

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών & Διαχείρισης Περιβάλλοντος



Τεχνολογικό  
Πανεπιστήμιο  
Κύπρου

## Μεταπτυχιακή διατριβή

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ 1-ΜΕΘΥΛΟΚΥΚΛΟΠΡΟΠΕΝΙΟΥ  
ΣΤΗ ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΡΠΙΩΝ ΛΕΜΟΝΙΑΣ  
(ΠΟΙΚ. ΛΑΠΗΘΟΥ) ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥΣ ΣΕ  
ΜΑΚΡΙΝΕΣ ΑΓΟΡΕΣ

Σισμανίδης Γεώργιος

Λεμεσός [2017]

## Περίληψη

Οι καρποί λεμονιάς αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα είδη των εσπεριδοειδών με υψηλή διατροφική αξία. Η λεμονιά, λόγω των κλιματικών συνθηκών που απαιτούνται για την ανάπτυξή της, καλλιεργείται σε συγκεκριμένα μέρη του κόσμου. Το γεγονός αυτό έχει ωθήσει το εμπόριο καρπών λεμονιάς σε παγκόσμια κλίμακα ώστε να καλυφθεί η μεγάλη ζήτηση της αγοράς. Οι καρποί συγκομίζονται όταν ο εξωτερικός φλοιός του καρπού είναι ακόμη πράσινος, αλλά ώριμος. Η πρακτική αυτή ακολουθείται από τους παραγωγούς για να εκμεταλλευτούν την έλλειψη λεμονιών στην αγορά και να αποκομίσουν υψηλότερο κέρδος από την πώλησή τους. Η ωριμότητα του εσωτερικού του καρπού δεν συμβαδίζει χρονικά με την αλλαγή χρώματος του εξωκαρπίου. Ωστόσο, οι καταναλωτές συσχετίζουν την ωριμότητα του καρπού με το χρώμα του εξωτερικού φλοιού, έχοντας την τάση να αγοράζουν λεμόνια με έντονο κίτρινο χρώμα. Για αυτό το λόγο αναπτύχθηκε από τη βιομηχανία εσπεριδοειδών η πρακτική του αποπρασινισμού, με τη χρήση του αιθυλενίου. Το αιθυλένιο επιταχύνει αποτελεσματικά την αλλαγή του χρώματος του εξωτερικού φλοιού του καρπού. Ωστόσο, η χρήση του μειώνει σημαντικά τη μετασυλλεκτική διάρκεια ζωής των καρπών, προάγει την γήρανση, καθιστά τους καρπούς περισσότερο ευαίσθητους στην ανάπτυξη μετασυλλεκτικών σήψεων και είναι υπεύθυνο για την ανάπτυξη φυσιολογικών διαταραχών. Η ανακάλυψη του 1-μεθυλοκυκλοπροπενίου (1-MCP), ουσία η οποία ανταγωνίζεται το αιθυλένιο ως προς τη πρόσδεση του στους αιθυλενικούς υποδοχείς μειώνοντας σημαντικά τη δράση του, θεωρήθηκε από την ερευνητική κοινότητα ως υποψήφια ουσία για την παρεμπόδιση των αρνητικών επιπτώσεων του αιθυλενίου στους καρπούς των εσπεριδοειδών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης του 1-MCP στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά καρπών λεμονιάς της ποικιλίας Λαπήθου κατά τη μεταφορά τους σε μακρινές αγορές, η καταγραφή των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών κατά τη μετασυλλεκτική τους ζωή στο ράφι (Shelf life) και η διαχείριση των επιπτώσεων του αποπρασινισμού, ύστερα από ψυχρή συντήρησή τους για 30 ημέρες. Η καινοτομία της παρούσας εργασίας έγκειται στο γεγονός ότι πραγματοποιήθηκε σε βιομηχανική κλίμακα κάτω από πραγματικές συνθήκες, προσπαθώντας να προσομοιάσει τις συνθήκες αποστολής των καρπών κατά τη μεταφορά τους σε μακρινές αγορές όπως η Κίνα και το Ηνωμένο Βασίλειο.

