιές αυτογονιμοποίησης, τότε κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω διασταύρωση και ο γενετικός ανασυνδυασμός. Οι επαναλαμβανόμενες γενιές σε τομάτες και άλλες αυτογονιμοποιούμενες καλλιέργειες οδηγούν σε αυξημένη γενετική ομοιομορφία. Με κάθε γενιά αυτογονιμοποίησης, τα γονίδια στην τομάτα γίνονται πιο ομοζυγωτικά κατά 50%. Μόλις ένα ζεύγος αλληλομόρφων γίνει ομοζυγωτικό (AA ή BB), καθίσταται σταθερό και διατηρεί αυτήν την κατάσταση για τις μελλοντικές γενιές, εκτός εάν συμβεί μια μετάλλαξη ή διασταύρωση. Επομένως, η γενετική σύνθεση που προκύπτει από μια διασταύρωση γίνεται πολύ σταθερή μετά από πέντε ή έξι γενιές. Αυτό επιβεβαιώνει τη σημασία της διατήρησης υψηλής ποικιλομορφίας στις αρχικές γενιές, καθώς και της προσεκτικής αξιολόγησης και επιλογής μετά από αρκετές γενιές μετά τη διασταύρωση. Αυτή η διαδικασία εξασφαλίζει τη σταθερότητα της γενετικής δομής που επιλέγεται. Η χρήση υβριδίων στην καλλιέργεια τομάτας οφείλεται ακόμη σε παράγοντες όπως η ανάγκη για νέες ποικιλίες πιο ανθεκτικές σε ασθένειες, με θρεπτικά και λειτουργικά συστατικά. Για αντοχή σε ασθένειες, καλύτερη ποιότητα και απόδοση σε τομάτα χρησιμοποιούνται υβρίδια F1 (Foolad et al., 2007; Nkongho et al., 2023).

Η αναγνώριση των διαφορών στη μορφολογία και στο γενετικό υλικό με βάση τα δακτυλικά αποτυπώματα DNA που προκύπτουν από απλές επαναλήψεις αλληλουχίας (SSRs) επιτρέπουν τη διάκριση των ποικιλιών. Η ανάλυση των δεικτών απλής επανάληψης αλληλουχίας (SSR) δίνει τη δυνατότητα να ταυτοποιηθεί ο γονότυπος της τομάτας και έτσι μπορεί να γίνεται έλεγχος των ποικιλιών σε διάφορα προϊόντα τομάτας. Για παράδειγμα, είναι δυνατό να εντοπιστεί η επεξεργασμένη τομάτα με σκοπό την επαλήθευση της αυθεντικότητας και τη διατήρηση της ταυτότητάς της, ενώ ταυτόχρονα χρησιμοποιείται ως εργαλείο στη βιομηχανία τομάτας προκειμένου να βελτιώσει τις διαδικασίες αναπαραγωγής, τον ποιοτικό έλεγχο και την εσωτερική ιχνηλασιμότητα (Sardaro et al., 2013).

Η διάρκεια της καλλιέργειας της τομάτας είναι σχετικά σύντομη και κυμαίνεται από 90 έως και 150 ημέρες, γεγονός που επηρεάζεται από την ποικιλία, το έδαφος, το κλίμα και τις καλλιεργητικές τακτικές και φροντίδες που χρησιμοποιούνται. Αναφορικά με την

θερμοκρασία ανάπτυξης, οι τομάτες ευδοκιμούν καλύτερα σε θερμοκρασίες μεταξύ 18 με 25°C την ημέρα και μεταξύ 10 έως 20°C τις νυχτερινές ώρες. Εκτός των παραπάνω θερμοκρασιακών ορίων, επιβραδύνεται η ανάπτυξη και η ωρίμανση της καλλιέργειας, ενώ πολύ υψηλές θερμοκρασίες οδηγούν σε κατώτερης ποιότητας καρπούς, στη γρήγορη γήρανσή τους και σε μειωμένη απόδοση των σπόρων (Ohtaka et al., 2020; Ting-ting et al., 2019; Wang et al., 2019). Η καλλιέργεια της τομάτας μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ένα φάσμα εδαφών, ωστόσο προτιμάται ένα καλά στραγγιζόμενο έδαφος με καλούς ρυθμούς διείσδυσης αέρα και νερού, με pH από 5 έως 7 (Astija et al., 2022). Προτιμάται ακόμα, σχετική υγρασία μεταξύ 50-70% (Zheng et al., 2020). Πολύ χαμηλά ποσοστά σχετικής υγρασίας οδηγούν στον περιορισμό της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής καρπών, ενώ πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία καθιστά την γύρη κολλώδη και δημιουργούνται προβλήματα στην γονιμοποίηση των φυτών. Ακόμη, το περιβάλλον αυτό είναι κατάλληλο για την ανάπτυξη και εξάπλωση μυκητιακών και βακτηριακών ασθενειών. Συμπερασματικά, τα πολύ υψηλά ή χαμηλά επίπεδα υγρασίας επιδρούν αρνητικά στη συνολική ανάπτυξη και στην ευρωστία των φυτών.

1.1.3 Υδροπονική καλλιέργεια

Ολοένα και αυξανόμενο τα τελευταία χρόνια είναι το ενδιαφέρον για την υδροπονία, η οποία πρόκειται για καλλιέργεια που περιλαμβάνει φυτική παραγωγή σε συνθήκες χωρίς έδαφος στις οποίες η παροχή του νερού και των μετάλλων γίνεται σε θρεπτικά διαλύματα με ή χωρίς καλλιεργητικό μέσο. Οι ρίζες



Εικόνα 2: Υδροπονική καλλιέργεια

των φυτών αναπτύσσονται είτε σε στερεά υποστρώματα εμποτισμένα με τεχνητό θρεπτικό διάλυμα είτε απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα από το οποίο τα φυτά απορροφούν τις απαραίτητες για την ανάπτυξή τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων. Τα υδροπονικά συστήματα, μπορούν ακόμη να διακριθούν σε ανοιχτά συστήματα, όπου το θρεπτικό διάλυμα που περισσεύει δεν μπορεί να ανακυκλωθεί, και σε κλειστά συστήματα, όπου οι πλεονάζουσες θρεπτικές ουσίες από τις ρίζες συλλέγονται και ανακυκλώνονται ξανά στο σύστημα. Τα κλειστά συστήματα είναι πιο φιλικά προς το περιβάλλον, καθώς δεν

προκαλείται ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων από νιτρικά και φωσφορικά άλατα που εμπεριέχονται στα λύματα των λιπασμάτων (Richa et al., 2020). Υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι για την καλλιέργεια τροφίμων με χρήση υδροπονίας και η εφαρμογή τους εξαρτάται από το συγκεκριμένο φυτό, το τοπικό κλίμα και τον προϋπολογισμό, μεταξύ άλλων παραγόντων.

Σήμερα, η υδροπονική καλλιέργεια έχει επεκταθεί σε μεγάλη κλίμακα στην Ευρώπη λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων της. Η καλλιέργεια με υδροπονία λαμβάνει χώρα σε ελεγχόμενο περιβάλλον, εξασφαλίζοντας έτσι τις βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης και προστασίας από ασθένειες των φυτών που μεταδίδονται από το έδαφος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ανάγκης σε φυτοφάρμακα και χημικά. Τα θρεπτικά συστατικά χορηγούνται σύμφωνα με τις φυσιολογικές ανάγκες του φυτού και έτσι η ποιότητα των προϊόντων είναι εξασφαλισμένη. Το θρεπτικό υγρό ανακυκλώνεται και έτσι οι ποσότητες σε νερό μειώνονται σημαντικά, γεγονός που συνεισφέρει σε μια βιωσιμότερη παραγωγή προϊόντων. Η υδροπονική καλλιέργεια επιτρέπει ακόμη την πλήρη αξιοποίηση του χώρου αφού είναι δυνατό να επινοηθούν κάθετες ρυθμίσεις για μεγαλύτερο επίπεδο παραγωγής (Velazquez-Gonzalez et al., 2022). Παρά τα πλεονεκτήματα της υδροπονικής καλλιέργειας στην πρωτογενή παραγωγή, δεν παύει να έχει και ορισμένα μειονεκτήματα. Πρόκειται για μια αρχική επένδυση με υψηλό κόστος, η οποία απαιτεί υψηλά καταρτισμένο προσωπικό και εξελιγμένα συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου της ωρίμανσης των φυτών (Maucieri et al., 2019).

1.1.4 Διατροφική αξία

Η τομάτα αποτελεί σημαντική πηγή μετάλλων, βιταμινών, απαραίτητων αμινοξέων, υδατανθράκων και διαιτητικών ινών. Τις κύριες αντιοξειδωτικές της ενώσεις αποτελούν η βιταμίνη C, η βιταμίνη E, οι φαινολικές ενώσεις και τα καροτενοειδή (Añibarro-Ortega et al., 2020). Στην τομάτα δύο είναι τα κυρίαρχα καροτενοειδή, το λυκοπένιο που βρίσκεται σε ποσοστό περίπου 80 – 90% και το β – καροτένιο που είναι 7 – 10% (Frusciante et al., 2007). Αναφορικά με τη φλούδα της τομάτας, έχει μεγάλη θρεπτική αξία καθώς περιέχει, πέρα από αντιοξειδωτικά όπως είναι τα φαινολικά οξέα, το ασκορβικό οξύ και το λυκοπένιο, διάφορους τύπους λιπαρών οξέων και ορισμένα μέταλλα όπως ασβέστιο (Elbadrawy et al., 2016).

Nutrition Facts	
Serving Size	100 g
Amount Per Serving	
Calories	18
% Daily Value *	
Total Fat 0.2g	0 %
Sodium 5mg	0 %
Total Carbohydrate 3.9g	1 %
Dietary Fiber 1.2g	4 %
Sugar 2.6g	
Protein 0.9g	2 %
Vitamin D 0.00mcg	0 %
Calcium 10.00mg	1 %
Iron 0.27mg	2 %
Potassium 237mg	5 %

* The % Daily Value (DV) tells you how much a nutrient in a serving of food contribute to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice.

Εικόνα 3: Ενδεικτική διατροφική σύσταση τομάτας (στα 100g)

Η τομάτα όπως έχει αναφερθεί είναι πλούσια σε αντιοξειδωτικά συστατικά, τα οποία συνιστούν βιομόρια που αποτρέπουν την οξείδωση άλλων μορίων και αναστέλλουν τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων (Sies et al., 2020). Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες και οι ιδιότητες απορρόφησης ελεύθερων ριζών των πολυφαινολικών ενώσεων που βρέθηκαν σε διάφορα φυτικά εκχυλίσματα, υποδηλώνουν πιθανό προστατευτικό ρόλο των πολυφαινολικών ενώσεων στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων στον άνθρωπο. Η συνολική περιεκτικότητα της τομάτας σε φαινόλες φτάνει έως και 200 mg ισοδύναμου γαλλικού οξέος ανά 100 g, ξηρού βάρους. Τα φαινολικά συστατικά της τομάτας, κυρίως τα φαινολικά οξέα, βρίσκονται σε διαλυτή μορφή όταν είναι ελεύθερα, ενώ παρουσιάζονται σε αδιάλυτη μορφή όταν είναι συνδεδεμένα με τις φυτικές ίνες. Τέλος, οι τομάτες αποτελούν διατροφική πηγή διαλυτών και αδιάλυτων διαιτητικών ινών, όπως πηκτίνες, ημικυτταρίνες και κυτταρίνη (Frusciante et al., 2007).

Η κατανάλωση πλούσιας σε καροτενοειδή τομάτας είναι συνυφασμένη με την προστασία από χρόνιες αθένειες και από διαταραχές που συνδέονται με έλλειψη βιταμίνης A (Rao et al., 2007). Οι τομάτες συνιστούν πλούσια πηγή βιταμινών, με τις βιταμίνες C, το σύμπλεγμα B, τις A, E και K να είναι οι κύριοι τύποι βιταμινών που υπάρχουν σε αυτές. Από αυτές, οι βιταμίνες C και E (τοκοφερόλη) έχουν αντιοξειδωτική δράση και καθιστούν την

τομάτα χρήσιμη για την πρόληψη διαφόρων ασθενειών, όπως καρδιαγγειακών νοσημάτων και διάφορων μορφών καρκίνου (Ali et al., 2020).

Η βιταμίνη C ή L-ασκορβικό οξύ αποτελεί ισχυρή αντιοξειδωτική ουσία, γνωστή για τις φυτοχημικές της ιδιότητες και τη σημασία της για την ανθρώπινη υγεία. Το ανθρώπινο σώμα αδυνατεί να παράγει βιταμίνη C, που σημαίνει ότι η παρουσία της στον άνθρωπο βασίζεται αποκλειστικά στη διατροφή του. Οι φρέσκες τομάτες είναι μια σημαντική πηγή βιταμίνης C, αλλά η επεξεργασία τους μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την περιεκτικότητά τους (Yadava et al., 2012). Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C φαίνεται να αυξάνεται με την ωρίμανση των καρπών της τομάτας, από πράσινο σε κόκκινο, αλλά από τη στιγμή που οι τομάτες συγκομίζονται και αποθηκεύονται, η περαιτέρω ωρίμανση και η έκθεση στο φως έχουν συσχετιστεί με μείωση της περιεκτικότητάς τους (Raiola et al., 2014; Valsikova-Frey et al., 2017).

Το λυκοπένιο ανήκει στα καροτενοειδή και υπάρχει στις τομάτες και στα επεξεργασμένα προϊόντα της. Έχει αποδειχθεί ότι τα επίπεδα λυκοπενίου συνδέονται αντίστροφα με τη συχνότητα εμφάνισης διάφορων τύπων καρκίνου, όπως ο καρκίνος του μαστού και ο καρκίνος του προστάτη. Σε μια μελέτη των Sanjiv Agarwal and Akkinappally Venketeshwer Rao (2000), η μέση ημερήσια διατροφική πρόσληψη λυκοπενίου, που αξιολογήθηκε μέσω ερωτηματολογίου, διαπιστώθηκε ότι ήταν περίπου 25 mg από την κατανάλωση επεξεργασμένων προϊόντων τομάτας, ποσό που αντιπροσωπεύει το 50% της συνολικής ημερήσιας πρόσληψης. Ωστόσο, οι παράγοντες που επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις των αντιοξειδωτικών ποικίλουν. Κάποιοι από αυτούς είναι το στάδιο ωρίμανσης, οι καλλιεργητικές πρακτικές, η διαθεσιμότητα νερού, το φως και η θερμοκρασία (Gautier et al., 2008). Ακόμη, η περιεκτικότητα σε λυκοπένιο έχει αποδειχθεί ότι αυξάνεται μετά από ορισμένες τεχνικές επεξεργασίας, όπως η θερμική επεξεργασία, ενώ οι κύριες οδοί αποικοδόμησης του λυκοπενίου κατά την επεξεργασία της τομάτας είναι η οξειδωση και ο ισομερισμός. Η οξειδωση λαμβάνει χώρα κατά προτίμηση σε χαμηλό pH, παρουσία φωτός και οξυγόνου κατά τη μη θερμική επεξεργασία, όπως η κοπή και η άλεση, αλλά ακόμη και κατά την περίοδο αποθήκευσης. Η θερμική επεξεργασία, από την άλλη πλευρά, επιτρέπει τη διάσπαση του ιστού της τομάτας, που σημαίνει ότι οι περισσότεροι από τους δεσμούς διαταράσσονται και ευνοείται ο ισομερισμός (Ishiwu et al., 2014; Laranjeira et al., 2022).

1.1.5 Ωρίμανση τομάτας

Γενικά με βάση τη βιβλιογραφία, οι σαρκώδεις καρποί χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τους κλιμακτηριακούς και τους μη κλιμακτηριακούς, ανάλογα με τις αλλαγές στην αναπνοή κατά την ωρίμανση και την αντίδρασή τους στο εξωγενές αιθυλένιο. Συνοπτικά, οι κλιμακτηριακοί καρποί θεωρούνται ότι ανταποκρίνονται στο αιθυλένιο ως ένα κύριο καταλυτικό παράγοντα της ωρίμανσής τους, ενώ οι μη κλιμακτηριακοί καρποί εμφανίζουν διαφορετικές αντιδράσεις (Herner et al., 1972). Η χρήση φρέσκιας τομάτας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η τομάτα μπορεί να συγκομιστεί ως ώριμη πράσινη και να αλλάξει χρώμα κατά τη μεταφορά της ή στον τελικό προορισμό. Οι τομάτες έχουν ακόμα τη δυνατότητα να καλλιεργηθούν σε θερμοκήπια, προκαλώντας εποχιακές διακυμάνσεις στη γευστική και διατροφική τους ποιότητα. Η τομάτα κατατάσσεται στα κλιμακτηριακά φρούτα, έχει δηλαδή τον μηχανισμό να ωριμάζει μετά τη συγκομιδή της από το φυτό, λόγω της παραγωγής αιθυλενίου. Συνεπώς, για να αυξηθεί η διάρκεια ζωής των φρούτων, απαιτείται η ελαχιστοποίηση της απόκρισης του αιθυλενίου. Η μετάλλαξη στα γονίδια των υποδοχέων αιθυλενίου έχει σημαντική επίδραση στη μείωση της ανταπόκρισης του αιθυλενίου, με αποτέλεσμα την αύξηση της διάρκειας ζωής των φρούτων (Mubarok et al., 2023). Το αιθυλένιο αποτελεί φυτική ορμόνη που δρα απευθείας στο DNA του φυτικού κυττάρου, ενεργοποιώντας πολλά γονίδια και σχηματίζοντας ένζυμα που συμβάλλουν στην ομοιόμορφη ωρίμανση και στην αποπρασίνιση ενώ συνάμα ευθύνεται για επιβλαβείς διεργασίες όπως η υπερωρίμανση, το μαλάκωμα των φυτικών ιστών και η γήρανση. Το μαλάκωμα των φρούτων και οι αλλαγές στην υφή προκαλούνται από την τροποποίηση και την μερική αποσυναρμολόγηση του κυτταρικού τοιχώματος του καρπού με την συμβολή ενζύμων. Έτσι, αναπτύσσεται η ώριμη γεύση με την αύξηση ορισμένων πτητικών συστατικών και με την μεταβολή του γευστικού πηλίκου, δηλαδή του λόγου σακχάρου – οξέος. Η γευστική ποιότητα των φρούτων ποικίλλει ανάλογα με την αναλογία αυτή, η οποία κατά γενικό κανόνα αυξάνεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και μειώνεται κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Παρόλο που το αιθυλένιο δεν μπορεί να προκαλέσει την ταχεία ωρίμανση των ανώριμων καρπών της τομάτας, η έκθεση τους σε αυτό επιταχύνει την έναρξη της διαδικασίας και μειώνει την «πράσινη ζωή» τους (Alexander et al., 2002).

