

ΝΕΑ ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΤΡΕΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΣΕ ΧΑΜΗΛΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΚΑΤΩ ΤΟΥ ΟΡΙΟΥ ΑΝΤΟΧΗΣ

Φίλιππος Βερβερίδης^{1,2}, Κων/νος Βλαχονάσιος², και David R. Dilley²

¹Εργαστήριο Βιοχημείας & Βιοτεχνολογίας Φυτών, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, ΤΕΙ Κρήτης

²Laboratory of Postharvest Technology, Depart. of Horticulture, Michigan State University, East Lansing MI, USA

Περίληψη

Η δυνατότητα επιμήκυνσης της συντήρησης ευαίσθητων οπωροκηπευτικών ειδών δεν έπαυσε ποτέ να αποτελεί μία βασικότατη περιοχή έρευνας στο χώρο της μετασυλλεκτικής τεχνολογίας. Η από εμπορικής πλευράς χρήσιμη διάρκεια μετασυλλεκτικής ζωής περιορίζεται από το γεγονός ότι θα πρέπει τα ευαίσθητα αυτά είδη να αποθηκευτούν σε θερμοκρασίες πάνω από 10-12°C για να αποφευχθεί ο τραυματισμός τους, η αδυναμία ωρίμανσης και οι μικροβιακές προσβολές που επέρχονται σε θερμοκρασίες κάτω των ορίων αυτών. Την τελευταία δεκαετία γίνεται όλο και πιο ελκυστική η μέθοδος εφαρμογής υψηλών θερμοκρασιών (θερμικού στρες, heat shock), η οποία συμβάλλει στην αύξηση της αντοχής της τομάτας και άλλων ευαίσθητων καρπών, στον τραυματισμό τους λόγω χαμηλών θερμοκρασιών συντήρησης.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν οι άριστες συνθήκες εφαρμογής θερμικού στρες σε πράσινες τομάτες (*Lycopersicon esculentum*) φυσιολογικά ώριμες ποικιλίας cv Market Pride, που κυριαρχεί στην αγορά των Ηνωμένων Πολιτειών. Διαπιστώθηκε ότι η έκθεση των καρπών για 48 ώρες στους 42°C πριν από την αποθήκευσή τους στους 2°C ήταν ευεργετική και προστάτευσε τους καρπούς έως και 3 εβδομάδες από τον τραυματισμό

τους από τις χαμηλές θερμοκρασίες. Παράλληλα παρατηρήθηκε ομοιομορφία ωρίμανσης της τάξης του 90%. Η τέταρτη εβδομάδα συντήρησης στους 2°C έδωσε 50% μη τραυματισμένους εμπορεύσιμους καρπούς.

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής θα συζητηθούν, καθώς και η ανάλυση της βιολογικής προστασίας που παρέχει η εφαρμογή του θερμικού στρες έναντι της προστασίας των καρπών από τραυματισμό τους στις χαμηλές θερμοκρασίες κάτω του ορίου συντήρησής τους.

1. Εισαγωγή

Η Τεχνολογία της Θερμικής Μεταχείρισης (ΤΘΜ) είναι μία από τις σύγχρονες μεθοδολογίες με μακρά ιστορία τόσο πειραματική όσο και εμπορική όπως φαίνεται από τον Πίνακα 1. Πρόσφατα όμως ενόψει της αναγκαιότητας της μείωσης (αν όχι της πλήρους εξάλειψης) των χημικών ουσιών που σε πολλές περιπτώσεις αναγκάζει τη χρήση τους η αντιμετώπιση βιολογικών αδιεξόδων ιδιαίτερα στο χώρο της Μετασυλλεκτικής Τεχνολογίας, η ΤΘΜ αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον, εφόσον πρώτα από όλα προσφέρει απαλλαγή από τη χρήση χημικών ουσιών για την αντιμετώπιση είτε μετασυλλεκτικών ασθενειών ή και φυσιολογικών ανωμαλιών των οπωροκηπευτικών (Πίνακας 1Α, Β).