Οι καρποί συγκομίστηκαν στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας (Νοέμβριο 2016) φέροντας πράσινο χρώμα και στη συνέχεια ακολούθησε η διαδικασία του αποπρασινισμού των καρπών λεμονιάς. Οι καρποί μεταχειρίστηκαν με αιθυλένιο συγκέντρωσης  $2 \text{ mL L}^{-1}$  για 72 h σε θερμοκρασία  $23\text{-}25^\circ\text{C}$  και σχετική υγρασία 90-95%. Μετά από τη διαδικασία του αποπρασινισμού είχαμε πλήρως ή μερικώς κίτρινους καρπούς και πράσινους οι οποίοι δεν υποβλήθηκαν στη διαδικασία του αποπρασινισμού. Ακολούθησε η μεταχείριση των καρπών με 1-MCP, συγκέντρωσης  $900 \text{ mL L}^{-1}$  για 24 h στους  $6^\circ\text{C}$ . Στη συνέχεια οι καρποί πλύθηκαν, εμβαπτίστηκαν σε μυκητοκτόνο ουσία, κερι και τέλος έγινε η διαλογή τους, επιλέγοντας μόνο τους καλοσχηματισμένους. Οι καρποί διαχωρίστηκαν σε 12 ομάδες των 120 καρπών έχοντας αντιπροσωπευτικό και ομοιόμορφο μέγεθος. Έπειτα, οι καρποί συντηρήθηκαν στους  $2^\circ\text{C}$  ("μέτρο καραντίνας") και στους  $6^\circ\text{C}$  για 30 ημέρες. Μετά το πέρας της συντήρησης των καρπών μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου έγινε προσδιορισμός της χυμοπεριεκτικότητας των καρπών, την απώλεια βάρους, τα διαλυτά στερεά συστατικά (Δ.Σ.Σ.), η ογκομετρούμενη οξύτητα (Ο.Ο), ο δείκτης ωρίμανσης (Δ.Σ.Σ/Ο.Ο), ο τεχνολογικός δείκτης, οι χρωματικοί δείκτες  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  και  $h^*$ , ο προσδιορισμός της προσβολής των καρπών από σήψεις και της εμφάνισης συμπτωμάτων κρουτραυματισμού. Οι παραπάνω αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν την ημέρα εξαγωγής των καρπών από τη συντήρηση και επιπρόσθετα έπειτα από τη διατήρησή τους σε θερμοκρασία δωματίου ( $\sim 20^\circ\text{C}$ , Shelf life) για 7 ημέρες.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η δράση του 1-MCP σε καρπούς λεμονιάς της ποικιλίας Λαπήθου επηρεάζεται σημαντικά από τη χρήση κεριού και από το στάδιο ωριμότητας του καρπού. Ειδικότερα, παρατηρήθηκε ότι η χρήση του 1-MCP συνοδευόμενη από τη χρήση κεριού μπορεί να μειώσει το ρυθμό ωρίμανσης και γήρανσης των καρπών λεμονιάς. Αντίθετα, απουσία κεριού οδήγησε σε απουσία δράσης του 1-MCP ως προς τις παραμέτρους που αναλύθηκαν, κάτι που αναφέρεται εκτενώς στην βιβλιογραφία. Όσον αφορά το στάδιο ωριμότητας, οι πράσινοι καρποί που δεν υποβλήθηκαν στη διαδικασία του αποπρασινισμού αλλά μεταχειρίστηκαν με 1-MCP παρουσίασαν το αντίθετο αποτέλεσμα από τους κίτρινους καρπούς που υποβλήθηκαν στη διαδικασία του αποπρασινισμού, ως προς τις παραμέτρους που αναλύθηκαν. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι οι μεταχειρίσεις του 1-MCP με κερι διέφεραν σημαντικά από αυτών του μάρτυρα στους κίτρινους καρπούς την 7η ημέρα, παρουσιάζοντας χαμηλότερη χυμοπεριεκτικότητα ενώ ο ίδιος