Σύμφωνα με έρευνες, διαπιστώθηκε ότι η τεχνητή ωρίμανση των φρούτων μπορεί να επιφέρει επέκταση της διάρκειας ζωής τους σε σχέση με τους καρπούς που ωριμάζουν φυσικά στον αγρό. Ωστόσο, τα τεχνητά ωριμασμένα φρούτα της τομάτας ενδέχεται να παρουσιάζουν μικρότερη περιεκτικότητα σε σάκχαρα από εκείνα που ωρίμασαν με φυσικό

τρόπο στο χωράφι. Κατά τη διαδικασία της ωρίμανσης της τομάτας, το χρώμα των καρπών εξελίσσεται από πράσινο σε κόκκινο καθώς οι χλωροπλάστες μετατρέπονται σε χρωμοπλάστες, γίνεται αποικοδομηση της χλωροφύλλης και συσσώρευση καροτενοειδών. Το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα των καρπών της ώριμης τομάτας οφείλεται πρωτίστως στην εναπόθεση λυκοπενίου, του βασικού καροτενοειδούς της που ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά από τον Duggar το 1913, και στο β-καροτένιο. Η αποδοχή της τομάτας από τους καταναλωτές συνήθως βασίζεται στο χρώμα και το στάδιο ωρίμανσής της. Το χρώμα αποτελεί το κύριο ποιοτικό χαρακτηριστικό που παρατηρεί ο αγοραστής, με τη σφριγηλότητα να διαδραματίζει και αυτή σημαντικό ρόλο (Ali et al., 2021).

Κατά την ωρίμανση της τομάτας, καίριο ρόλο διαδραματίζουν ορισμένοι παράγοντες που προκαλούν μεταβολές στις συγκεντρώσεις των αντιοξειδωτικών. Τέτοιοι παράγοντες είναι οι πρακτικές καλλιέργειας, δηλαδή η διαθεσιμότητα νερού και τα ανόργανα θρεπτικά συστατικά, και το κλιματικό περιβάλλον, με κύρια το φως και τη θερμοκρασία. Τα αντιοξειδωτικά συνεισφέρουν σε μεγάλο βαθμό στην απομάκρυνση των ενεργών ειδών οξυγόνου που παράγονται κατά την ωρίμανση, αντιμετωπίζοντας υπερβολική ακτινοβολία. Το ασκορβικό οξύ και ορισμένα φαινολικά συστατικά συσσωρεύονται κυρίως από το στάδιο της πράσινης έως το στάδιο της μέσης ωρίμανσης, ενώ τα συνολικά καροτένια αυξάνονται συνεχώς κατά τη διαδικασία της ωρίμανσης. Επιπλέον, οι μεταβολές στην περιεκτικότητα σε φαινόλες ή ασκορβικό οξύ συνδέονται πιο συχνά με φωτεινό περιβάλλον. Η περιεκτικότητα σε διαλυτές φαινόλες στα φυτά που αναπτύσσονται σε συνθήκες υψηλού φωτισμού, είναι περίπου διπλάσια από την περιεκτικότητα σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε χαμηλό φωτισμό. Επίσης, η μεταφορά των φυτών από τη σκιά στην ηλιοφάνεια οδηγεί σε αύξηση κατά 66% της περιεκτικότητας σε ασκορβικό οξύ στους ώριμους καρπούς. Συνεπώς, οι δευτερογενείς μεταβολίτες μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με το στάδιο ωρίμανσης και το περιβάλλον του καρπού. Παρ' όλα αυτά, είναι δύσκολο να συσχετιστεί η σύνθεση των καρπών με το περιβάλλον τους. Γι' αυτό, το πειραματικό περιβάλλον πρέπει να παρακολουθείται προσεκτικά, διότι ενδέχεται να υπάρχουν έντονες κλιματικές ετερογένειες μεταξύ των καρπών (Gautier et al., 2008).

1.1.6 Προ - συλλεκτικοί χειρισμοί που επηρεάζουν την τομάτα

Κατά την εφαρμογή λιπασμάτων, τα κατάλληλα χαρακτηριστικά που απαιτούνται σκοπεύουν στην επιλογή όχι μόνο του τύπου του λιπάσματος αλλά και της ποσότητας που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί κατά την διαδικασία της καλλιέργειας. Για παράδειγμα, η επαρκής παροχή καλίου στην τομάτα βελτιώνει το χρώμα των καρπών, μειώνει τη

συχνότητα εμφάνισης κίτρινου ώμου, ενώ ενισχύει την οξύτητα του καρπού. Ο κίτρινος ώμος είναι μια φυσιολογική διαταραχή της τομάτας που χαρακτηρίζεται από αποχρωματισμένες περιοχές που συνορεύουν με την ουλή του στελέχους. Η έλλειψη καλίου μπορεί να οδηγήσει μια τέτοια διαταραχή στους καρπούς (Hartz et al., 2005). Αντίθετα, υψηλές ποσότητες αζώτου μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την ποιότητα των καρπών, μειώνοντας την περιεκτικότητα σε σάκχαρα. Η παροχή βορίου φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα των καρπών της τομάτας. Η εφαρμογή ασβεστίου στην καλλιέργεια της τομάτας έχει θετική επίδραση στην πρόληψη ασθενειών καθώς συμβάλλει στη μείωση της καρπόπτωσης και στη στη σφριγηλότητα των καρπών κατά την ωρίμανση. Ακόμη, ο ψεκασμός των φύλλων με αλάτα ασβεστίου ελέγχει αποτελεσματικά τον αλευρώδη. Ο αλευρώδης είναι ημίπτερο έντομο που μπορεί να προκαλέσει σημαντική ζημιά και απώλεια παραγωγής. Επιπλέον, αυξημένη παροχή ασβεστίου ευνοεί την ανθεκτικότητα έναντι στο βακτηριακό μαρασμό που προκαλείται από την *Ralstonia solanacearum* στην τομάτα (Ehret et al., 2002). Το κλάδεμα αποτελεί σημαντικό προσυλλεκτικό παράγοντα καθώς ο έλεγχος του αριθμού των ανθών και των καρπών στο φυτό της τομάτας αποτελεί αποτελεσματική πρακτική για τον περιορισμό του ανταγωνισμού μεταξύ των καρπών. Το κλάδεμα εξασφαλίζει ότι τα θρεπτικά συστατικά διοχετεύονται σε λιγότερες δεξαμενές καρπών, γεγονός που συμβάλλει στην αύξηση του μεγέθους των καρπών, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται και η περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα (Gautier et al., 2001; Prudent et al., 2009). Συνεπώς, το κλάδεμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της εμπορευσιμότητας των καρπών της τομάτας.

Τέλος, η άρδευση είναι κρίσιμη καθώς η τομάτα είναι ευαίσθητη στην έλλειψη νερού και ως εκ τούτου, οι αποδόσεις μειώνονται σημαντικά μετά από σύντομες περιόδους ξηρασίας κατά τη διάρκεια της φυτικής παραγωγής. Η σωστή άρδευση στην καλλιέργεια της τομάτας είναι επομένως ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη των φυτών. Ωστόσο, λόγω της έλλειψης νερού στις περιοχές παραγωγής, οι καλλιεργητές έχουν εφαρμόσει πιο αποτελεσματικά συστήματα διαχείρισης του νερού, με στόχο τη διατήρηση της απόδοσης της καλλιέργειας. Η έλλειψη άρδευσης μειώνει τη συσσώρευση νερού στους καρπούς και την απόδοση των νωπών καρπών, ενώ ταυτόχρονα αυξάνει τα ολικά διαλυτά στερεά των καρπών (Mitchell et al., 1991; Senevirantha et al., 2010).

1.1.7 Μετα- συλλεκτικοί χειρισμοί που επηρεάζουν την τομάτα

Όπως είναι γνωστό, μετά τη συλλογή οι καρποί παραμένουν ζωντανοί και εκτελούν όλες τις λειτουργίες ενός ζωντανού ιστού. Η κλιμακτηριακή έκρηξη του αιθυλενίου που συμβάλλει στη βελτίωση της γεύσης του καρπού, προκαλεί επίσης την ωρίμανση και τη γήρανση των καρπών. Ο σκοπός κάθε μετασυλλεκτικού χειρισμού είναι η αποτελεσματική διαχείριση της συγκέντρωσης και του χρόνου σύνθεσης του αιθυλενίου, ώστε ο καρπός να φτάσει στον καταναλωτή με την καλύτερη δυνατή ποιότητα κατανάλωσης. Οι παράγοντες που αναλύονται παρακάτω δύναται να επηρεάσουν την ποιότητα της τομάτας μετά τη συγκομιδή, εάν δεν γίνεται κατάλληλη διαχείριση.

Η αποτελεσματική ρύθμιση της θερμοκρασίας από τη στιγμή της συγκομιδής έως και την κατανάλωση έχει αποδειχθεί ότι είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για τη διατήρηση της ποιότητας των καρπών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η αναπνοή και οι μεταβολικές δραστηριότητες των συγκομισμένων κλιμακτηριακών φρούτων, όπως είναι οι τομάτες, επηρεάζονται άμεσα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η αποθήκευση των συγκομισμένων καρπών σε χαμηλές θερμοκρασίες, κοντά στους 20°C, επιβραδύνει πολλές μεταβολικές δραστηριότητες που συμβάλλουν στην ωρίμανση, παρέχοντας έτσι περισσότερο χρόνο για τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς των προϊόντων. Καθυστερήση μίας ώρας μεταξύ της συγκομιδής και της ψύξης της επιφέρει σε απώλεια μιας ημέρας στη διάρκεια ζωής των καρπών (Cantwell et al., 2002). Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να επιταχύνουν το ρυθμό αναπνοής, παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα σε συλλεγμένα ή αποθηκευμένα προϊόντα (de Wild et al., 2003). Είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη ο χρόνος συγκομιδής για να αποφευχθεί η υπερβολική θερμότητα στον αγρό, η οποία μπορεί να προκαλέσει γρηγορότερη αποσύνθεση των φρούτων. Συνεπώς, η αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να διαφυλάξει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως η υφή, η θρεπτική αξία, το άρωμα και η γεύση. Ωστόσο, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η τομάτα, ως τροπικό φρούτο, επηρεάζεται αρνητικά από εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν τραυματισμούς από ψύξη. Τέτοιοι τραυματισμοί είναι το πρόωρο μαλάκωμα, η ακανόνιστη ανάπτυξη του χρώματος, η επιφανειακή σπίλωση, το μαύρισμα των σπόρων, η κακή γεύση και αυξημένη μετασυλλεκτική σήψη. Είναι, συνεπώς, κρίσιμο να καθοριστεί η βέλτιστη θερμοκρασία κατά τη διαχείριση της τομάτας κατά την αποθήκευση.

Η απώλεια νερού από τα συλλεχθέντα προϊόντα προέρχεται κυρίως από την ποσότητα της υγρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα. Αυτή η υγρασία εκφράζεται ως σχετική

υγρασία και έχει σημαντική επίδραση στην ποιότητα των καρπών. Σε υψηλή σχετική υγρασία επιτυγχάνεται διατήρηση της θρεπτικής αξίας, της εμφάνισης, του βάρους και της γεύσης των καρπών, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο μαραίνονται και μαλακώνουν (Paull et al., 1999). Γενικά, οι καρποί της τομάτας έχουν πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και είναι επιρρεπείς στη συρρίκνωση μετά τη συγκομιδή. Η συρρίκνωση της τομάτας, μπορεί να γίνει εμφανής με οποιοδήποτε ποσοστό απώλειας υγρασίας. Οι βέλτιστες τιμές σχετικής υγρασίας για ώριμες πράσινες τομάτες κυμαίνονται μεταξύ 85 - 95% (v/v), και σε τιμές 90 - 95% (v/v) για τους πιο σφιχτούς ώριμους καρπούς. Η αποθήκευση των καρπών τομάτας σε χαμηλότερη σχετική υγρασία, προκαλεί αύξηση της διαπνοής και μπορεί να οδηγήσει στη συρρίκνωσή τους. Η προσθήκη υγρασίας που επιτυγχάνεται με διαβροχή των καρπών κατά την αποθήκευση σε χαμηλότερη σχετική υγρασία μπορεί να περιορίσει την απώλεια βάρους και να αποτρέψει το παραπάνω φαινόμενο. Ωστόσο, πρέπει να αποφεύγεται η κορεσμένη σχετική υγρασία 100%, καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει ανάπτυξη μούχλας και μυκήτων λόγω συμπύκνωσης της υγρασίας στην επιφάνεια των φρούτων (Arah et al., 2015).

Η έλλειψη ασβεστίου στην τομάτα κατά τη λίπανση μπορεί να προκαλέσει στα φυτά πολλές διαταραχές, όπως η σήψη του άκρου των ανθέων. Έχει αποδειχθεί ότι το ασβέστιο αυξάνει την απόδοση της τομάτας όταν χρησιμοποιείται ως λίπασμα. Η εφαρμογή ασβεστίου μετά τη συγκομιδή έχει επίσης θετική επίδραση σε πολλές αποθηκευτικές παραμέτρους διαφόρων φρούτων και λαχανικών. Η εφαρμογή χλωριούχου ασβεστίου μετά τη συγκομιδή μειώνει την αναπνοή, την παραγωγή αιθυλενίου και επιβραδύνει τη γήρανση σε νωπά προϊόντα όπως οι τομάτες (Hussain et al., 2012). Επιπλέον, η εξωτερική εφαρμογή ασβεστίου διατηρεί την ακεραιότητα του κυτταρικού τοιχώματος και το προστατεύει από τα ένζυμα αποικοδόμησης (White et al., 2003). Αυτό ενισχύει τη σύνδεση μεταξύ των πηκτικών ουσιών εντός του κυτταρικού τοιχώματος και αυξάνει τη συνοχή των κυτταρικών τοιχωμάτων. Ο ρυθμός γήρανσης στους καρπούς συνδέεται άρρηκτα με την ποσότητα ασβεστίου στον φυτικό ιστό, και οποιαδήποτε μεταβολή της κατάστασης ασβεστίου τον επηρεάζει (Kinzel et al., 1989). Τέλος, ο φυσικός χειρισμός έχει σημαντική επίδραση στη διάρκεια ζωής των συγκομισμένων καρπών. Ο σκληρός χειρισμός κατά τη διάρκεια της συγκομιδής και έπειτα από αυτήν, μπορεί να οδηγήσει σε μηχανικούς τραυματισμούς που επηρεάζουν την ποιότητα των καρπών. Ένα τυπικό διάγραμμα ροής στη βιομηχανία παραγωγής που ασχολείται με τις τομάτες περιλαμβάνει συνήθως μηχανική συγκομιδή, συσκευασία σε κιβώτια, διαλογή, ταξινόμηση, πλύσιμο και μεταφορά σε μεγάλες

αποστάσεις. Σε κάθε στάδιο από αυτά οι καρποί μπορεί να εμφανίζουν μηχανικούς τραυματισμούς όπως μώλωπες, ουλές, γδαρσίματα ή διάτρηση στους καρπούς, γεγονός που προκαλεί μεγαλύτερη έκκριση αιθυλενίου και γρηγορότερη γήρανση. Σε μικρή κλίμακα παραγωγής τομάτας, οι μηχανικοί τραυματισμοί μπορεί να προκληθούν από τη χρήση ακατάλληλων δοχείων συγκομιδής και υλικών συσκευασίας. Συνεπώς, έχει ουσιαστική σημασία να γίνεται με προσοχή ο χειρισμός των καρπών της τομάτας κατά τη διάρκεια της συγκομιδής και των μετασυλλεκτικών χειρισμών προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι μηχανικοί τραυματισμοί και να περιοριστούν οι απώλειες (Arah et al., 2015).

Συμπερασματικά, η διαχείριση της ποιότητας των τοματών μετά τη συγκομιδή εκτείνεται από το χωράφι μέχρι τον τελικό καταναλωτή. Λόγω της εξαιρετικής ευπάθειας των καρπών αυτών, η ταχεία απώλεια ποιότητας μετά τη συγκομιδή αποτελεί πρόκληση στον αγροτικό τομέα. Η χρήση βέλτιστων μετασυλλεκτικών πρακτικών, όπως η διατήρηση βέλτιστης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, καθώς και η διαχείριση της διαδικασίας αποθήκευσης με κατάλληλα αέρια, αποτελούν σημαντικούς παρεμποδιστικούς παράγοντες. Αν οι μετασυλλεκτικοί και οι προσυλλεκτικοί χειρισμοί που εφαρμόζονται είναι οι κατάλληλοι, τότε μπορεί να επιτευχθεί η ελάχιστη απώλεια της ποιότητας των καρπών.