Η ΤΘΜ αποβλέπει ουσιαστικά στον έλεγχο της ωρίμανσης των καρπών (όπου έχει αξιοποιηθεί κυρίως), προκαλώντας μία αναστρέψιμη αναστολή της ωρίμανσης αλλά και της βιοσύνθεσης του αιθυλενίου. Οι κύριοι φυσιολογικοί παράγοντες στους οποίους επιδρά η ΤΘΜ αφορούν : α) Μεταβολή στην ταχύτητα Αναπνοής, β) Καθυστέρηση της ανάπτυξης του Χρώματος, γ) Επιβράδυνση του μαλακώματος της σάρκας, δ) Αύξηση στην αναλογία Σακχάρων/Οξέα και ε) Διαφοροποίηση στην Έκφραση γονιδίων (Kadyrzhanova et al., 1998).

Ένα από τα χαρακτηριστικά αποτελέσματα της ΤΘΜ είναι η ανθεκτικότητα την οποία αποκτούν ακόμα και ευαίσθητοι ιστοί οπωροκηπευτικών ειδών σε χαμηλές θερμοκρασίες ακόμα και κάτω του ορίου αντοχής τους. Αυτό το αποτέλεσμα επιτρέπει την συντήρηση των καρπών αυτών στις θερμοκρασίες αυτές για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα προσδίδοντας εμπορικά προφανή πλεονεκτήματα. Πως όμως η Θερμική Μεταχείριση/Καταπόνηση (Heat Shock) επάγει την αντίσταση των ιστών σε

τραυματισμούς από ψύξης (Chilling Injury); Διαπιστώθηκε ότι προκαλείται αρχικά στους ιστούς που υπόκεινται την ΤΘΜ, μία αντίδραση στην Θερμική Καταπόνηση η οδηγεί σε Ταχεία Μεταγραφή Γονιδίων Θερμικής Καταπόνησης, •Επαγωγή Σύνθεσης Πρωτεϊνών Θερμικής Καταπόνησης (HSP), •Μείωση της Σύνθεσης Φυσιολογικών πρωτεϊνών του κυττάρου. Με την επαναφορά σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας, σταματά η Σύνθεση των HSP και η Σύνθεση Φυσιολογικών πρωτεϊνών του κυττάρου επανέρχεται. Με τον τρόπο αυτό φαίνεται ότι δημιουργείται μία ανάπτυξη Θερμοανθεκτικότητας (Η ικανότητα ενός Οργανισμού να αντέχει σε Θανάσιμες θερμοκρασίες).

Πίνακας 1. Εξελίξεις στην χρήση της Τεχνολογία Θερμικής Μεταχείρισης κυρίως στις ΗΠΑ, σε εμπορικό επίπεδο που αφορά τον έλεγχο των μετασυλλεκτικών ασθενειών (Α), και σε ερευνητικό επίπεδο που αφορά τον έλεγχο των μετασυλλεκτικών φυσιολογικών ανωμαλιών Συντήρησης των καρπών (Β).

(Α)

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 1922 Χρήση Ζεστού Νερού αποτρέπει την αλλοίωση πορτοκαλιών. • 1929 Χρήση Θερμότητας ατμού για την απολύμανση πορτοκαλιών από εντομολογικές προσβολές. • 1936 Θερμική Μεταχείριση μειώνει CI στο Grapefruit. • 1960 Η Ανάπτυξη Μυκητοκτόνων & Εντομοκτόνων ελάττωσε το ενδιαφέρον για την Θερμική Μεταχείριση. • 1989 Περιορισμοί της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος ΗΠΑ (EPA) για την χρήση Αγροχημικών αναζωογονεί το ενδιαφέρον στην γρήση Θερμικής Μεταχείρισης. |
|---|