συνδυασμός παρουσίασε μεγαλύτερη χυμοπεριεκτικότητα συγκριτικά με αυτών του μάρτυρα στους πράσινους καρπούς που συντηρήθηκαν στους 2°C και τις δυο ημέρες. Αντίθετα, παρατηρήθηκε απουσία δράσης του 1-MCP στους καρπούς που δεν μεταχειρίστηκαν με κερι, καθώς οι επεμβάσεις αυτές δεν διέφεραν σημαντικά από αυτών του μάρτυρα. Όσον αφορά την απώλεια βάρους των καρπών λεμονιάς, το 1-MCP δεν παρουσίασε σημαντική δράση καθώς οι μεταχειρίσεις του δεν διέφεραν από αυτών του μάρτυρα. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι η απώλεια βάρους επηρεάζεται κυρίως από τη χρήση κεριού και τη θερμοκρασία συντήρησης των καρπών και όχι από τη χρήση του 1-MCP.

Το 1-MCP δεν επηρέασε σημαντικά τη συγκέντρωση των διαλυτών στερεών συστατικών (Δ.Σ.Σ.), την ογκομετρούμενη οξύτητα (Ο.Ο.) και το δείκτη ωρίμανσης (RI), αντίθετα παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση ως προς τον τεχνολογικό δείκτη (TI). Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι η χρήση του 1-MCP όταν συνοδεύεται από κερι σε κίτρινους καρπούς οδηγεί σε μείωση του τεχνολογικού δείκτη (TI), διαφέροντας σημαντικά από τις μεταχειρίσεις του μάρτυρα έπειτα από την διατήρησή των καρπών σε θερμοκρασία δωματίου για 7 ημέρες. Η μείωση του τεχνολογικού δείκτη (TI) που παρατηρήθηκε στις μεταχειρίσεις 1-MCP με κερι εξηγείται από το γεγονός της μείωσης της χυμοπεριεκτικότητας που παρατηρείται στους ίδιους καρπούς. Ενώ οι μεταχειρίσεις του 1-MCP χωρίς κερι παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές του τεχνολογικού δείκτη (TI) από αυτούς του μάρτυρα, έπειτα από τη διατήρησή των καρπών σε θερμοκρασία δωματίου για 7 ημέρες. Επιπλέον, παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση του 1-MCP στους καρπούς λεμονιάς ως προς τους χρωματικούς δείκτες και την αλλαγή του χρώματος του εξωτερικού φλοιού του καρπού. Ειδικότερα, οι καρποί που μεταχειρίστηκαν με 1-MCP παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές των δεικτών L\*, a\* και h\* από τις μεταχειρίσεις του μάρτυρα και χαμηλότερες τιμές στους δείκτες b\* και C\*. Η δράση του 1-MCP, ως προς τους χρωματικούς δείκτες, ενισχύθηκε από τη χρήση του κεριού. Οι παρατηρήσεις αυτές καταδεικνύουν τη δράση του 1-MCP ως προς την διακοπή της διαδικασίας αλλαγής χρώματος του εξωτερικού φλοιού του καρπού, η οποία ρυθμίζεται από τη δράση του αιθυλενίου. Το γεγονός αυτό καθιστά τους καρπούς λιγότερο ελκυστικούς προς το καταναλωτικό κοινό που έχει την τάση να αγοράζει λεμόνια με έντονο κίτρινο χρώμα. Τέλος, το 1-MCP δεν κατάφερε να περιορίσει τις αρνητικές συνέπειες του αποπρασινισμού και των χαμηλών θερμοκρασιών, καθώς παρουσίασε ελαφρώς μεγαλύτερα ποσοστά προσβολής μετασυλλεκτικών σήψεων

και συμπτωμάτων κρυοτραυματισμού, χωρίς ωστόσο να μπορούμε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για το εάν το 1-MCP σχετίζεται με την ανάπτυξη αυτών των βιοτικών και αβιοτικών καταπονήσεων.