1.2 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Όπως φαίνεται, η διαδικασία ωρίμανσης της τομάτας αποτελεί τον κύριο παράγοντα που επηρεάζει την ποιοτική υποβάθμισή της. Από όλα τα προηγούμενα, συμπεραίνεται ότι η διάρκεια ζωής του καρπού της τομάτας μετά τη συγκομιδή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία αποθήκευσης. Στον παρακάτω πίνακα μετά από ενδελεχή έρευνα, παρουσιάζονται επιστημονικές μελέτες σχετικά με τη διατηρησιμότητα της τομάτας.

Πίνακας 1: Πειράματα και μελέτες που σχετίζονται με τον βαθμό ωρίμανσης της τομάτας

Επιστημονικό άρθρο	Αναλύσεις	Μέθοδοι
Comparison of color indexes for tomato ripening. (2004) Συγγραφείς: Andrés F. López Camelo; Perla A. Gómez	Φυσικοχημικές αναλύσεις	Μέτρηση χρώματος διαφορετικών ποικιλιών τομάτας
	Στατιστική Ανάλυση	Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) Ανάλυση διακύμανσης με δοκιμή πολλαπλού εύρους του Duncan (DMRT) ($P < 0,05$)
Volatilomic profile of the tree tomato (<i>Solanum betaceum</i> Cav.) pulp during ripening and senescence using HS-SPME with GC-MS. (2023) Συγγραφείς: Maribel Quintero Ramirez, Eliana Alvarez Valdez, Nelson Ceballos Aguirre, Debora Duno, Gonzalo Taborda Ocampo	Φυσικοχημικές αναλύσεις	Προσδιορισμός τιτλοδοτούμενης οξύτητας (TA)
		Προσδιορισμός ολικών διαλυτών στερεών (TSS)
		Προσδιορισμός γευστικού πηλίκου (TSS/TA)
		pH
	Εκχύλιση πτητικών ενώσεων	HS-SPME
Ταυτοποίηση πτητικών ενώσεων	Αέρια χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας GC-MS	
Στατιστική ανάλυση	Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)	
Changes in color-related compounds in tomato fruit exocarp and mesocarp during ripening using HPLC-APcI ⁺ -mass Spectrometry. (2014)	Φυσικοχημικές αναλύσεις	Μέτρηση χρώματος στο εξωτερικό και στο εσωτερικό του καρπού
	Αντιοξειδωτικά	Εκχύλιση χλωροφύλλης Εκχύλιση καροτενοειδών με υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης με ανιχνευτή DAD (HPLC – DAD)

Συγγραφείς: A. Carrillo-López, E. M. Yahia	Στατιστική ανάλυση	Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)
		Δοκιμή εύρους Tukey
Evaluation of Tomato Fruit Color Change with Different Maturity Stages and Storage Temperatures Using Image Analysis. (2013) Συγγραφείς: Noriko Takahashi, Honami Maki, Hiroshige Nishina, Kotaro Takayama	Ποιοτικά χαρακτηριστικά	Αξιολόγηση χρώματος μέσω image analysis
		Περιεκτικότητα σε σάκχαρα
		Σκληρότητα
		Προσδιορισμός βάρους
Chilling-Induced Changes in Aroma Volatile Profiles in Tomato. (2015) Συγγραφείς: Brian Farneti, Alberto Algarra Alarcón, Fotios G. Papatiriu, D. Samudrala, Simona M. Cristescu, Guglielmo Costa, Frans J. M. Harren, Ernst J. Woltering	Ανάλυση πτητικού προφίλ	Ανάλυση SPME/GC-MS
		Ανάλυση PTR-MS
	Στατιστική Ανάλυση	Μέθοδος Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA)
Effect of photo-selective nettings on post-harvest quality and bioactive compounds in selected tomato cultivars. (2013) Συγγραφείς: Maphoko Kamogelo Selahle, Dharini Sivakumar, Puffy Soundy	Φυσικοχημικές αναλύσεις	Μέτρηση χρώματος
		Προσδιορισμός υγρασίας
		Εκτίμηση σκληρότητας με πενετόμετρο
		Προσδιορισμός ολικών διαλυτών στερεών (TSS)
		Προσδιορισμός οξύτητας (TA)
Περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες	Folin-Ciocalteu	
Προσδιορισμός σακχάρων	Έκφραση σε κιτρικό οξύ με χρήση διαθλασίμετρου	

	Προσδιορισμός ασκορβικού	Μέθοδος AOAC19
	Προσδιορισμός λυκοπενίου και β – καροτενίου	Εκχύλιση σε μείγμα ακετόνης:n-εξάνιο
	Προσδιορισμός αντιοξειδωτικής δράσης με φασματοφωτομετρία UV - Vis	(2,2-δι(4-tert-οκτυλφαινυλο)-1-τυκρυλδραζίλιο (DPPH)
	Αισθητηριακή αξιολόγηση	Βαθμολόγηση οσμής, γεύσης, υφής. Επιλογή προτίμησης από μη εκπαιδευμένους δοκιμαστές
	Ανάλυση πτητικών ουσιών	Μικροεκχύλιση SPME και ταυτοποίηση με GC-MS
	Στατιστική ανάλυση	Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)
Chemical and nutritional quality changes of tomato during postharvest transportation and storage. (2021) Συγγραφείς: Mai Al-Dairi, Pankaj B. Pathare , Rashid Al-Yahyai	Χημικές ιδιότητες	Ολικά διαλυτά στερεά (TSS)
		Ογκομετρούμενη οξύτητα (TA)
		Προσδιορισμός γευστικού πηλίκου (TSS/TA)
		pH
	Αντιοξειδωτικά	Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός (UV – VIS –NIR) ολικού λυκοπενίου και καροτενοειδών
	Στατιστική ανάλυση	Τριμερής ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) Δοκιμή εύρους Tukey
Targeted system approach to ethylene biosynthesis and signaling of a heat tolerant tomato cultivar; the impact of	Φυσικοχημικές αναλύσεις	Μέτρηση χρώματος
		Μέτρηση σκληρότητας

growing season on fruit ripening. (2023) Συγγραφείς: Thao Minh Viet Nguyen, Dinh Thi Tran, Bram Van de Poel, Maarten L.A.T.M. Hertog, Bart Nicolai		Ολικά διαλυτα στερεά (TSS) (%)
		Μέτρηση οξύτητας (TA)
	Ρυθμός Παραγωγής Αιθυλενίου	Προσδιορισμός 1-αμινοκυκλοπροπανίου-1-καρβοξυλικού οξέος (ACC)
		Προσδιορισμός κυκλοπροπάνιο-1-καρβοξυλικό οξύ (MACC)
	Προσδιορισμός Αναπνευστικού Ρυθμού	Αέρια χρωματογραφία
	Εκχύλιση RNA	Αντίστροφη μεταγραφή και q PCR
	Ταυτοποίηση των πεπτιδίων και ποσοτικοποίηση των πρωτεϊνών	Τεχνική παρακολούθησης παράλληλων αντιδράσεων (PRM)
	Στατιστική Ανάλυση	Ανεξάρτητη δοκιμή t-test
		Kruskal-Wallis τεστ
		Δοκιμή εύρους Tukey
	One-way ANOVA	
Roles of RIN and ethylene in tomato fruit ripening and ripening-associated traits. (2020) Συγγραφείς: Shan Li, Benzhong Zhu, Julien Pirrello, Changjie Xu, Bo Zhang, Mondher Bouzayen, Kunsong Chen, Donald Grierson	Φυσικοχημικές μετρήσεις	Μέτρηση παραγωγής αιθυλενίου με GC-FID
		Μέτρηση χρώματος περικαρπίου με CIELAB
		Μέτρηση υφής
		Απώλεια νερού
		Μέτρηση περιεκτικότητας σε καροτενοειδή με HPLC
	Ανάλυση πτητικού προφίλ	Ανάλυση SPME/GC-FID
	Αέρια χρωματογραφία GC-MS	

	Μοριακές αναλύσεις	Απομόνωση RNA, ποσοτική αντίστροφη μεταγραφή (qRT)-PCR
	Στατιστική ανάλυση	Δοκιμή πολλαπλών εύρους Duncan ($P < 0,05$)
<p>Antioxidant Characterization of Six Tomato Cultivars and Derived Products Destined for Human Consumption. (2023) Συγγραφείς: Anna Rita Bianchi, Ermenegilda Vitale, Valeria Guerretti, Giancarlo Palumbo, Isabella Maria De Clemente, Luca Vitale, Carmen Arena, Anna De Maio</p>	Αντιοξειδωτικά	(2,2-δι(4-tert-οκτυλφαινυλο)-1-πυκρλυδραζίλιο (DPPH)
		Μέθοδος 2,2'-αζινο-δισ (3-αιθυλοβεζοθειαζολινο-6-σουλφονικό οξύ (ABTS)
		Ολικό φαινολικό περιεχόμενο με μέθοδο Folin-Ciocalteu
		Προσδιορισμός συγκέντρωσης λυκοπενίου με εκχύλιση σε εξάνιο:ακετόνη:αιθανόλη (2:1:1)
		Προσδιορισμός ασκορβικού οξέος
	Στατιστική ανάλυση	Μονόδρομη ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) Δοκιμή πολλαπλών συγκρίσεων του Holm-Sidak
<p>Effects of Storage Duration on Physicochemical and Antioxidant Properties of Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) (2016) Συγγραφείς: Shimeles Tilahun, Do Su Park, Adanech Melaku Taye, Cheon Soon Jeong</p>	Φυσικοχημικές αναλύσεις	Απώλεια βάρους (%)
		Μέτρηση σκληρότητας
		Μέτρηση χρώματος, CIELAB
	Χημικές αναλύσεις	Ογκομετρούμενη οξύτητα (TA)

		Ολικά διαλυτά στερεά (TSS)
	Αντιοξειδωτικές ιδιότητες	Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός περιεκτικότητας σε λυκοπένιο (απορρόφηση εξανίου)
		Προσδιορισμός βιταμίνης C με υγρή χρωματογραφία αντίστροφης φάσης
		Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός περιεκτικότητας σε ολικά φαινολικά συστατικά
		Μέτρηση αντιοξειδωτικής δράσης (2,2-δι(4-tert-οκτυλφαινυλο)-1-πυκρλυδραζίλιο (DPPH))
	Στατιστική ανάλυση	Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)
		Ανάλυση διακύμανσης με δοκιμή πολλαπλών εύρους του Duncan (DMRT)
Nutritional Quality Changes of Fresh-cut Tomato during Shelf Life. (2013) Συγγραφείς: Maria D.C. Antunes, Daniela Rodrigues, Vasilios Pantazis, Ana M. Cavaco, Anastasios S. Siomos, Graça Miguel	Φυσικοχημικές αναλύσεις	Μέτρηση χρώματος CIELAB
		Ολικά διαλυτά στερεά (TSS)
		Μέτρηση σκληρότητας
		Περιεκτικότητα σε γλυκόζη και φρουκτόζη με χρήση εμπορικού κιτ
	Αντιοξειδωτικές ιδιότητες	Προσδιορισμός ασκορβικού οξέος με HPLC
		Αντιοξειδωτική δράση (DPPH)
		Προσδιορισμός ολικών διαλυτών φαινολικών με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu
	Αισθητηριακή αξιολόγηση	Εμφάνιση
		Υφή
		Γλυκύτητα

		Οξύτητα
		Γεύση
	Μικροβιακή αξιολόγηση	Προσδιορισμός ζυμομυκήτων στους 25°C εκφρασμένοι ως logCFU/g
	Στατιστική ανάλυση	Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) Ανάλυση διακύμανσης με δοκιμή πολλαπλών εύρους του Duncan (DMRT)
<p>Post-harvest assessment of fruit quality and shelf life of two elite tomato varieties cultivated in Bangladesh. (2019)</p> <p>Συγγραφείς: Shata Rupa Sinha, Ashutus Singha, Muhiuddin Faruquee, Md. Abu Sayem Jiku, Md. Arifur Rahaman, Md. Ashraful Alam, Mohammad Abdul Kader</p>	Φυσικοχημικές αναλύσεις	Περιεκτικότητα σε υγρασία
	Ποιοτικές μεταβολές	Προσδιορισμός χρώματος με αριθμητική κλίμακα
		Προσδιορισμός σκληρότητας με αριθμητική κλίμακα
		Προσδιορισμός τραυματισμού των καρπών από την ψύξη
	Χημικές αναλύσεις	Ογκομετρούμενη οξύτητα (TA)
		Ολικά διαλυτά στερεά (TSS)
		Μέτρηση pH
	Αντιοξειδωτικές ιδιότητες	Προσδιορισμός βιταμίνης C
	Μικροβιολογικές αναλύσεις	Απομόνωση και ταυτοποίηση παθογόνων μικροοργανισμών
	Στατιστική ανάλυση	Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)

		Δοκιμή της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς
--	--	--

Με βάση τον παραπάνω πίνακα, γίνεται εμφανές το μεγάλο ενδιαφέρον που υπάρχει για τη μελέτη της ωρίμανσης της τομάτας. Κάθε έρευνα εστιάζει σε διάφορους τομείς και χρησιμοποιείται πλήθος μεθόδων. Σε πολλές από τις μελέτες γίνεται αξιολόγηση φυσικοχημικών παραγόντων όπως η ογκομετρούμενη οξύτητα, τα ολικά διαλυτά στερεά (TSS), το χρώμα και η υφή καθώς και αρκετές αναλύσεις για την εκτίμηση των αντιοξειδωτικών συστατικών. Επιπλέον, πιο εξειδικευμένες έρευνες περιλαμβάνουν την μέτρηση και ανάλυση των πτητικών συστατικών και την ταυτοποίηση ορισμένων ενώσεων, μέσω της αέριας χρωματογραφίας (π.χ. GC-MS, GC-FID) και της υγρής χρωματογραφίας (HPLC-APSI-MS). Επίσης, πραγματοποιούνται αναλύσεις που αφορούν τις οργανοληπτικές και τις μικροβιακές ιδιότητες του καρπού της τομάτας. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι στις παραπάνω μελέτες έγινε στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων για να διεξαχθούν ορθά συμπεράσματα. Ωστόσο, οι πολλαπλές παράμετροι όπως οι συνθήκες αποθήκευσης, το στάδιο συγκομιδής και οι συνθήκες καλλιέργειας επιφέρουν μεγάλη ποικιλία αποτελεσμάτων.

2. Σκοπός εργασίας

Σκοπός της μελέτης είναι η αξιολόγηση του βαθμού ωρίμανσης της τομάτας, έπειτα από αποθήκευση αντιπροσωπευτικών δειγμάτων σε θάλαμο ελεγχόμενης θερμοκρασίας και υγρασίας. Μελετήθηκαν πολλές φυσικοχημικές ιδιότητες κατά την διάρκεια της αποθήκευσης των δειγμάτων σε θερμοκρασία $15\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, ώστε να προκύψει σημαντικός αριθμός αποτελεσμάτων που έπειτα από συγκριτική μελέτη και κατάλληλη στατιστική επεξεργασία να αναδειχθούν οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την ωρίμανση της τομάτας. Παρακάτω συνοψίζονται οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν:

1. Μέτρηση παραμέτρων χρώματος (CIE L^* , a^* , b^* , h).
2. Μέτρηση υφής (texture analyzer)
3. Περιεκτικότητα σε υγρασία
4. Μέτρηση ενεργότητας ύδατος (a_w)
5. Προσδιορισμός των ολικών διαλυτών στερεών (TSS)

Οι παραπάνω αναλύσεις έχουν μεγάλο ενδιαφέρον καθώς μπορούν να εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα για την ωρίμανση της τομάτας. Η ανάλυση υφής έχει μεγάλη σημασία καθώς αποτελεί σημαντική παράμετρο αποδοχής της τομάτας από το καταναλωτικό κοινό. Επίσης, η ενεργότητα ύδατος (a_w), η περιεκτικότητα σε υγρασία, τα ολικά διαλυτά στερεά (TSS), αποτελούν σημαντικά ποιοτικά χαρακτηριστικά της τομάτας.

3. Υλικά και μέθοδοι

3.1 Δειγματοληψία

Η προμήθεια των δειγμάτων τομάτας έγινε από την εταιρεία Θερμοκήπια Θράκης, ενώ η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε την 01/04/2024 στην Ξάνθη (Ημέρα 0). Τα δείγματα τομάτας, προέρχονταν από υδροπονική καλλιέργεια της ποικιλίας briosο και διατέθηκαν συσκευασμένα και χύμα. Μεταφέρθηκαν στον χώρο του Πανεπιστημίου στις 03/04/2024 και τοποθετήθηκαν σε κλίβανο ελεγχόμενης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας μέχρι το πέρας της πειραματικής διαδικασίας. Ως θερμοκρασία συντήρησης των δειγμάτων επιλέχθηκαν οι $15\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ με στόχο την προσομοίωση των συνθηκών που επικρατούν μέσα στις υπεραγορές, ενώ η σχετική υγρασία ρυθμίστηκε $60\pm 2\%$. Διεξήχθησαν έξι (6) προγραμματισμένες αναλύσεις ανά μερικές ημέρες και όλη η διαδικασία από τη στιγμή της συγκομιδής και έπειτα διήρκησε συνολικά 24 ημέρες. Σε κάθε προγραμματισμένη διεξαγωγή επιλέχθηκαν τυχαία δείγματα από κάθε τσαμπί, με τις μετρήσεις να πραγματοποιούνται σε οκτώ πανομοιότυπα τοματάκια, 4 από τα οποία ήταν μη-συσκευασμένα και τα υπόλοιπα 4 συσκευασμένα.