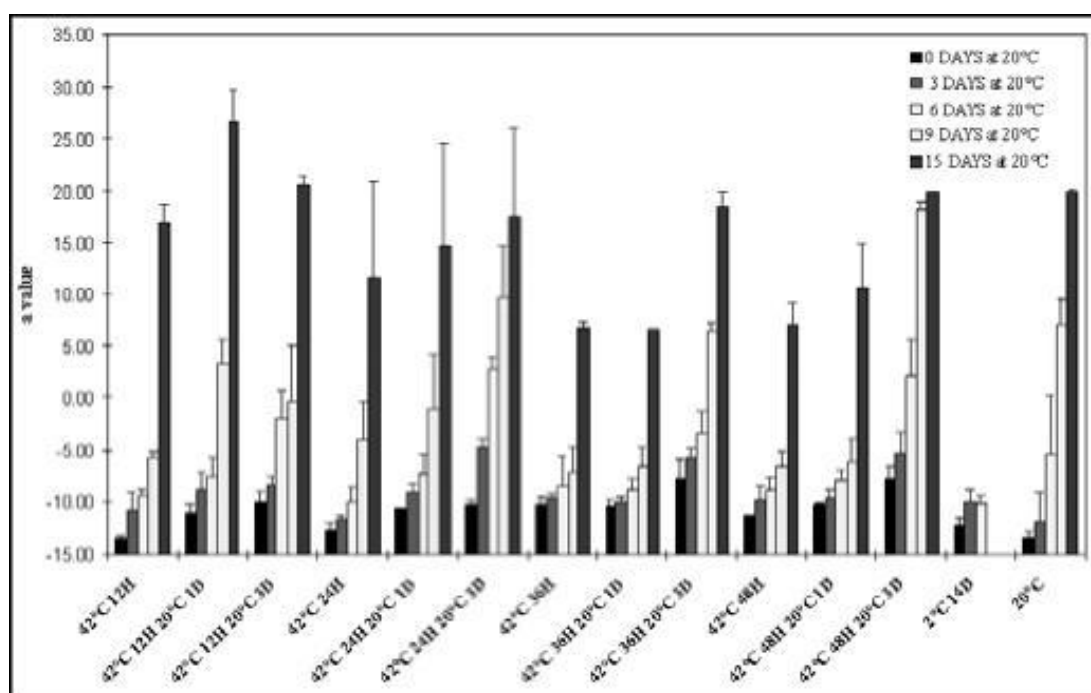
(Β)

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Αναστολή του Εσωτερικού καφετιάσματος (Internal Browning) στα Αχλάδια (Lurie 1998) • Αναστολή Επιφανειακού Εγκαύματος (Superficial Scald) στα Μήλα (Lurie 1998) |
|--|

Ο στόχος του συγκεκριμένου προγράμματος αφορούσε την ανάπτυξη και βελτιστοποίηση ενός εμπορικά εφαρμοσμένου πρωτοκόλλου Θερμικής Μεταχείρισης για την συντήρηση καρπών τομάτας σε χαμηλές θερμοκρασίες κάτω του συμβατικά επιτρεπτού ορίου αντοχής τους.