Εικόνα 4: Συσκευασμένα δείγματα τομάτας

Η συσκευασία που φαίνεται και στην Εικόνα 4, είναι διάτρητη και αποτελείται από απλό χαρτόνι και πλαστικό κάλυμμα και έχει ως στόχο την αύξηση της διατηρησιμότητας των καρπών της τομάτας. Πιο συγκεκριμένα, δεν καταπονούνται τα προϊόντα, αποφεύγονται οι επιμολύνσεις από άλλα τρόφιμα και περιορίζεται η έκθεσή τους στο αιθυλένιο, γεγονός που καθυστερεί την ωρίμανση. Ταυτόχρονα όμως, οι καρποί συνεχίζουν να αναπνέουν και συνάμα περιορίζεται η μεταφορά υγρασίας. Έτσι, η ατμόσφαιρα στο εσωτερικό της συσκευασίας θα έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε CO_2 και χαμηλότερη σε O_2 σε σύγκριση με τα μη - συσκευασμένα δείγματα, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της συγκέντρωσης λυκοπενίου στον καρπό (καθυστέρηση ωρίμανσης) (Sualeh et al., 2016).

Παρακάτω, στον Πίνακα 2, φαίνονται οι ημερομηνίες διεξαγωγής πειραμάτων και ο τρόπος κωδικοποίησης των δειγμάτων.

Πίνακας 2: Ημερομηνίες διεξαγωγής των πειραματικών μετρήσεων και κωδικοποίηση δειγμάτων

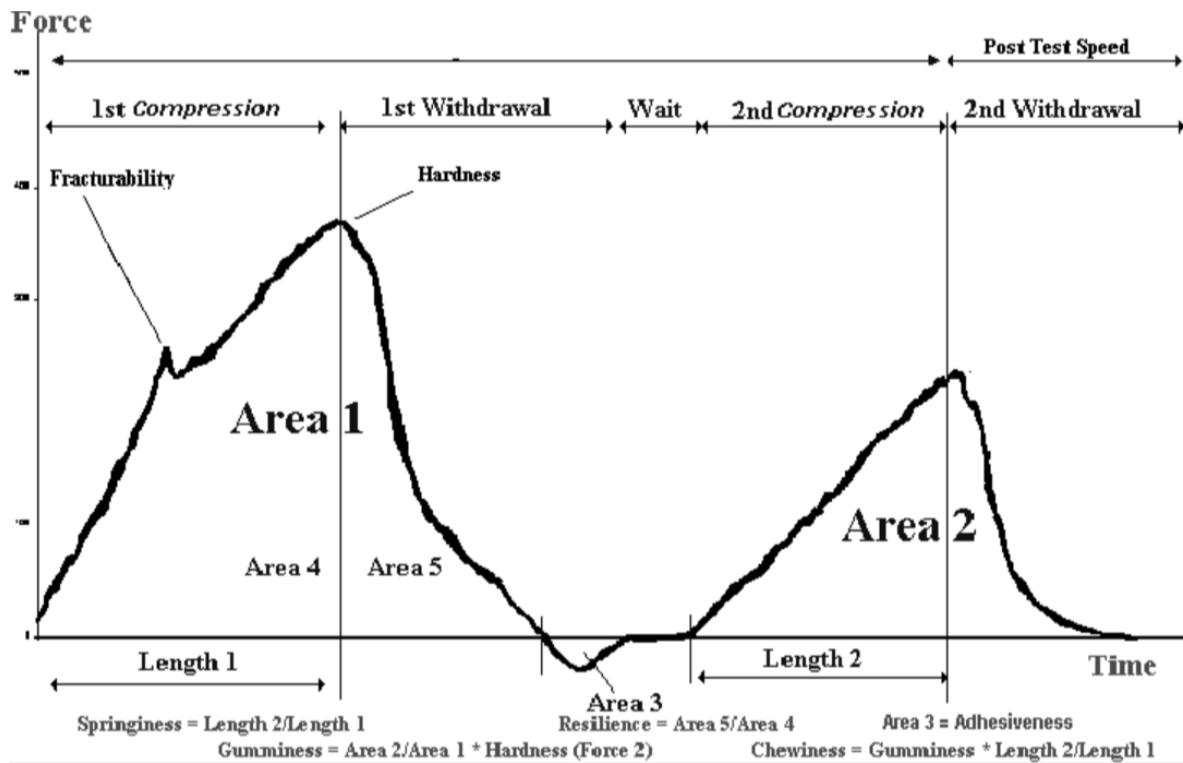
Ημερομηνία	Κωδικοί δειγμάτων
04/04/2024: Ημέρα 3	STu _{1.1} -STu _{1.4} και STp _{1.1} -STp _{1.4}
08/04/2024: Ημέρα 7	STu _{2.1} -STu _{2.4} και STp _{2.1} -STp _{2.4}
11/04/2024: Ημέρα 10	STu _{3.1} -STu _{3.4} και STp _{3.1} -STp _{3.4}
15/04/2024: Ημέρα 14	STu _{4.1} -STu _{4.4} και STp _{4.1} -STp _{4.4}
18/04/2024: Ημέρα 17	STu _{5.1} -STu _{5.4} και STp _{5.1} -STp _{5.4}
25/04/2024: Ημέρα 24	STu _{6.1} -STu _{6.4} και STp _{6.1} -STp _{6.4}

3.2 Ανάλυση Υφής

Κατά τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής υφής TA-XTplusC, Stable Micro Systems, Godalming, UK με κατάλληλο λογισμικό μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, για την διερεύνηση των ιδιοτήτων της υφής της τομάτας κατά την ωρίμανση. Από κάθε δείγμα τομάτας προέκυψαν δύο ροδέλες πάχους 20-22 mm που στη συνέχεια υποβλήθηκαν σε ανάλυση υφής. Κάθε δείγμα υποβλήθηκε σε διπλή επαναλαμβανόμενη συμπίεση, με αποτέλεσμα να προσομοιωθεί η διαδικασία της μάσησης. Το αισθητήριο υφής που χρησιμοποιήθηκε ήταν κύλινδρος διαμέτρου 6 mm. Στο λογισμικό καθορίστηκαν όλες οι παράμετροι όπως η ταχύτητα καθόδου του κυλίνδρου, το βάθος διείσδυσης από την επιφάνεια του δείγματος και ο αριθμός των επαναλήψεων. Το βάθος διείσδυσης ρυθμίστηκε στο 1/3 της διαμέτρου του κάθε δείγματος, ενώ η ταχύτητα καθόδου, η ταχύτητα διείσδυσης και η ταχύτητα ανόδου ρυθμίστηκαν για όλα τα δείγματα 10, 5 και 10 mm/s αντίστοιχα.



Εικόνα 5: Αναλυτής υφής TA.XT2i Stable Micro



Εικόνα 6: Τυπικό διάγραμμα αναλυτή υφής

Από τα γράφημα του αναλυτή υφής (Εικόνα 6) προσδιορίζονται οι παρακάτω ιδιότητες:

1. Σκληρότητα (Firmness): Είναι η μέγιστη τιμή της δύναμης της πρώτης συμπίεσης του δείγματος, απαραίτητη για τη συμπίεση του τροφίμου μεταξύ των γομφίων του στόματος. Δεν αντιστοιχεί απαραίτητα στο μέγιστο βάθος της διεϊσδυσης.
2. Συνεκτικότητα (Cohesiveness): Εκφράζει το ποσό της αντίστασης του τροφίμου σε μια δεύτερη παραμόρφωση και σχετίζεται με τις δυνάμεις των δεσμών που συγκρατούν το τρόφιμο. Αντιστοιχεί στο ποσοστό παραμόρφωσης των δειγμάτων πριν την ρήξη και κατά το δάγκωμα με τους τραπεζίτες. Προκύπτει από τον λόγο των επιφανειών $Area2/Area1$, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.
3. Ελαστικότητα (Springiness): Εκφράζει τον βαθμό επαναφοράς ενός τροφίμου στην αρχική του κατάσταση μετά την παραμόρφωση κατά την πρώτη συμπίεση. Η ελαστικότητα δίνεται από το λόγο της μέγιστης δύναμης που εμφανίζεται στον δεύτερο κύκλο μάσησης προς την αντίστοιχη δύναμη του πρώτου κύκλου. Η ελαστικότητα μετριέται με διάφορους τρόπους, αλλά ο πιο χαρακτηριστικός είναι ο λόγος $Length2 / Length1$.
4. Κολλητικότητα (Adhesiveness): Υπολογίζεται από το γινόμενο της σκληρότητας επί την συνεκτικότητα, ισχύει για τα ημιστερέα τρόφιμα και σχετίζεται με την ενέργεια που απαιτείται ώστε τα τρόφιμα αυτά να είναι έτοιμα για κατάποση.

5. Μασητικότητα (Chewiness): Είναι η απαιτούμενη ενέργεια ώστε τα στερεά τρόφιμα να είναι έτοιμα για κατάποση. Αντιστοιχεί στον απαιτούμενο αριθμό μασημάτων που χρειάζεται ένα τρόφιμο, καθώς και στην σταθερή μείωση της δύναμης με συνέπεια την κατάποση. Υπολογίζεται ως η κολλητικότητα (σκληρότητα επί συνεκτικότητα) επί την ελαστικότητα.

6. Πλαστικότητα (Resilience): Εκφράζει το πόσο καλά ένα προϊόν επανέρχεται στην αρχική του θέση μετά την απομάκρυνση της δύναμης. Ο υπολογισμός γίνεται με το λόγο $Area5/ Area4$ (Εικόνα 5). Ωστόσο, η πλαστικότητα μπορεί να μετρηθεί και με μια ενιαία συμπίεση, όμως η ταχύτητα απόσυρσης πρέπει να είναι η ίδια με την ταχύτητα συμπίεσης.

3.3 Μέτρηση Φυσικοχημικών Χαρακτηριστικών

3.3.1 Μέτρηση ενεργότητας Ύδατος (aW)

Η ενεργότητα ύδατος (aw) του καρπού της τομάτας προσδιορίστηκε με τη χρήση συσκευής μέτρησης aw (AquaLab Dew Point Water Activity Meter 4TE, METERGroup, Inc., Pullman, WA, USA).



Εικόνα 7: Συσκευή μέτρησης ενεργότητας ύδατος

3.3.2 Προσδιορισμός ολικών διαλυτών στερεών (TSS)

Η ποσότητα των ολικών διαλυτών στερεών μετρήθηκε με διαθλασίμετρο χειρός: Kern Optics Analogue Brix Refractometer, ORA 80BB, KERN & SOHN GmbH, Holland. Η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στον υπολογισμό του δείκτη διάθλασης του φωτός στο δείγμα και τον μεταφράζει σε περιεκτικότητα διαλυτών στερεών, που εκφράζεται σε βαθμούς ($^{\circ}Brix$). Το όργανο βαθμονομείται χρησιμοποιώντας απεσταγμένο



Εικόνα 8: Διαθλασίμετρος χειρός

νερό και το δείγμα που τοποθετείται στην επιφάνεια του οργάνου είναι μία επαρκής ποσότητα πολτοποιημένου δείγματος καρπού τομάτας και στη συνέχεια, καταγράφεται η ένδειξη της κλίμακας του διαθλασίμετρου σε βαθμούς Brix. Οι βαθμοί Brix είναι αξιόπιστη μέτρηση της συνολικής περιεκτικότητας του καρπού σε σάκχαρα.

3.3.3 Μέτρηση Χρώματος

Χρησιμοποιήθηκε το χρωματόμετρο τριπλής διέγερσης (CR400 Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan). Πριν από κάθε χρήση το χρωματόμετρο βαθμονομείται χρησιμοποιώντας μια πρότυπη λευκή κεραμική πλάκα με $L^* = 97,83$, $a^* = -0,45$ και $b^* = 1,88$. Οι μετρήσεις έγιναν στα διαφορετικά δείγματα τομάτας, τόσο στην εξωτερική όσο και στην εσωτερική τους επιφάνεια και σε διαφορετικά σημεία.



Χρησιμοποιήθηκε το χρωματικό μοντέλο CIELab και προσδιορίστηκαν οι εξής παράγοντες: L^* : φωτεινότητα, a^* : πράσινη-κόκκινη απόχρωση, b^* : μπλε-κίτρινη απόχρωση, h : χροιά. Συγκεκριμένα, η παράμετρος a^* εκφράζει το κόκκινο

Εικόνα 9: Συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του χρώματος

(θετικές τιμές) και το πράσινο (αρνητικές τιμές), ενώ η b^* το κίτρινο (θετικές τιμές) και το μπλε (αρνητικές τιμές). Η τιμή h (hue angle), προσδιορίζει την απόχρωση και μετράται σε μοίρες και παίρνει τιμές από 0° έως 360° , όπου 0° για το κόκκινο-πορφυρό χρώμα, 90° για το κίτρινο, 180° για το γαλάζιο-πράσινο και 270° για το μπλε.

3.3.4 Προσδιορισμός υγρασίας

Η υγρασία του καρπού της τομάτας προσδιορίστηκε με την κλασική μέθοδο ξήρανσης και ζύγισης. Ο κλίβανος που χρησιμοποιήθηκε ήταν WTB BINDER 7200, Type E53, Germany. Κατά την πειραματική διαδικασία, ζυγίζεται ποσότητα δείγματος 2 g και τοποθετείται για ξήρανση στους 70°C για 24h. Μετά το πέρας των ωρών, τα καψίδια του κάθε δείγματος ζυγίζονται και υπολογίζεται το ποσοστό απώλειας υγρασίας από την διαφορά του αρχικού με του τελικού καθαρού βάρους.



Εικόνα 10: Κλίβανος WTB BINDER 7200

3.4 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση υφής και τις φυσικοχημικές αναλύσεις αναλύθηκαν με τη χρήση της μονόδρομης ανάλυσης διακύμανσης (one-way ANOVA) και την post hoc ανάλυση, (με επίπεδο σημαντικότητας 0,05), ενώ οι υπολογισμοί εκτελέστηκαν μέσω του προγράμματος ανάλυσης δεδομένων SPSS (IBM Corp. Released 2021. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 28.0. Armonk, NY: IBM Corp).

4. Αποτελέσματα και Συζήτηση

4.1 Μεταβολές στις παραμέτρους υφής κατά την αποθήκευση

Οι παράμετροι της υφής μετρήθηκαν 6 φορές σε διάστημα 24 ημερών της αποθηκευτικής περιόδου σε θερμοκρασία συντήρησης $15\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ και σε σχετική υγρασία $60\pm 2\%$ και οι μετρήσεις αυτές αφορούσαν συσκευασμένα και μη-συσκευασμένα δείγματα τομάτας. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης υφής παρουσιάζονται στους Πίνακες 3 και 4. Όσον αφορά τη σκληρότητα των συσκευασμένων, δεν παρατηρείται κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά. Ωστόσο, η τιμή από την 3η στην 24η ημέρα παρουσιάζει μια τάση για μείωση. Στα μη-συσκευασμένα δείγματα παρατηρείται στατιστικά σημαντική μείωση ($P<0,05$) από την 3η στην 7η ημέρα. Από εκεί και έπειτα οι μεταβολές που συμβαίνουν δεν είναι στατιστικά σημαντικές, αλλά από την 7η στην 24η ημέρα παρατηρείται μείωση.

Το μαλάκωμα του φλοιού των καρπών της τομάτας κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, οφείλεται στην αύξηση της περιεκτικότητας σε υγρασία και στην αποδόμηση των πολυσακχαριτών του περικαρπίου του καρπού (Ealing et al., 1994; Eboibi et al., 2019). Ακόμη, το αιθυλένιο είναι ένας από τους σημαντικότερους ρυθμιστές της ωρίμανσης και γήρανσης των καρπών τομάτας που συμμετέχει στην ενεργοποίηση ενζύμων και οδηγεί σε πολλές φυσιολογικές και βιοχημικές αλλαγές, όπως μαλάκωμα και παραγωγή αρώματος (Borghesi et al., 2016; Tigist et al., 2013). Σύμφωνα με τους Nirupama et al. (2010), η μείωση της σκληρότητας μπορεί να αποδοθεί στον μεταβολισμό των υδατανθράκων του κυτταρικού τοιχώματος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ο οποίος αυξάνει περαιτέρω την ευαισθησία των καρπών στον μαρασμό. Από τους δύο τύπους δειγμάτων παρατηρούνται μεγαλύτερες μεταβολές στα μη-συσκευασμένα, που αν και ξεκίνησαν με μεγαλύτερη τιμή σκληρότητας από τα συσκευασμένα, την τελευταία μέρα πειραματικών μετρήσεων (24η) είχαν συγκριτικά μικρότερη τιμή από τα συσκευασμένα. Γενικώς, σταθερότερη μεταβολή της σκληρότητας παρουσίασαν τα δείγματα που βρίσκονταν μέσα στη συσκευασία.

Η ελαστικότητα (springiness) της σάρκας της τομάτας συνδέεται με τον βαθμό επαναφοράς ενός τροφίμου στην αρχική του κατάσταση μετά την παραμόρφωση κατά την πρώτη συμπίεση. Η ελαστικότητα δίνεται από το λόγο της μέγιστης δύναμης που εμφανίζεται στον δεύτερο κύκλο μάσησης προς την αντίστοιχη δύναμη του πρώτου κύκλου. Όσον αφορά τα συσκευασμένα δείγματα, κατά την αποθηκευτική περίοδο η ελαστικότητα παρουσίασε μια σημαντική μείωση από την 3η στην 7η ημέρα και άλλη μια σημαντική μείωση από την 17η στην 24η ημέρα. Για τα μη συσκευασμένα δείγματα οι μεταβολές ήταν

αμελητέες και μη σημαντικές στατιστικά ($P>0,05$). Συνεπώς, τα συσκευασμένα δείγματα είναι λιγότερο ικανά να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση.

Η ελαστικότητα των καρπών της τομάτας μεταβάλλεται με την ωριμότητα, και πιο συγκεκριμένα μειώνεται καθώς αυτοί ωριμάζουν. Σύμφωνα με τους Barrett et al. (1998) το περικάρπιο της τομάτας και η αντοχή της εσωτερικής επιδερμίδας μειώθηκε κατά την ωρίμανση των καρπών, ταχύτερα κατά τη διάρκεια της πράσινης ζωής και στη συνέχεια επιβραδύνθηκε μέχρι τα στάδια του ώριμου κόκκινου χρώματος, ενώ η αντοχή του φλοιού μειώθηκε προοδευτικότερα.

Η κολλητικότητα αποτελεί το γινόμενο της σκληρότητας επί συνεκτικότητα και συνδέεται με την ενέργεια που χρειάζεται ώστε τα τρόφιμα να γίνουν κατάλληλα για κατάποση. Στα συσκευασμένα δείγματα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική μεταβολή της τιμής της κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Τα μη – συσκευασμένα δείγματα παρουσιάζουν από την 3η στην 7η και από την 7η στην 10η ημέρα στατιστικά σημαντικές μειώσεις και τέλος από την 17η στην 24η ημέρα μια ακόμη στατιστικά σημαντική μείωση, ενώ στο ενδιάμεσο στάδιο οι μεταβολές που συμβαίνουν είναι στατιστικά μη σημαντικές ($P>0,05$). Τα δείγματα αυτά θεωρούνται περισσότερο ασταθή από ότι τα συσκευασμένα στην παράμετρο αυτή. Άλλη μια παράμετρος που μελετήθηκε και είχε ανάλογα αποτελέσματα ήταν η μασητικότητα. Η μασητικότητα αποτελεί το γινόμενο της κολλητικότητας επί την ελαστικότητα και αντιστοιχεί στον απαιτούμενο αριθμό μασημάτων που χρειάζεται ένα δείγμα για να είναι έτοιμο για κατάποση. Στα συσκευασμένα δείγματα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά, ωστόσο από την 3η έως και την 24η ημέρα παρατηρείται συνολική τάση για μείωση της μασητικότητας. Τα μη – συσκευασμένα δείγματα παρουσιάζουν από την 3η στην 7η και από την 7η στην 10η ημέρα σημαντικές μειώσεις και τέλος από την 14η στην 24η ημέρα μια ακόμη σημαντική μείωση, ενώ στο ενδιάμεσο στάδιο οι μεταβολές που συμβαίνουν είναι μη σημαντικές.

Με βάση τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης η κολλητικότητα και η μασητικότητα μειώνονται. Την παραδοχή αυτή έκαναν και οι Eboibi et al. (2019), που μελέτησαν τις παραμέτρους υφής σε επτά ποικιλίες τομάτας. Η κολλητικότητα των καρπών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις διαφορές στο βιοχημικό προφίλ της επιδερμίδας των καρπών (Jackman & Stanley, 1995). Σύμφωνα με τους Jackman και Stanley, (1995), Požrl et al. (2010) και Eboibi et al. (2019), η μείωση της κυτταρικής

προσκόλλησης των καρπών είναι μια διαδικασία που συνδέεται με την ωρίμανση των καρπών, και συνδέεται στενά με τη δομή και τη σύνθεση του κυτταρικού τοιχώματος.

Πίνακας 3: Μεταβολές στις παραμέτρους υφής στα συσκευασμένα δείγματα τομάτας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης

Συσκευασμένα						
Ημέρα	Σκληρότητα	Συνεκτικότητα	Ελαστικότητα	Κολλητικότητα	Μασητικότητα	Πλαστικότητα
3 ^η	10,83±1,85a	0,36±0,13a	0,67±0,03a	3,98±1,79a	2,65±1,17a	0,18±0,05a
7 ^η	10,14±1,22a	0,49±0,03a	0,62±0,01ab	4,93±0,65a	3,06±0,42a	0,18±0,01a
10 ^η	9,97±1,31a	0,36±0,18a	0,63±0,04ab	3,41±1,62a	2,12±1,01a	0,17±0,03a
14 ^η	8,96±1,20a	0,47±0,04a	0,63±0,03ab	4,20±0,63a	2,65±0,43a	0,18±0,01a
17 ^η	9,81±1,41a	0,34±0,13a	0,60±0,09ab	3,26±1,14a	1,94±0,67a	0,17±0,02a
24 ^η	9,40±1,25a	0,37±0,10a	0,57±0,02b	3,47±0,92a	1,99±0,56a	0,17±0,02a

*Τα αποτελέσματα αφορούν τον μέσο όρο ± τυπική απόκλιση (n=4). Διαφορετικά γράμματα κατά μήκος κάθε στήλης μετά από κάθε τιμή υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά (P<0,05)

Πίνακας 4: Μεταβολές στις παραμέτρους υφής στα μη - συσκευασμένα δείγματα τομάτας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης

Μη - Συσκευασμένα						
Ημέρα	Σκληρότητα	Συνεκτικότητα	Ελαστικότητα	Κολλητικότητα	Μασητικότητα	Πλαστικότητα
3 ^η	13,97±1,93a	0,48±0,10a	0,64±0,03a	6,63±0,99a	4,23±0,76a	0,20±0,01a
7 ^η	10,11±1,64b	0,52±0,04a	0,62±0,03a	5,32±1,13ab	3,31±0,84ab	0,19±0,02a
10 ^η	8,71±1,22b	0,55±0,04a	0,66±0,07a	4,74±0,78bc	3,15±0,64ab	0,20±0,01a
14 ^η	8,95±1,91b	0,44±0,12a	0,64±0,03a	3,91±1,49bc	2,54±1,04b	0,20±0,08a
17 ^η	9,69±1,75b	0,45±0,10a	0,62±0,05a	4,25±1,04bc	2,67±0,74b	0,19±0,03a
24 ^η	7,98±1,29b	0,45±0,07a	0,61±0,04a	3,57±0,89c	2,19±0,66b	0,18±0,01a

*Τα αποτελέσματα αφορούν τον μέσο όρο ± τυπική απόκλιση (n=4). Διαφορετικά γράμματα κατά μήκος κάθε στήλης μετά από κάθε τιμή υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά (P<0,05)

4.2 Φυσικοχημικές παράμετροι της τομάτας κατά την αποθήκευση

Στην παρούσα μελέτη αξιολογήθηκαν οι φυσικοχημικές παράμετροι της τομάτας όπως η εκατοστιαία (%) περιεκτικότητα σε υγρασία, η ενεργότητας ύδατος, η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (βαθμοί Brix) και η μεταβολή του χρώματος. Οι παράμετροι αυτές μετρήθηκαν 6 φορές σε διάστημα 24 ημερών της αποθηκευτικής περιόδου σε θερμοκρασία συντήρησης 15±0,5°C και σε σχετική υγρασία 60±2% και οι μετρήσεις αυτές αφορούσαν συσκευασμένα και μη-συσκευασμένα δείγματα τομάτας της ποικιλίας briosο. Τα αποτελέσματα της περιεκτικότητας σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, της περιεκτικότητας σε υγρασία, της ενεργότητας ύδατος και της μέτρησης του χρώματος παρουσιάζονται παρακάτω στους Πίνακες 5, 6, 7, 8 και 9, αντίστοιχα.

4.2.1 Περιεκτικότητα σε Ολικά Διαλυτά Στερεά (TSS), σε Υγρασία και Ενεργότητα Ύδατος (aw)

Σύμφωνα με τον Πίνακα 5, τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά που αφορούν τα συσκευασμένα δείγματα παρουσιάζουν σημαντική ($P<0,05$) αύξηση από την 3η ημέρα στην 7η ημέρα αποθήκευσης και από την 7η ημέρα στην 10η ημέρα σημαντική ($P<0,05$) μείωση. Από την 10η στην 14η η τιμή των στερεών αυξάνεται και πάλι σημαντικά και μειώνεται σημαντικά από τη 14η στην 17η ημέρα, ενώ από εκεί και έπειτα δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Όσον αφορά τα μη-συσκευασμένα δείγματα παρουσιάζουν σημαντική ($P<0,05$) αύξηση από την 3η ημέρα στην 7η ημέρα αποθήκευσης και από την 7η ημέρα στην 10η σημαντική μείωση. Από την 14η στην 17η η τιμή των στερεών μειώνεται σημαντικά και πάλι, ενώ από την 17η στην 24η ημέρα η τιμή των στερεών αυξάνεται σημαντικά.

Τα ολικά διαλυτά στερεά (TSS) αντικατοπτρίζουν τη γευστική ποιότητα του προϊόντος και είναι αντιπροσωπευτικά του αριθμού των διαλυτών μετάλλων και των σακχάρων που υπάρχουν στο φρέσκο προϊόν. (Abiso et al., 2015). Τα ολικά διαλυτά στερεά (TSS) της τομάτας επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. (Al-Dairi et al., 2021). Στην μελέτη των Al-Dairi et al. (2021) παρατηρήθηκε αύξηση στα ολικά διαλυτά στερεά κατά τη διάρκεια 12 ημερών αποθήκευσης και σε 3 διαφορετικές θερμοκρασίες συντήρησης. Το φαινόμενο της αύξησης των ολικών διαλυτών στερεών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης αποδίδεται κυρίως στην ωρίμανση καθώς και στη μετατροπή των υδατανθράκων και στην βιοσύνθεση, οι οποίες παρατηρούνται σε μεγαλύτερο βαθμό σε συνθήκες περιβάλλοντος. (Al-Dairi et al., 2021; Ramírez & Kallarackal, 2019). Η ωρίμανση κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης συμβάλλει στην αποικοδόμηση των πηκτίνης σε ολιγοσακχαρίτες με αποτέλεσμα σε αύξηση των στερεών με την πάροδο του χρόνου (Munhuweyi, 2012). Σε μελέτη των Tigist et al. (2013) μελετήθηκαν ποικιλίες νωπής τομάτας όπου σημείωσαν τη μέγιστη περιεκτικότητά τους σε ολικά διαλυτά στερεά την ημέρα 16. Στη συνέχεια, παρατηρήθηκε φθίνουσα πορεία των στερεών σε όλες τις ποικιλίες. Γενικώς η μείωση των ολικών διαλυτών στερεών που παρατηρείται και στα δείγματα της παρούσας έρευνας θα μπορούσε να οφείλεται στον βραδύτερο ρυθμό υδρόλυσης των υδατανθράκων σε μεταγενέστερο στάδιο ωρίμανσης. Η γενική τάση που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ήταν μια αρχική αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών που ακολουθείται από μείωση. Τέλος στα συσκευασμένα υπήρξε σταθερή τιμή από την 17η στην 24η ημέρα ενώ στα μη-συσκευασμένα παρατηρήθηκε εκ νέου αύξηση. Αυτή η αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών της τομάτας θα μπορούσε να οφείλεται στην υπερβολική απώλεια υγρασίας που αυξάνει τη συγκέντρωση καθώς και την υδρόλυση των

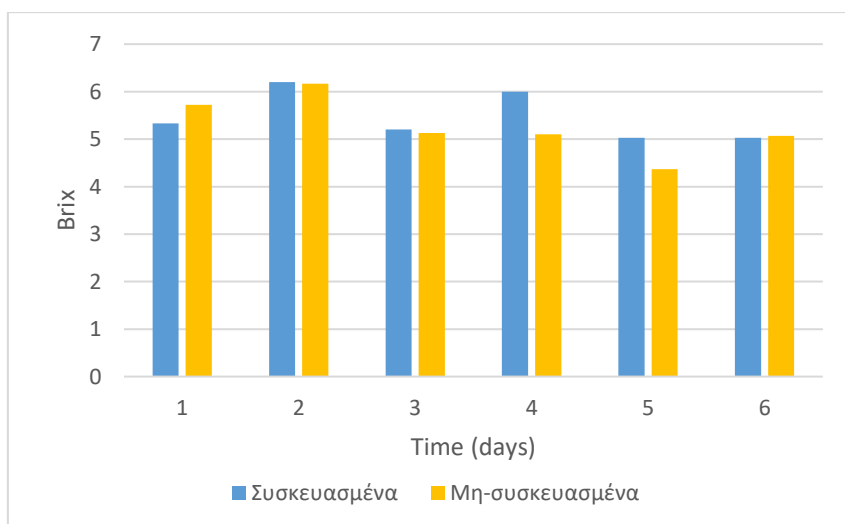
υδατανθράκων σε διαλυτά σάκχαρα (Waskar et al., 1999). Τέλος, ο Moraru et al. (2004) υπέδειξε ότι η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά εξαρτάται από την ποικιλία και συχνά συσχετίζεται με μεγαλύτερη απόδοση τομάτας.

Πίνακας 5: Περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά της τομάτας κατά τις ημέρες 3, 7, 10, 14, 17, 24.

Brix		
Ημέρα	Συσκευασμένα	Μη - συσκευασμένα
3η	5,33±0,06a	5,72±0,10a
7η	6,20±0,10b	6,17±0,06b
10η	5,20±0,05ad	5,13±0,15c
14η	6,00±0,10c	5,10±0,10c
17η	5,03±0,06d	4,37±0,15d
24η	5,03±0,06d	5,07±0,06c

*Τα αποτελέσματα αφορούν τον μέσο όρο ± τυπική απόκλιση (n=3). Διαφορετικά γράμματα κατά μήκος κάθε στήλης μετά από κάθε τιμή υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($P<0,05$)

Διάγραμμα 1: Διαφορές στην περιεκτικότητα διαλυτών στερεών κατά την διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων



Τα αποτελέσματα της υγρασίας παρατίθενται στον Πίνακα 6. Παρατηρείται ότι, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης των καρπών της συσκευασμένης τομάτας, η υγρασία παρουσίασε στατιστικά σημαντική ($P<0,05$) μείωση από την 3η στην 7η ημέρα και στατιστικά σημαντική ($P<0,05$) αύξηση από την 10η στην 14η ημέρα. Τέλος, άλλη μια στατιστικά σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε από την 14η στην 17η ημέρα. Τέλος παρουσίασε μια στατιστικά σημαντική ($P<0,05$) μείωση από την 17η στην 24η ημέρα. Όσον αφορά τα μη-συσκευασμένα δείγματα παρουσίασαν μη σταθερή εικόνα. Πιο συγκεκριμένα στατιστικά σημαντική μείωση από την 3η στην 7η ημέρα, στατιστικά σημαντική αύξηση από την 7η στην 10η ημέρα. Στατιστικά σημαντική μείωση από την 10η στην 14η ημέρα και στατιστικά σημαντική αύξηση από την 14η στην 17η ημέρα. Τέλος υπήρξε στατιστικά σημαντική μείωση στην περιεκτικότητα υγρασίας από την 17η έως την 24 ημέρα.

Τα αποτελέσματα της ενεργότητας ύδατος παρατίθενται στον Πίνακα 7. Παρατηρείται ότι, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης των καρπών της συσκευασμένης τομάτας, η ενεργότητα ύδατος παρουσίασε στατιστικά ($P<0,05$) σημαντική μείωση από την 7η στην 10η ημέρα και στατιστικά σημαντική αύξηση από την 10η στην 14η ημέρα. Τέλος, άλλη μια στατιστικά σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε από την 17η στην 24η ημέρα. Όσον αφορά τα μη-συσκευασμένα δείγματα δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (δηλαδή $P>0,05$) και οι μεταβολές που συμβαίνουν είναι αμελητέες.

Κατά γενικό κανόνα το περιεχόμενο της υγρασίας μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και ταυτόχρονα συνοδεύεται από αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών. (Moraru et al., 2004; Abe-Inge et al., 2018; Degwale et al., 2022). Σε έρευνα των Degwale et al. (2022) διαπιστώθηκε ότι θερμοκρασία αφυδάτωσης αποτέλεσε κρίσιμο παράγοντα για τη μείωση του περιεχομένου της υγρασίας σε φρέσκες τομάτες αλλά και σε αφυδατωμένες σκόνες τομάτας. Τέλος, η υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία ευνοεί την ανάπτυξη μικροβίων που προκαλούν αλλοίωση του προϊόντος. Ως εκ τούτου, τα εν λόγω τρόφιμα θα πρέπει να έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής. Αν και στην υπάρχουσα βιβλιογραφία δεν υπάρχουν συγκεκριμένες αναφορές για την ενεργότητα ύδατος κατά την ωρίμανση, υπάρχουν μελέτες όπως αυτή των Pose et al. (2010) όπου γίνεται συσχέτιση με την θερμοκρασία για την ανάπτυξη μυκοτοξινών στους καρπούς της τομάτας. Ακόμη, υψηλές τιμές ενεργότητας νερού υποδηλώνουν σύντομη διάρκεια ζωής για τα δείγματα φρέσκιας τομάτας, καθώς βακτήρια, μύκητες και ζύμες μπορούν να αναπτυχθούν σε ενεργότητα νερού άνω του 0,9. Συνδυαστικά, η απώλεια υγρασίας στην εν λόγω έρευνα δικαιολογεί τις

μεταβολές που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και στα ολικά διαλυτά στερεά.