2. Υλικά και Μέθοδοι

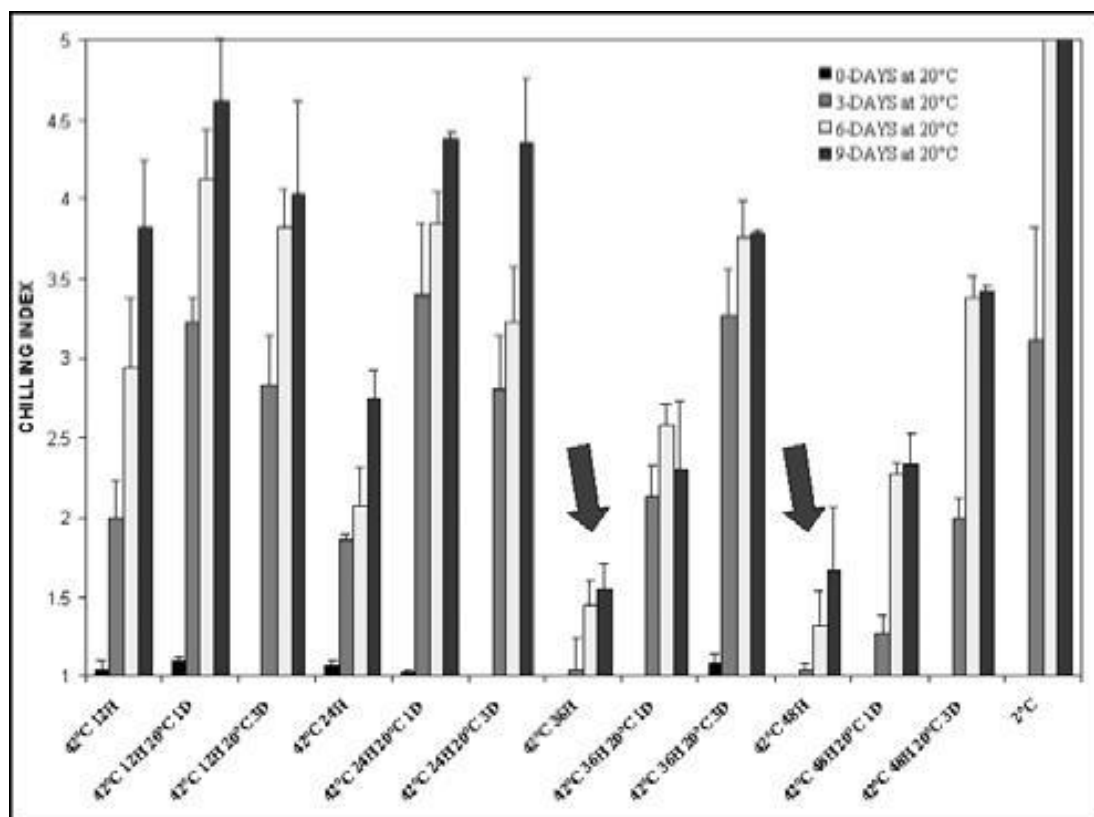
Όλες οι πειραματικές μεταχειρίσεις πραγματοποιήθηκαν στους εργαστηριακούς χώρους και θαλάμους του Πολιτειακού Παν/μίου του Michigan (Michigan State University, Dept of Horticulture, USA). Χρησιμοποιήθηκαν καρποί τομάτας ποικιλίας "Market mride" οι οποίες συγκομίσθηκαν από γειτονικό εμπορικό αγρό στο πράσινο στάδιο συλλεκτικής ωριμότητας και κατόπιν επιλέχθηκαν μόνον οι απόλυτα υγιείς καρποί που είχαν το ίδιο μέγεθος μεταξύ τους, για να μειωθούν οι συνθήκες παραλλακτικότητας του πειράματος. Οι επιλεγμένοι καρποί τοποθετήθηκαν σε αεριζόμενες ειδικές σακούλες 20 καρποί ανά σακούλα, ενώ 3 σακούλες (επαναλήψεις) αφορούσαν την κάθε πειραματική μεταχείριση. Κατόπιν οι καρποί υποβλήθηκαν σε θερμική καταπόνηση 38, 42 και 45 °C για 12, 24, 48 και 72 (μόνο για τους 38 °C).



Εικόνα 1. Η Επίδραση της Θερμικής μεταχείρισης και μετέπειτα παροδικής έκθεσης στους 20°C, στην Ανάπτυξη του Χρώματος Καρπών Τομάτας Συντηρημένων στους 2°C για 14 μέρες και κατά την διάρκεια Ωρίμανσης στους 20°C.