Πίνακας 6: Περιεκτικότητα σε υγρασία της τομάτας κατά τις ημέρες 3, 7, 10, 14, 17, 24

Υγρασία		
Ημέρα	Συσκευασμένα	Μη - συσκευασμένα
3 ^η	93,872±0,187ac	94,270±0,194a
7 ^η	93,507±0,193a	93,412±0,140b
10 ^η	93,564±0,224a	93,886±0,241c
14 ^η	93,560±0,148a	93,509±0,095b
17 ^η	94,708±0,416b	94,124±0,089ac
24 ^η	94,124±0,110c	93,891±0,185c

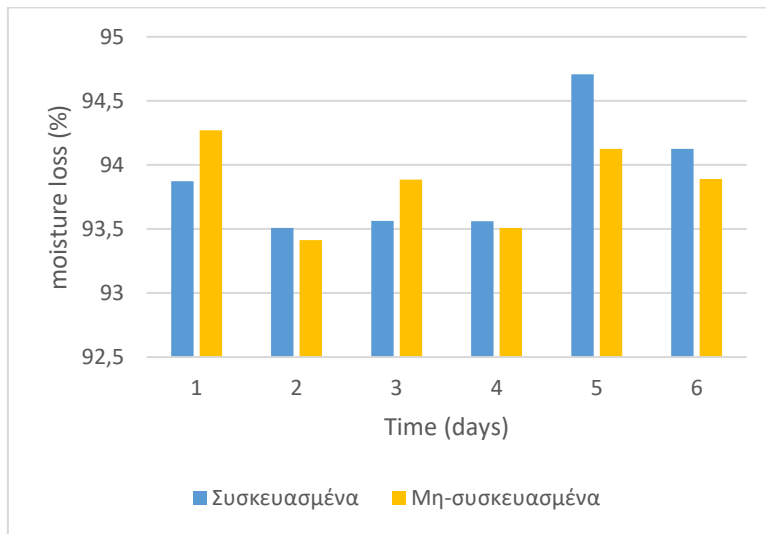
*Τα αποτελέσματα αφορούν τον μέσο όρο ± τυπική απόκλιση (n=5). Διαφορετικά γράμματα κατά μήκος κάθε στήλης μετά από κάθε τιμή υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά (P<0,05)

Πίνακας 7: Περιεκτικότητα σε ενεργότητα νερού της τομάτας κατά τις ημέρες 3, 7, 10, 14, 17, 24

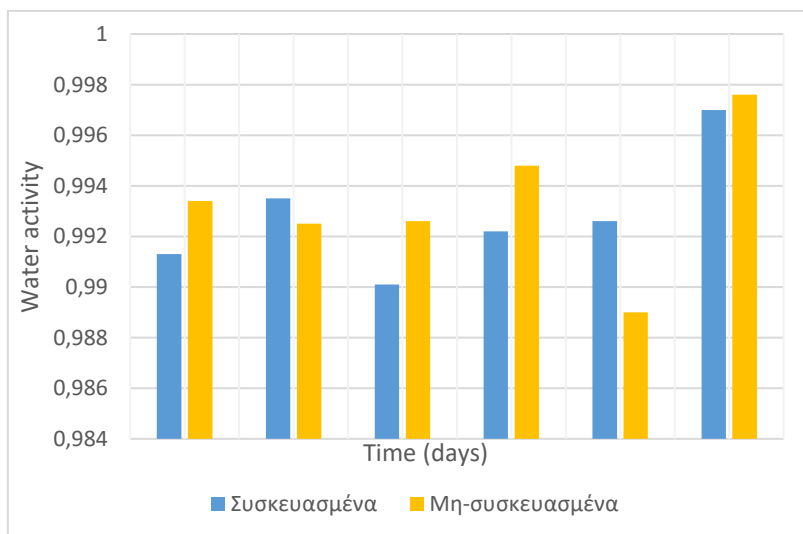
aw		
Ημέρα	Συσκευασμένα	Μη – συσκευασμένα
3 ^η	0,9913±0,0016ab	0,9934±0,0023a
7 ^η	0,9935±0,0028ab	0,9925±0,0046a
10 ^η	0,9901±0,0035a	0,9926±0,0054a
14 ^η	0,9922±0,0021ab	0,9948±0,0022a
17 ^η	0,9926±0,0026ab	0,9890±0,0027a
24 ^η	0,9970±0,0011b	0,9976±0,0022a

*Τα αποτελέσματα αφορούν τον μέσο όρο ± τυπική απόκλιση (n=3). Διαφορετικά γράμματα κατά μήκος κάθε στήλης μετά από κάθε τιμή υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά (P<0,05)

Διάγραμμα 2: Διαφορές στην περιεκτικότητα υγρασίας κατά την διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων



Διάγραμμα 3: Διαφορές στην ενεργότητα ύδατος κατά την διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων



4.2.2 Προσδιορισμός παραμέτρων χρώματος

Οι παράμετροι του χρώματος L^* (φωτεινότητα), a^* (πράσινο προς κόκκινο), b^* (μπλε προς κίτρινο) και h (hue γωνία) της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας των καρπών της τομάτας, προσδιορίστηκαν με τη χρήση χρωματομέτρου, οι τιμές των οποίων παρατίθενται στους Πίνακες 8 και 9, αντίστοιχα.

Στην εξωτερική επιφάνεια των δειγμάτων, η παράμετρος L^* των συσκευασμένων δειγμάτων εμφάνισε 2 διαδοχικές σημαντικές ($P<0,05$) ελαττώσεις από την 7^η ημέρα στην 10^η, και από την 10^η στην 14^η. Από την 14^η στην 17^η ημέρα αποθήκευσης και από την 17^η στην 24^η ημέρα παρατηρήθηκαν 2 στατιστικά σημαντικές ($P<0,05$) αυξήσεις στην φωτεινότητα. Στα μη-συσκευασμένα δείγματα παρατηρήθηκε σημαντική ($P<0,05$) μείωση από την 3^η στην 7^η ημέρα και στατιστικά σημαντική αύξηση από την 7^η στην 10^η ημέρα. Τέλος, από την 10^η στην 14^η ημέρα συμβαίνει στατιστικά σημαντική μείωση και από εκεί και έπειτα οι ελαττώσεις που συμβαίνουν δεν είναι σημαντικές ($P>0,05$). Συνεπώς στα συσκευασμένα δείγματα η φωτεινότητα παρουσιάζει διακυμάνσεις, αλλά τείνει να επανέρθει στα αρχικά επίπεδα, κατά το πέρας της αποθήκευσης ενώ αντίθετα, η φωτεινότητα στα μη-συσκευασμένα μειώνεται.

Η παράμετρος a^* των συσκευασμένων δειγμάτων εμφάνισε σημαντική ($P<0,05$) ελάττωση από την 7^η ημέρα στην 10^η. Από την 10^η στην 14^η ημέρα παρατηρήθηκε στατιστικά ($P<0,05$) σημαντική αύξηση και από εκεί και έπειτα οι αυξήσεις που σημειώθηκαν δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Στα μη-συσκευασμένα δείγματα παρατηρήθηκε μια πιο ασταθής εικόνα. Πιο συγκεκριμένα, σημειώθηκε σημαντική ($P<0,05$) μείωση από την 3^η στην 7^η ημέρα και στατιστικά σημαντική αύξηση από την 7^η στην 10^η ημέρα. Επιπλέον, από την 10^η στην 14^η ημέρα συμβαίνει στατιστικά σημαντική μείωση και από την 14^η στην 17^η στατιστικά σημαντική αύξηση. Τέλος, σημειώθηκε στατιστικά σημαντική μείωση από την 17^η στην 24^η ημέρα αποθήκευσης. Άυξηση της παραμέτρου αυτής στα συσκευασμένα δείγματα φανερώνει την αύξηση του έντονου κόκκινου χρώματος.

Η παράμετρος b^* των συσκευασμένων δειγμάτων εμφάνισε σημαντική ($P<0,05$) άυξηση από την 3^η ημέρα στην 7^η και στατιστικά σημαντική ελάττωση από την 7^η στην 10^η ημέρα αποθήκευσης. Από την 10^η στην 14^η ημέρα παρατηρήθηκε στατιστικά ($P<0,05$) σημαντική αύξηση και ομοίως από την 14^η στην 17^η η αύξηση που σημειώθηκε ήταν σημαντική. Από εκεί και έπειτα η αύξηση που σημειώθηκε δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Στα μη-συσκευασμένα δείγματα, σημειώθηκε σημαντική ($P<0,05$) μείωση από την 3^η στην

7^η ημέρα και στατιστικά σημαντική αύξηση από την 7^η στην 10^η ημέρα. Επιπλέον, από την 10^η στην 14^η ημέρα συμβαίνει στατιστικά σημαντική μείωση και από την 14^η στην 17^η στατιστικά σημαντική αύξηση. Τέλος, η περαιτέρω αύξηση που σημειώθηκε μέχρι το πέρας της αποθήκευσης δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

Η παράμετρος h των συσκευασμένων δειγμάτων εμφάνισε σημαντική ($P < 0,05$) αύξηση από την 3^η ημέρα στην 7^η και από την 7^η στην 10^η ημέρα αποθήκευσης. Από την 10^η στην 14^η ημέρα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση και από την 14^η στην 17^η σημαντική ($P < 0,05$) αύξηση. Τέλος, η αύξηση που σημειώθηκε μέχρι το πέρας της αποθήκευσης δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Στα μη-συσκευασμένα δείγματα, σημειώθηκε σημαντική ($P < 0,05$) αύξηση από την 3^η στην 7^η ημέρα και στατιστικά σημαντική μείωση από την 7^η στην 10^η ημέρα. Επιπλέον, από την 10^η στην 14^η ημέρα συμβαίνει στατιστικά σημαντική μείωση και από την 14^η στην 17^η στατιστικά σημαντική αύξηση. Από εκεί και έπειτα η αύξηση που σημειώθηκε δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

Συνεπώς, από την 3^η έως και την 24^η ημέρα της αποθηκευτικής περιόδου, στα συσκευασμένα δείγματα παρατηρήθηκε σημαντική ($P < 0,05$) μείωση της φωτεινότητας (L^*), με ταυτόχρονη μη σημαντική ($P > 0,05$) αύξηση της παραμέτρου (a^*) και μη σημαντική ($P > 0,05$) αύξηση της παραμέτρου b^* . Αντίθετα, η τιμή της παραμέτρου b^* για τα μη – συσκευασμένα δείγματα επέδειξε στατιστικά ($P < 0,05$) σημαντική μείωση και σε συνδυασμό με τη στατιστικά σημαντική ($P < 0,05$) μείωση του L^* και τη σημαντική ($P < 0,05$) αύξηση του a^* , φανερώνει ότι τα μη - συσκευασμένα δείγματα είναι πιο κόκκινα δηλαδή, ωριμάζουν γρηγορότερα.

Κατά τη διαδικασία της ωρίμανσης οι χρωματικές αλλαγές είναι μία από τις ενδείξεις των φυσικοχημικών σταδίων ανάπτυξης στους καρπούς της τομάτας όπου το χρώμα από πράσινο σε πορτοκαλί και από πορτοκαλί σε κόκκινο συνδέεται με την κλιμακτηριακή φύση των καρπών της τομάτας, δηλαδή με την αντίδραση τους με το αιθυλένιο. Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, η συσκευασία, η οποία είναι διάτρητη περιορίζει την γρήγορη ωρίμανση άρα και γήρανση των καρπών της τομάτας και τις καθιστά ανθεκτικότερες στον χρόνο. Σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έρχονται οι Camelo et al. (2004) όπου έδειξαν ότι δεν υπήρχε σημαντική αλλαγή στη φωτεινότητα του εξωτερικού, όταν το ανοιχτό κόκκινο χρώμα εξακολουθούσε να είναι σε υψηλό επίπεδο. Αντίθετα όταν χρωστικές άρχισαν να συντίθενται, σημειώθηκε σημαντική μείωση της τιμής L^* που φανερώνει τη μεταβολή του κόκκινου χρώματος από ροζ σε πλήρες

κόκκινο, δηλαδή τη μεταβολή από ανοιχτό σε πιο σκούρο (λευκό σε μαύρο). Ακόμη, σε μια μελέτη των Borghesi et al. (2016) όπου εξετάστηκαν τρεις διαφορετικές ποικιλίες τομάτας, οι τιμές φωτεινότητας (L^*) της φλούδας στο τέλος της ωρίμανσης ήταν επίσης χαμηλότερες από ότι στην αρχή της αποθηκευτικής περιόδου. Τέλος, έρχονται σε μια ακόμη συμφωνία με την παρούσα έρευνα, δηλαδή στο ότι υπήρξε μια προοδευτική μείωση των τιμών της απόχρωσης (h) στο εξωτερικό των καρπών, παράμετρος η οποία συμβάλλει στην αύξηση της κόκκινης απόχρωσης.

Πίνακας 8: Μετρήσεις εξωτερικού χρώματος της τομάτας κατά τις ημέρες 3, 7, 10, 14, 17, 24

Χρώμα Εξωτερικά				
Συσκευασμένα				
Ημέρα	L^*	a^*	b^*	h
3 ^η	37,06±0,765a	18,76±1,671a	17,20±0,922ab	42,57±1,596a
7 ^η	37,48±0,717a	18,78±1,988a	17,67±1,097a	43,36±1,941ab
10 ^η	36,70±0,806ab	16,27±1,233b	15,98±0,842c	44,53±1,647bc
14 ^η	35,77±1,155c	19,08±1,772a	16,25±1,179bc	40,48±1,433d
17 ^η	36,41±0,858b	19,67±2,041a	17,23±1,368ab	41,28±1,292ad
24 ^η	36,82±1,063bc	20,04±1,988a	17,73±1,276ab	41,56±1,665ad
Μη - συσκευασμένα				
Ημέρα	L^*	a^*	b^*	h
3 ^η	37,49±0,841a	19,24±2,142ac	17,96±1,239a	43,11±1,445ab
7 ^η	36,72±0,806bc	16,78±1,664b	16,44±0,832bc	44,50±2,065b
10 ^η	37,06±0,949ab	19,74±1,635c	16,98±1,485ab	40,69±1,268c
14 ^η	36,16±0,587c	18,13±1,217ab	15,87±1,023c	41,10±1,871c
17 ^η	36,10±0,913c	18,56±1,520ac	16,57±0,983bc	41,79±1,732ac
24 ^η	36,04±0,705c	18,22±1,146ab	16,27±0,737bc	41,79±1,445ac

*Τα αποτελέσματα αφορούν τον μέσο όρο ± τυπική απόκλιση ($n=5$). Διαφορετικά γράμματα κατά μήκος κάθε στήλης μετά από κάθε τιμή υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($P<0,05$)

Στην εσωτερική επιφάνεια των δειγμάτων, η παράμετρος L^* των συσκευασμένων δειγμάτων εμφάνισε σημαντική ($P<0,05$) ελάττωση από την 7^η ημέρα στην 10^η. Από την 14^η στην 17^η ημέρα και από την 17^η στην 24^η αποθήκευσης παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές αυξήσεις στην φωτεινότητα. Στα μη-συσκευασμένα δείγματα παρατηρήθηκε μια συνολική αύξηση, η οποία δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($P<0,05$).

Η παράμετρος a^* των συσκευασμένων δειγμάτων εμφάνισε σημαντική ($P<0,05$) ελάττωση από την 3^η ημέρα στην 7^η. Από την 10^η στην 14^η ημέρα παρατηρήθηκε μια ακόμη στατιστικά σημαντική μείωση. Από την 14^η στην 17^η ημέρα παρατηρείται σημαντική αύξηση και τέλος από την 17^η στην 24^η ημέρα παρατηρείται στατιστικά σημαντική μείωση.

Στα μη-συσκευασμένα δείγματα παρατηρήθηκε σημαντική ($P<0,05$) μείωση από την 7^η στην 10^η ημέρα και από την 17^η στην 24^η ημέρα αποθήκευσης. Συνεπώς, η μείωση της τιμής της παραμέτρου αυτή φανερώνει μια μικρή μεταβολή του εσωτερικού του δείγματος από κόκκινο σε κοκκινο-πράσινο.

Για την παράμετρο b^* των συσκευασμένων δειγμάτων παρατηρήθηκε σημαντική ($P<0,05$) ελάττωση από την 3^η ημέρα στην 7^η και επίσης στατιστικά σημαντική ελάττωση από την 10^η στην 14^η ημέρα αποθήκευσης. Από την 14^η στην 17^η ημέρα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση και από την 14^η στην 17^η η αύξηση που σημειώθηκε ήταν σημαντική. Τέλος, η αύξηση που σημειώθηκε από την 17^η στην 24^η ημέρα ήταν στατιστικά σημαντική. Στα μη-συσκευασμένα δείγματα, σημειώθηκε σημαντική ($P<0,05$) αύξηση από την 7^η στην 10^η ημέρα και στατιστικά σημαντική μείωση από την 10^η στην 14^η ημέρα. Επιπλέον, από την 14^η στην 17^η παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση. Τέλος, η περαιτέρω μεταβολή που σημειώθηκε μέχρι το πέρας της αποθήκευσης δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Μείωση της τιμής του b^* έχει ως αποτέλεσμα το χρώμα να τείνει από κίτρινο σε κιτρινο-μωβ.

Η παράμετρος h των συσκευασμένων δειγμάτων εμφάνισε σημαντική ($P<0,05$) άξηση από την 17^η ημέρα στην 24^η. Όλες τις προηγούμενες ημέρες οι μεταβολές που σημειώθηκαν δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Στα μη-συσκευασμένα δείγματα, σημειώθηκε σημαντική ($P<0,05$) μείωση από την 3^η στην 7^η ημέρα και στατιστικά σημαντική αύξηση από την 7^η στην 10^η ημέρα. Επιπλέον, από την 10^η στην 14^η ημέρα συμβαίνει στατιστικά σημαντική μείωση και από την 14^η στην 17^η και από την 17^η στην 24^η ημέρα συμβαίνουν 2 διαδοχικές στατιστικά σημαντικές αυξήσεις.