Μετά το πέρας της θερμικής καταπόνησης αμέσως όλοι οι καρποί των πειραματικών μεταχειρίσεων τοποθετήθηκαν για συντήρηση στους 2 °C αφού παρέμειναν στους 20°C για 0, 1 ή 3 ημέρες (Days). Περιοδικά κάθε εβδομάδα δείγμα 3 σακουλών (20 καρπών

η κάθε μία) αφαιρούνταν από τους 2⁰C και αφήνονταν στους 20⁰C για 7 ή 14 ημέρες οπότε και μετρήθηκαν τα Κριτήρια Ωριμότητας όπως α) Αντίσταση στην πίεση, β) Ανάπτυξη Χρώματος (MSU tomato color chart, or “a value” Chromatometer) και γ) Τραυματισμός Ψύξης CI (Chilling Injury, Chilling Index, κλίμακα 0 έως 5, βλ. Εικόνα 1). Σε όλες τις παραπάνω μετρήσεις ασκήθηκε στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και οι μέσοι όροι των επαναλήψεων συγκρίθηκαν μεταξύ τους με τη χρήση του στατιστικού σφάλματος (Standard Error Bars).

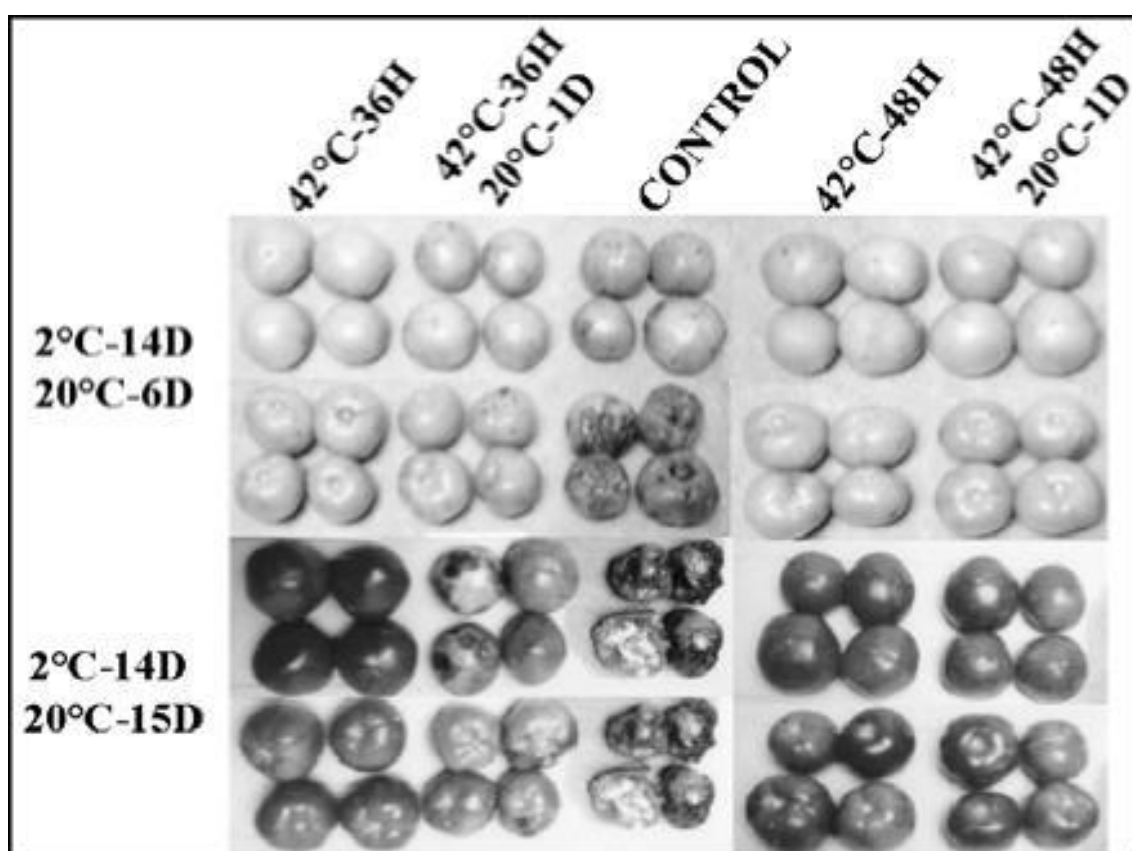


Εικόνα 2. Η Επίδραση της Θερμικής μεταχείρισης και μετέπειτα παροδικής έκθεσης στους 20⁰C, στο τραυματισμό ψύξης (Chilling Injury, CI) Καρπών Τομάτας Συντηρημένων στους 2⁰C για 14 μέρες και κατά την διάρκεια Ωρίμανσης στους 20⁰C.