Συνεπώς, από την 3^η έως και την 24^η ημέρα της αποθηκευτικής περιόδου, στα συσκευασμένα δείγματα παρατηρήθηκε σημαντική ($P<0,05$) αύξηση της φωτεινότητας (L^*), με ταυτόχρονη σημαντική ($P<0,05$) μείωση της παραμέτρου (a^*) και μη σημαντική ($P>0,05$) αύξηση της παραμέτρου b^* . Για τα μη – συσκευασμένα δείγματα, η φωτεινότητα επέδειξε στατιστικά ($P>0,05$) μη σημαντική αύξηση και στατιστικά σημαντική ($P<0,05$) μείωση του a^* και μη σημαντική ($P>0,05$) μείωση του b^* , ενώ παρατηρήθηκε και στους δύο τύπους δειγμάτων στατιστικά σημαντική αύξηση της απόχρωσης (h). Με βάση τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι οι τομάτες κατά την ωρίμανση τους στο εσωτερικό χάνουν το έντονο κόκκινο χρώμα και αποκτούν τιμές που τείνουν στο πορτοκαλί-κίτρινο. Γενικώς, δεν βρέθηκαν αντίστοιχες μελέτες με μετρήσεις του εσωτερικού χρώματος της τομάτας.

Ωστόσο, με βάση τον Camara, 1993 τονίζεται ότι κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης μια μη λειτουργική συνθάση του φυτοενίου (Psy1) στη τομάτα προκαλεί τη συσσώρευση πολύ χαμηλών ποσοτήτων καροτενοειδών με αποτέλεσμα πιο κίτρινη σάρκα. Το αποτέλεσμα αυτό καλείται μετάλλαξη της κίτρινης σάρκας (r). Παρ'όλα αυτά δεν μπορεί να ισχυριστεί κάτι τέτοιο, καθώς οι διαφορές κατά τη διάρκεια της αποθηκευτικής περιόδου δεν είχαν τεράστιες αποκλίσεις.

Πίνακας 9: Μετρήσεις εσωτερικού χρώματος της τομάτας κατά τις ημέρες 3, 7, 10, 14, 17, 24

Χρώμα Εσωτερικά				
Συσκευασμένα				
Ημέρα	L*	a*	b*	h
3 ^η	42,12±2,398ab	22,31±1,187a	16,30±1,769a	36,10±3,246a
7 ^η	42,16±2,496ab	20,18±2,756ab	14,31±2,438ab	35,23±1,533a
10 ^η	41,62±2,086a	21,14±1,533ab	15,61±1,356ab	36,44±2,370a
14 ^η	40,47±2,198a	19,89±2,201b	13,58±1,477b	34,36±2,089a
17 ^η	41,92±1,959ab	20,70±2,644ab	14,42±2,451ab	34,74±2,017a
24 ^η	44,29±2,472b	18,88±2,386b	16,45±2,597a	40,95±2,324b
Μη - συσκευασμένα				
Ημέρα	L*	a*	b*	h
3 ^η	41,57±1,807a	21,85±1,027a	16,00±1,585ab	36,15±2,463ab
7 ^η	42,66±1,805a	22,20±1,271a	15,74±1,329ab	35,31±1,705a
10 ^η	43,62±1,775a	21,31±2,487ab	16,94±2,127a	38,53±2,359b
14 ^η	42,57±1,923a	20,90±2,659ab	14,51±2,041b	34,79±3,207a
17 ^η	42,68±2,129a	20,64±2,862ab	15,48±2,378ab	36,85±1,911ab
24 ^η	43,22±2,409a	19,18±2,513b	15,37±2,407ab	38,64±3,842b

*Τα αποτελέσματα αφορούν τον μέσο όρο ± τυπική απόκλιση (n=5). Διαφορετικά γράμματα κατά μήκος κάθε στήλης μετά από κάθε τιμή υποδεικνύουν στατιστικά σημαντική διαφορά (P<0,05)

Ανεξάρτητα από την ποικιλία της τομάτας, οι μεταβολές του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο-πορτοκαλί-μπλε αντικατοπτρίζει τη φυσική εξέλιξη των χρωστικών ουσιών στους καρπούς της τομάτας, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από υψηλά επίπεδα χλωροφυλλών στους μη ωριμασμένους καρπούς (πράσινο χρώμα) και αυξανόμενα επίπεδα καροτενοειδών και ανθοκυανινών στο τέλος της ωρίμανσης (κόκκινο-πορτοκαλί-μπλε χρώμα) (Borghesi et al., 2016). Το χρώμα αποτελεί σημαντική παράμετρο για την αξιολόγηση της ωρίμανσης της τομάτας και η αλλαγή του συνδέεται με τη μείωση της ποιότητας (Degwale et al., 2022).

5. Συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Με βάση όλα τα παραπάνω, συμπεραίνεται ότι ο καρπός της τομάτας έχει μεγάλη καλλιεργητική έκταση καθώς η κατανάλωσή του είναι ευρεία, λόγω της απαλής του γεύσης και της διατροφικής του σύστασης. Πέρα από το ότι είναι ολιγοθερμιδικό τρόφιμο, περιέχει πλήθος αντιοξειδωτικών ενώσεων όπως είναι η βιταμίνη C και το λυκοπένιο. Για αυτό καίρια είναι η αξιολόγηση της ωρίμανσής του και η δημιουργία - αναζήτηση ανθεκτικότερων και πλουσιότερων διατροφικά ποικιλιών. Κατά την αποθηκευτική περίοδο της τομάτας συμβαίνουν σημαντικές φυσικοχημικές μεταβολές. Έτσι, έγινε αξιολόγηση των καρπών τομάτας υδροπονικής καλλιέργειας της ποικιλίας briosο κατά την αποθήκευση σε θερμοκρασία $15\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ και σχετική υγρασία $60\pm 2\%$, συνθήκες που προτείνονται από πολλούς παραγωγούς και προμηθευτές και εξάχθηκαν ορισμένα συμπεράσματα.

Η πλειοψηφία των μεταβολών των παραμέτρων υφής είναι στατιστικά σημαντικές κυρίως από την 3^η στην 7^η ημέρα και κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης η κολλητικότητα και η μασητικότητα μειώνονται. Συνεπώς, κατά την 7^η ημέρα της αποθηκευτικής περιόδου συμβαίνουν πολλές φυσιολογικές και βιοχημικές αλλαγές λόγω της αύξησης του ρυθμού της ωρίμανσης εξαιτίας του αιθυλενίου και λόγω του μεταβολισμού των υδατανθράκων του κυτταρικού τοιχώματος που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Οι παράμετροι του χρώματος προσδιορίστηκαν με τη χρήση χρωματόμετρου στο εξωτερικό και στο εσωτερικό της τομάτας. Στο εσωτερικό των καρπών κατά την ωρίμανση το έντονο κόκκινο χρώμα περιορίζεται και οι τιμές τείνουν στο πορτοκαλί-κίτρινο. Γενικώς, η έλλειψη αντίστοιχων ερευνών με μετρήσεις του εσωτερικού χρώματος της τομάτας δεν βοήθησε να εξαχθεί κάποιο βασικό συμπέρασμα για τις μεταβολές αυτές. Στην εξωτερική επιφάνεια των καρπών, παρατηρείται αύξηση της κόκκινης απόχρωσης a^* , μείωση της φωτεινότητας L^* , μείωση του κίτρινου προς το μπλε (b^*), γεγονός που οφείλεται σε αυξανόμενα επίπεδα καροτενοειδών και ανθοκυανινών προς το τέλος της ωρίμανσης. Ωστόσο, η συνολική μεταβολή του χρώματος δεν είναι πολύ μεγάλη, γεγονός που είναι πολύ σημαντικό, καθώς το χρώμα σε συνδυασμό με την υφή αποτελούν καίρια κριτήρια επιλογής των προϊόντων τομάτας από τους καταναλωτές, ενώ στα συσκευασμένα δείγματα, το χρώμα αποτελεί μοναδικό κριτήριο.

Η ανάλυση των φυσικοχημικών παραμέτρων της υγρασίας και της ενεργότητας ύδατος ελάττωσαν σε μεγάλο βαθμό τις απώλειες νερού που συνηθίζονται στις τομάτες, λόγω των θερμοκρασιακών συνθηκών που εφαρμόστηκαν στους καρπούς. Με αυτόν τον τρόπο, η διατηρησιμότητα αυξάνεται καθώς περιορίζονται οι μικροβιακές αλλοιώσεις.

Επίσης, με τον προσδιορισμό των ολικών διαλυτών στερεών διαπιστώθηκε σημαντική παραγωγή σακχάρων από την 3^η στην 7^η ημέρα και σημαντική μείωση από την 14^η στην 17^η ημέρα. Η αύξηση των ολικών διαλυτών στερεών κατά την αποθήκευση οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ωρίμανση, στη μετατροπή των υδατανθράκων και στην βιοσύνθεση ενώ η μείωση αποδίδεται στον βραδύτερο ρυθμό υδρόλυσης των υδατανθράκων σε μεταγενέστερο στάδιο ωρίμανσης. Στα συσκευασμένα δείγματα, υπήρξε σταθερή τιμή από την 17^η στην 24^η ημέρα ενώ στα μη-συσκευασμένα παρατηρήθηκε εκ νέου αύξηση, που πιθανόν να οφείλεται σε μεγάλη απώλεια υγρασίας που αυξάνει τη συγκέντρωση και την υδρόλυση των υδατανθράκων σε διαλυτά σάκχαρα.

Τέλος, προκύπτει ότι τα συσκευασμένα δείγματα τομάτας, δίνουν συγκριτικά καλύτερα αποτελέσματα από τα μη-συσκευασμένα. Δηλαδή, έχουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα όσον αφορά την υφή, αφού η σκληρότητα τους μεταβάλλεται λιγότερο κατά το πέρασ της αποθήκευσης, η ενεργότητα ύδατος έχει χαμηλότερη τελική τιμή και το χρώμα μεταβάλλεται βραδύτερα, άρα και ο ρυθμός αναπνοής και ωρίμανσης, με αποτέλεσμα την αύξηση της διατηρησιμότητας των συσκευασμένων καρπών.

Έχοντας λάβει υπόψη όλα τα παραπάνω ευρήματα, γίνεται σαφές ότι υπάρχει ανάγκη για εκτενέστερη μελέτη της συμπεριφοράς των καρπών της τομάτας κατά την ωρίμανση. Πιο συγκεκριμένα, για να ληφθεί μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της διατηρησιμότητας της τομάτας, η έρευνα του ολικού φαινολικού προφίλ είναι υψίστης σημασίας. Η τομάτα περιέχει πλήθος αντιοξειδωτικών ενώσεων, όπως είναι το ασκορβικό οξύ και καροτενοειδών, όπως το λυκοπένιο που μπορούν να υπολογιστούν με διάφορες μεθόδους όπως για παράδειγμα, η υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης με ανιχνευτή DAD (HPLC – DAD) και με εκχύλιση σε μείγμα ακετόνης:n-εξάνιο για εξαγωγή περισσότερων συμπερασμάτων. Συγχρόνως, παράμετροι όπως η σύσταση και η υφή μεταβάλλονται σημαντικά με βάση τους διαφορετικούς γονοτύπους, με το στάδιο κατά το οποίο γίνεται η συλλογή των καρπών της τομάτας και τις συνθήκες αποθήκευσης. Επομένως, σημαντική θα ήταν η αξιολόγηση διαφορετικών ποικιλιών, σε διαφορετικά στάδια ωρίμανσης και σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Η ικανότητα της τομάτας να αντιδρά στο εξωγενές αιθυλένιο είναι υψίστης σημασίας, καθώς μπορεί να μελετηθεί η ωρίμανση των καρπών σε συναποθήκευση με άλλα κλιμακτηριακά φρούτα και λαχανικά. Ακόμη, η τεχνητή ωρίμανση των καρπών με χρήση αιθυλενίου, παραμένει ασαφής ως προς την επίδραση που έχει στη διατροφική αξία του προϊόντος, γεγονός που παρουσιάζει ενδιαφέρον για περαιτέρω διερεύνηση. Ο συνδυασμός των χρησιμοποιούμενων αναλύσεων και μεθόδων θα μπορούσε

επίσης να εφαρμοστεί και σε άλλα φρούτα ως εργαλείο πρόβλεψης των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών, καθώς και της διάρκειας ζωής τους.

Βιβλιογραφία

- Abe-Inge, V., Agbenohevi, J. K., Kpodo, F. M., & Adzinyo, O. A. (2018). Effect of different drying techniques on quality characteristics of African palmyra palm (*Borassus aethiopum*) fruit flour. *Food Research*, 2(4), 331–339. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.2\(4\).050](https://doi.org/10.26656/fr.2017.2(4).050)
- Abiso, E., Satheesh, N., & Hailu, A. (2015). *EFFECT OF STORAGE METHODS AND RIPENING STAGES ON POSTHARVEST QUALITY OF TOMATO (LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL) CV. CHALI*. 16(1).
- Agarwal, S., & Rao, A. V. (2000). Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal = Journal de l'Association Medicale Canadienne*, 163(6), 739–744.
- Al-Dairi, M., Pathare, P. B., & Al-Yahyai, R. (2021). Chemical and nutritional quality changes of tomato during postharvest transportation and storage. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(6), 401–408. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.05.001>
- Alexander, L., & Grierson, D. (2002). Ethylene biosynthesis and action in tomato: A model for climacteric fruit ripening. *Journal of Experimental Botany*, 53(377), 2039–2055. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf072>
- Ali, M. Y., Sina, A. A. I., Khandker, S. S., Neesa, L., Tanvir, E. M., Kabir, A., Khalil, M. I., & Gan, S. H. (2020a). Nutritional Composition and Bioactive Compounds in Tomatoes and Their Impact on Human Health and Disease: A Review. *Foods*, 10(1), 45. <https://doi.org/10.3390/foods10010045>
- Ali, M. Y., Sina, A. A. I., Khandker, S. S., Neesa, L., Tanvir, E. M., Kabir, A., Khalil, M. I., & Gan, S. H. (2020b). Nutritional Composition and Bioactive Compounds in Tomatoes and Their Impact on Human Health and Disease: A Review. *Foods*, 10(1), 45. <https://doi.org/10.3390/foods10010045>
- Ali, Q., Kurubas, M., & Erkan, M. (2021). Comparison of Ethylene Sensitivity of Three Tomato Cultivars From Different Tomato Types and Effects of Ethylene on Postharvest Performance. *Tarim Bilimleri Dergisi*, 27, 476–483. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.715171>
- Añibarro-Ortega, M., Pinela, J., Ćirić, A., Martins, V., Rocha, F., Soković, M. D., Barata, A. M., Carvalho, A. M., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Valorisation of table tomato crop by-products: Phenolic profiles and *in vitro* antioxidant and

- antimicrobial activities. *Food and Bioproducts Processing*, 124, 307–319. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.09.006>
- Antunes, M. D., Rodrigues, D., Pantazis, V., Cavaco, A. M., Siomos, A., & Miguel, M. G. (2013). *Nutritional quality changes of fresh-cut tomato during shelf life*. <http://hdl.handle.net/10400.1/6341>
- Arah, I. K., Amaglo, H., Kumah, E. K., & Ofori, H. (2015). Preharvest and Postharvest Factors Affecting the Quality and Shelf Life of Harvested Tomatoes: A Mini Review. *International Journal of Agronomy*, 2015(1), 478041. <https://doi.org/10.1155/2015/478041>
- Astija, Anggy Rizky Januarista, Vita Indri Febriani, & Lestari Mp Alibasyah. (2022). The effect of soil pH on a carbohydrate level of tomato fruits (*Lycopersicum esculentum* Mill.) from bobo and Sidera villages. *GSC Advanced Research and Reviews*, 12(1), 001–004. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2022.12.1.0169>
- Athinodorou, F., Foukas, P., Tsaniklidis, G., Kotsiras, A., Chrysargyris, A., Delis, C., Kyratzis, A. C., Tzortzakis, N., & Nikoloudakis, N. (2021). Morphological Diversity, Genetic Characterization, and Phytochemical Assessment of the Cypriot Tomato Germplasm. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(8), 1698. <https://doi.org/10.3390/plants10081698>
- Bai, Y., & Lindhout, P. (2007). Domestication and Breeding of Tomatoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future? *Annals of Botany*, 100(5), 1085–1094. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm150>
- Barrett, D. M., Garcia, E., & Wayne, J. E. (1998). Textural Modification of Processing Tomatoes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(3), 173–258. <https://doi.org/10.1080/10408699891274192>
- Basic Tomato (Lycopersicon esculentum) Physiology and Morphology | VCE Publications | Virginia Tech.* (χ.χ.). Ανακτήθηκε 20 Ιούλιος 2024, από <https://www.pubs.ext.vt.edu/SPES/spes-508/spes-508.html>
- Bianchi, A. R., Vitale, E., Guerretti, V., Palumbo, G., De Clemente, I. M., Vitale, L., Arena, C., & De Maio, A. (2023). Antioxidant Characterization of Six Tomato Cultivars and Derived Products Destined for Human Consumption. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 12(3), 761. <https://doi.org/10.3390/antiox12030761>
- Borghesi, E., Ferrante, A., Gordillo, B., Rodríguez-Pulido, F. J., Cocetta, G., Trivellini, A., Mensuali-Sodi, A., Malorgio, F., & Heredia, F. J. (2016). Comparative

- physiology during ripening in tomato rich-anthocyanins fruits. *Plant Growth Regulation*, 80(2), 207–214. <https://doi.org/10.1007/s10725-016-0158-y>
- Camara, B. (1993). [32] Plant phytoene synthase complex: Component enzymes, immunology, and biogenesis. Στο *Methods in Enzymology* (τ. 214, σσ. 352–365). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(93\)14079-X](https://doi.org/10.1016/0076-6879(93)14079-X)
- Cantwell, M., & Suslow, T. (2002). Postharvest handling systems: Fresh-cut fruits and vegetables. *Postharvest Technology of Horticultural Crops. Univ*, 445–464.
- Carrillo-López, A., & Yahia, E. M. (2014). Changes in color-related compounds in tomato fruit exocarp and mesocarp during ripening using HPLC-APCI+-mass Spectrometry. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), 2720–2726. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0782-0>
- Coatings and Other Supplemental Treatments to Maintain Vegetable Quality*. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 20 Ιούλιος 2024, από https://www.researchgate.net/publication/365536490_Coatings_and_Other_Supplemental_Treatments_to_Maintain_Vegetable_Quality
- de Wild, H. P. J., Otma, E. C., & Peppelenbos, H. W. (2003). Carbon dioxide action on ethylene biosynthesis of preclimacteric and climacteric pear fruit. *Journal of Experimental Botany*, 54(387), 1537–1544. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg159>
- Degwale, A., Asrat, F., Eniyew, K., Asres, D., Tesfa, T., & Ayalew, A. (2022). Influence of Dehydration Temperature and Time on Physicochemical Properties of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Powder. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 839385. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.839385>
- Denih, A., Negara, T. P., & Marzuki, I. (2023). Analysis of Tomato Ripeness by Color and Texture Using Cielab and K-Means Clustering. *Komputasi: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Dan Matematika*, 20(2), 148–159. <https://doi.org/10.33751/komputasi.v20i2.8311>
- Eboibi, O., Akpokodje, O. I., Nyorere, O., Oghenerukevwe, P., & Uguru, H. (2019). *Evaluation of Textural Qualities and Chemical Properties of some Tomato Cultivars*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3263941>
- Ehret, D., Menzies, J., Bogdanoff, C., Utkhede, R., & Frey, B. (2002). Foliar applications of fertilizer salts inhibit powdery mildew on tomato 1. *J. Plant Pathol*, 24, 437–444. <https://doi.org/10.1080/07060660209507031>

- Elbadrawy, E., & Sello, A. (2016). Evaluation of nutritional value and antioxidant activity of tomato peel extracts. *Arabian Journal of Chemistry*, 9, S1010–S1018. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.11.011>
- Farneti, B., Alarcón, A. A., Papatotiriou, F. G., Samudrala, D., Cristescu, S. M., Costa, G., Harren, F. J. M., & Woltering, E. J. (2015). Chilling-Induced Changes in Aroma Volatile Profiles in Tomato. *Food and Bioprocess Technology*, 8(7), 1442–1454. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1504-1>
- Foolad, M. R. (2007). Genome Mapping and Molecular Breeding of Tomato. *International Journal of Plant Genomics*, 2007, 64358. <https://doi.org/10.1155/2007/64358>
- Frusciante, L., Carli, P., Ercolano, M. R., Pernice, R., Di Matteo, A., Fogliano, V., & Pellegrini, N. (2007). Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51(5), 609–617. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200600158>
- Gautier, H., Diakou-Verdin, V., Bénard, C., Reich, M., Buret, M., Bourgaud, F., Poëssel, J. L., Caris-Veyrat, C., & Génard, M. (2008). How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(4), 1241–1250. <https://doi.org/10.1021/jf072196t>
- Gautier, H., Guichard, S., & Tchamitchian, M. (2001). Modulation of Competition between Fruits and Leaves by Flower Pruning and Water Fogging, and Consequences on Tomato Leaf and Fruit Growth. *Ann. Bot.*, 88, 645–652. <https://doi.org/10.1006/anbo.2001.1518>
- Giné-Bordonaba, J., Echeverria, G., Ubach, D., Aguiló-Aguayo, I., López, M. L., & Larrigaudière, C. (2017). Biochemical and physiological changes during fruit development and ripening of two sweet cherry varieties with different levels of cracking tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry: PPB*, 111, 216–225. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.12.002>
- Hartz, T., Johnstone, P., Francis, D., & Miyao, E. (2005). Processing Tomato Yield and Fruit Quality Improved with Potassium Fertigation. *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science*, 40, 1862. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.6.1862>
- Herner, R. C., & Sink, K. C. (1973). Ethylene Production and Respiratory Behavior of the rin Tomato Mutant 1. *Plant Physiology*, 52(1), 38–42.

- Hussain, P. R., Meena, R. S., Dar, M. A., & Wani, A. M. (2012). Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of Red delicious apple. *Journal of food science and technology*, 49(4), 415–426. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0289-0>
- Iqbal, R. K. (2019). *Tomato (Lycopersicum Esculentum) Fruit Improvement through Breeding*.
- Ishiwu, C. (2014). Effect of Thermal Processing on Lycopene, Beta-Carotene and Vitamin C Content of Tomato [Var.UC82B]. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2, 87. <https://doi.org/10.11648/j.jfns.20140203.17>
- Kinzel, H. (1989). Calcium in the Vacuoles and Cell Walls of Plant Tissue1). *Flora*, 182(1), 99–125. [https://doi.org/10.1016/S0367-2530\(17\)30398-5](https://doi.org/10.1016/S0367-2530(17)30398-5)
- Ku, H.-M., Doganlar, S., Chen, K.-Y., & Tanksley, S. D. (1999). The genetic basis of pear-shaped tomato fruit. *Theoretical and Applied Genetics*, 99(5), 844–850. <https://doi.org/10.1007/s001220051304>
- Laranjeira, T., Costa, A., Faria-Silva, C., Ribeiro, D., de Oliveira, J. M. P. F., Simões, S., & Ascenso, A. (2022). Sustainable Valorization of Tomato By-Products to Obtain Bioactive Compounds: Their Potential in Inflammation and Cancer Management. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(5), 1701. <https://doi.org/10.3390/molecules27051701>
- Li, S., Zhu, B., Pirrello, J., Xu, C., Zhang, B., Bouzayen, M., Chen, K., & Grierson, D. (2020). Roles of RIN and ethylene in tomato fruit ripening and ripening-associated traits. *The New Phytologist*, 226(2), 460–475. <https://doi.org/10.1111/nph.16362>
- Liu, J., Van Eck, J., Cong, B., & Tanksley, S. D. (2002). A new class of regulatory genes underlying the cause of pear-shaped tomato fruit. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(20), 13302–13306. <https://doi.org/10.1073/pnas.162485999>
- López Camelo, A. F., & Gómez, P. A. (2004). Comparison of color indexes for tomato ripening. *Horticultura Brasileira*. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000300006>
- Maucieri, C., Nicoletto, C., Os, E. V., Anseeuw, D., Havermaet, R. V., & Junge, R. (2019). Hydroponic Technologies. Στο *Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future* (σσ. 77–110). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6_4

- Menzies, J. (2002). Foliar applications of fertilizer salts inhibit powdery mildew on tomato 1. *Canadian Journal of Plant Pathology*. https://www.academia.edu/32546065/Foliar_applications_of_fertilizer_salts_inhibit_powdery_mildew_on_tomato_1
- Mitchell, J., Shennan, C., Grattan, S., & May, D. (1991). Tomato Fruit Yields and Quality under Water Deficit and Salinity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. *American Society for Horticultural Science*, 116. <https://doi.org/10.21273/JASHS.116.2.215>
- Moraru, C., Logendra, L., Lee, T.-C., & Janes, H. (2004). Characteristics of 10 processing tomato cultivars grown hydroponically for the NASA Advanced Life Support (ALS) Program. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17(2), 141–154. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.08.003>
- Mubarok, S., Qonit, M. A. H., Rahmat, B. P. N., Budiarto, R., Suminar, E., & Nuraini, A. (2023). An overview of ethylene insensitive tomato mutants: Advantages and disadvantages for postharvest fruit shelf-life and future perspective. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1079052. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1079052>
- Nguyen, T., Tran, D., Van de Poel, B., Hertog, M., & Nicolai, B. (2024). The impact of growing season on the ethylene biosynthesis and signaling pathways of a heat tolerant tomato during off-vine postharvest ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 207, 112637. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112637>
- Nkongho, R. N., Ndam, L. M., Akoneh, N. N., Tongwa, Q. M., Njilar, R. M., Agbor, D. T., Sama, V., Ojongakpa, O. T., & Ngone, A. M. (2023). Vegetative propagation of F1 tomato hybrid (*Solanum lycopersicum* L.) using different rooting media and stem-nodal cuttings. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11, 100470. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100470>
- Ohtaka, K., Yoshida, A., Kakei, Y., Fukui, K., Kojima, M., Takebayashi, Y., Yano, K., Imanishi, S., & Sakakibara, H. (2020). Difference Between Day and Night Temperatures Affects Stem Elongation in Tomato (*Solanum lycopersicum*) Seedlings via Regulation of Gibberellin and Auxin Synthesis. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.577235>
- Okabe, Y., Asamizu, E., Saito, T., Matsukura, C., Ariizumi, T., Brès, C., Rothan, C., Mizoguchi, T., & Ezura, H. (2011). Tomato TILLING Technology: Development of a Reverse Genetics Tool for the Efficient Isolation of Mutants from Micro-Tom

- Mutant Libraries. *Plant and Cell Physiology*, 52(11), 1994–2005.
<https://doi.org/10.1093/pcp/pcr134>
- Paull, Robert E. (1999). Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 263–277.
[https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(98\)00090-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00090-8)
- Pila, N., Gol, N. B., & Rao, T. V. R. (2010). Effect of Post harvest Treatments on Physicochemical Characteristics and Shelf Life of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Fruits during Storage. *Environ. Sci.*
- Prudent, M., Causse, M., Génard, M., Tripodi, P., Grandillo, S., & Bertin, N. (2009). Genetic and physiological analysis of tomato fruit weight and composition: Influence of carbon availability on QTL detection. *Journal of Experimental Botany*, 60(3), 923–937. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern338>
- Quintero Ramirez, M., Valdez, E., Ceballos, N., Duno, D., & Ocampo, G. (2023). Volatilomic profile of the tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) pulp during ripening and senescence using HS–SPME with GC–MS. *LWT*, 186, 115213.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115213>
- Ramírez, F., & Kallarackal, J. (2019). Tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) reproductive physiology: A review. *Scientia Horticulturae*, 248, 206–215.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.019>
- Raiola, A., Rigano, M. M., Calafiore, R., Frusciante, L., & Barone, A. (2014). Enhancing the health-promoting effects of tomato fruit for biofortified food. *Mediators of Inflammation*, 2014, 139873. <https://doi.org/10.1155/2014/139873>
- Rao, A. V., & Rao, L. G. (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*, 55(3), 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2007.01.012>
- Richa, A., Touil, S., Fizir, M., & Martinez, V. (2020). Recent advances and perspectives in the treatment of hydroponic wastewater: A review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09555-9>
- Robert, A., Rita, A. D., & James, O. M. (2014). Determinants of postharvest losses in tomato production in the Offinso North district of Ghana. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 6(8), 338–344.
<https://doi.org/10.5897/JDAE2013.0545>
- Sardaro, M. L. S., Marmioli, M., Maestri, E., & Marmioli, N. (2013). Genetic characterization of Italian tomato varieties and their traceability in tomato food

- products-Sardaro-2012-Food Science & Nutrition-Wiley Online Library. *Food Science & Nutrition*, 1(1), 54–62. <https://doi.org/10.1002/fsn3.8>
- Selahle, M. K., Sivakumar, D., & Soundy, P. (2014). Effect of photo-selective nettings on post-harvest quality and bioactive compounds in selected tomato cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(11), 2187–2195. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6536>
- Senevirathna, P., & Daundasekera, W. a. M. (2010). Effect of postharvest calcium chloride vacuum infiltration on the shelf life and quality of tomato (cv. 'Thilina'). *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)*, 39(1). <https://doi.org/10.4038/cjsbs.v39i1.2351>
- Sharma, P., Thakur, S., & Negi, R. (2019). Recent Advances in Breeding of Tomato- A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8, 1275–1283. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.151>
- Sies, H., & Jones, D. P. (2020). Reactive oxygen species (ROS) as pleiotropic physiological signalling agents. *Nature Reviews. Molecular Cell Biology*, 21(7), 363–383. <https://doi.org/10.1038/s41580-020-0230-3>
- Sinha, S. R., Singha, A., Faruquee, M., Jiku, Md. A. S., Rahaman, Md. A., Alam, Md. A., & Kader, M. A. (2019). Post-harvest assessment of fruit quality and shelf life of two elite tomato varieties cultivated in Bangladesh. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1), 185. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0232-5>
- Sualeh, A., Daba, A., Kiflu, S., & Mohammed, A. (2016). *Effect of Storage Conditions and Packing Materials on Shelf life of Tomato*.
- Takahashi, N. (2013). *Evaluation of Tomato Fruit Color Change with Different Maturity Stages and Storage Temperatures Using Image Analysis*. 46, 147–149. <https://doi.org/10.3182/20130327-3-JP-3017.00034>
- Thole, V., Vain, P., Yang, R.-Y., Almeida, J., Enfissi, E., Nogueira, M., Price, E., Alseekh, S., Fernie, A., Fraser, P., Hanson, P., & Martin, C. (2020). Analysis of Tomato Post-Harvest Properties: Fruit Color, Shelf Life, and Fungal Susceptibility. *Current Protocols in Plant Biology*, 5. <https://doi.org/10.1002/cppb.20108>
- Tigist, M., Workneh, T. S., & Woldetsadik, K. (2013). Effects of variety on the quality of tomato stored under ambient conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 50(3), 477–486. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0378-0>

- Tilahun, S., Park, D., Taye, A., & Jeong, C. (2017). Effects of Storage Duration on Physicochemical and Antioxidant Properties of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Wonye kwahak kisuichi = Korean journal of horticultural science and technology/Hortic.Sci.Technol.* 35, 88-97., <https://doi.org/10.12972/kjhst.20170010>
- Ting-ting, W. E. I., Zai-qiang, Y., Ming-tian, W., He-li, Z., Xu-ran, Z., Jia-shuai, L. I., Qing, S. U. N., & Lin, W. (2019). Effects of High Temperature and Different Air Humidity on Water Physiology of Flowering Tomato Seedlings. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 40(05), 317. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-6362.2019.05.006>
- Valšíková-Frey, M., Komár, P. & Rehuš, M. (2017).The Effect of Varieties and Degree of Ripeness to Vitamin C Content in Tomato Fruits. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*,20(2) 44-48. <https://doi.org/10.1515/ahr-2017-0010>
- van der Knaap, E., Lippman, Z. B., & Tanksley, S. D. (2002). Extremely elongated tomato fruit controlled by four quantitative trait loci with epistatic interactions. *Theoretical and Applied Genetics*, 104(2), 241–247. <https://doi.org/10.1007/s00122-001-0776-1>
- Velazquez-Gonzalez, R. S., Garcia-Garcia, A. L., Ventura-Zapata, E., Barceinas-Sanchez, J. D. O., & Sosa-Savedra, J. C. (2022). A Review on Hydroponics and the Technologies Associated for Medium- and Small-Scale Operations. *Agriculture*, 12(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050646>
- Wang, Y., Wang, L., Zhou, J., Hu, S., Chen, H., Xiang, J., Zhang, Y., Zeng, Y., Shi, Q., Zhu, D., & Zhang, Y. (2019). Research Progress on Heat Stress of Rice at Flowering Stage. *Rice Science*, 26(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2018.06.009>
- WHITE, P. J., & BROADLEY, M. R. (2003). Calcium in Plants. *Annals of Botany*, 92(4), 487–511. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg164>
- Woodfield, D. R., & White, D. W. R. (1996). Breeding strategies for developing transgenic white clover cultivars. *NZGA: Research and Practice Series*, 6, 125–130. <https://doi.org/10.33584/rps.6.1995.3351>
- Yadava, U. & Seema. (2012). *Effect of Heat Processing on the Vitamin—C of Some Fruits.*
- Zheng, Y., Yang, Z., Xu, C., Wang, L., Huang, H., & Yang, S. (2020). *The Interactive Effects of Daytime High Temperature and Humidity on Growth and Endogenous Hormone Concentration of Tomato Seedlings.* <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15145-20>

Πηγές Εικόνων

Εικόνα 1: <https://www.shutterstock.com/el/image-vector/parts-plant-morphology-tomato-green-leaves-1517139575>

Εικόνα 2: <https://www.edengreen.com/tech>

Εικόνα 3: <https://foodgardening.mequoda.com/nutritional-facts/nutrition-facts-about-tomatoes/>

Εικόνα 4: <https://www.kipos-xanthis.gr/gr/el/proionta/tomataki-brioso/>

Εικόνα 5: <https://texturetechnologies.com/texture-analyzers/ta-xtplus-texture-analyzer>

Εικόνα 6: https://www.researchgate.net/figure/Representation-of-Texture-Profile-Analysis-Results-and-Calculation-of-TPA-terms-15_fig1_260301202

Εικόνα 7: <https://aqualab.com/en/products/aqualab-4te-water-activity-meter>

Εικόνα 8: <https://www.kern-sohn.com/shop/en/products/optical-instruments/ORA-80BB-B/>

Εικόνα 9: <https://www.dstech.com.my/products/chroma-meter-cr-400/>

Εικόνα 10: <https://www.binder-world.com/int-en/products/drying-and-heating/drying-and-heating-chambers>