3. Αποτελέσματα-Συζήτηση

Η θερμική καταπόνηση στις θερμοκρασίες των 38 και 45⁰C δεν απέδωσε τα αναμενόμενα αποτελέσματα όσον αφορά την ανάπτυξη του χρώματος, ενώ τα ποσοστά τραυματισμού από ψύξη ήταν πολύ υψηλά. Για το λόγο αυτό τα αποτελέσματα που

παρουσιάζονται αφορούν μόνο την καταπόνηση στους 42⁰C και δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην επίδραση που άσκησε η ενδιάμεση έκθεση των καρπών στους 20⁰C μετά την θερμική καταπόνηση τους και πριν την συντήρησή τους 2⁰C. Η Εικόνα 1 δείχνει την ανάπτυξη του χρώματος όταν οι τομάτες μεταφέρθηκαν στους 20⁰C για το αριθμό ημερών (Days) που υποδεικνύονται μετά από την επίδραση που άσκησε η θερμική καταπόνηση των 42⁰C και η μετέπειτα συντήρηση των καρπών στους 2⁰C. Με εξαίρεση τον μάρτυρα (συνεχής συντήρηση στους 2⁰C χωρίς Θερμική καταπόνηση) φαίνεται ότι η ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος σε όλες τις πειραματικές μεταχειρίσεις των 42⁰C υπήρξε ικανοποιητική.



Εικόνα 3. Η εμφάνιση καρπών τομάτας "Market Pride" μετά από την εφαρμογή Heat Shock 42⁰C για 36 ή 48 ώρες (H) με παρεμβολή 0 ή 1 ημέρας στους 20⁰C πριν την συντήρησή τους στους 20⁰C για 14 ημέρες (D) και μετέπειτα διατήρησή τους στο "ράφι" (20⁰C) για 6 ή 15 ημέρες.

Αντίθετα προς την ανάπτυξη του χρώματος, ο τραυματισμός των καρπών λόγω ψύξης (2⁰C) υπήρξε πολύ εντονότερος με μόνη εξαίρεση τις πειραματικές μεταχειρίσεις της θέρμανσης των 42⁰C διάρκειας είτε 48 ή 36 ωρών με άμεση μεταφορά τους στους 2⁰C

(δηλαδή 0 ημέρες ενδιάμεσα στους 20°C), όπως φαίνεται στην Εικόνα 2 όπου οι εν λόγω πειραματικές μεταχειρίσεις υποδεικνύονται με την χρήση βελών.

Η προστασία αυτή της θερμικής μεταχείρισης χάθηκε όταν οι καρποί τομάτας μεταφέρθηκαν παροδικά από τους 42°C στους 20°C για 1 ή 3 μέρες πριν την συντήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες 2°C ή 5°C, αν και το CI ήταν αρκετά μικρότερο σε έκταση από ότι ο μάρτυρας (Εικόνα 3).

Επιπρόσθετα, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η Θερμική μεταχείριση (ΘΜ) στους 42°C για 36 και 48 hrs μειώνει την εμφάνιση CI σε καρπούς τομάτας συντηρημένους στους 2°C έως 2 ή 3 εβδομάδες ανάλογα με το έτος εφαρμογής του πειράματος. Η Ωρίμανση των καρπών που είχαν υποστεί (ΘΜ) ήταν κανονική αλλά πλέον καθυστερημένη αυτής των καρπών του μάρτυρα.

Βιβλιογραφία

- Lurie S. 1998. Post-harvest heat treatments. *Postharvest Biology and Technology* 14(3):257-269
- Kadyrzhanova D.K., Vlachonasios K.E., Ververidis P. and Dilley D.R. 1998. Molecular cloning of a novel heat induced/chilling tolerance related cDNA in tomato fruit by use of mRNA differential display. *Plant mol. biol.*, 36 (6):885-895