## Abstract

Lemons are one of the most important citrus fruit of high nutritional value. Lemon, due to the climatic conditions required for its growth, grown in specific parts of the world. The fact that has prompted the lemon trade to meet the high demand of the market. The fruits harvested when the outer part of the fruit is still green, but mature. This practice followed by producers, taking advantage of the lack of lemons on the market, for making more profit from their sale. The maturity of the fruit's interior does not keep pace with the color change of the outer part. However, consumers associate the maturity of the fruit with the color of the outer part, having the tendency to buy lemons with bright yellow color. In consequence, the citrus industry has developed the practice of degreening, using ethylene. The process of degreening is employed to promote external color development meeting the consumers' demands. Despite the commercial beneficial effect of ethylene on color development, its use significantly reduces the post-harvest life of the fruit, stimulating senescence and rendering fruit more susceptible to postharvest decay and peel disorders. The discovery of 1-methylcyclopropene (1-MCP), a substance that competes with ethylene for it is binding to ethylene receptors, significantly reduced its activity, was considered by the research community as a candidate for inhibiting the negative effects of ethylene on fruit citrus fruit.

The purpose of this work was to study the effect of 1-MCP in postharvest behavior of the lemon fruit (cv. Lapithos) during transport to distant markets, determine the quality characteristics of the fruit during shelf life and manage the negative effects of degreening, after cold storage of the fruits for 30 days. The novelty of this study lies in the fact that it took place on an industrial scale in real- life conditions, trying to simulate the fruit shipping conditions during transport to distant markets.

In the current study, the lemon fruits harvested at the stage of commercial maturity bearing green color and then followed the process of degreening. The fruit treated with ethylene  $2\text{mL L}^{-1}$  for 72 h at  $23\text{-}25^{\circ}\text{C}$ , and relative humidity 90-95%. After degreening process had fully or partially yellow fruits. Additionally, green fruits also used, which are not presented in the degreening process. Subsequently, fruit treated with 1-MCP  $900\mu\text{L L}^{-1}$  at  $6^{\circ}\text{C}$  for 24 h and afterwards the fruit washed, dipped in fungicide, wax and sorted, selecting only the well-

formed. Subsequently, fruits were stored at 2°C ("quarantine measure") and 6°C for 30 days. Finally, they divided into 12 treatments; each treatment unit included 120 lemons fruit having representative and uniform size. Fruit were analyzed for juice content, weight loss, soluble sugars content (SSC), titratable acidity (TA), ripeness index (RI), technological index (TI), color index, incidence of post-harvest decay and the appearance of chilling injury (CI) symptoms at harvest, after 30 days of cold storage and after maintenance at 20°C (shelf life) for a 7 days.

According to the experimental data, it was observed that the juice content increased significantly during the shelf life in all treatments. Furthermore, the yellow fruit that treated with 1-MCP and wax presented significantly lower juice content compared to those of control. Likewise, a significant increase in weight loss observed during the shelf life in all treatments. Nevertheless, the fruit treated with wax presented slightly lower weight loss than controls. The use of 1-MCP had not significant effect on weight loss since the 1-MCP treated fruit did not differ from control.

Data revealed that the SSC and TA of the fruit slightly increased during the shelf life because of its condensation due to weight loss. 1-MCP did not affect the SSC, TA and RI whereas 1-MCP- treated fruit presented lower TI values than control mostly due to decreased juice content they showed up. Furthermore, the most profound effect of 1-MCP observed in color index where the 1-MCP-treated fruit presented higher values of L\*, a\*, h\* and lower values of b\* and C\* compared to controls. As a result, it can be said therefore that the 1-MCP block both the chlorophyll destruction and carotenoid biosynthesis stopping the 'carry-over effect' of ethylene which continues shortly afterwards the process of degreening. The combination of 1-MCP and wax presented stronger effect in all color indexes. Finally, a few 1-MCP-treated fruit presented slightly higher percentage of post-harvest decay and CI symptoms. However, the fact that cannot be attributed confidently to the action of 1-MCP.

In summary, the use of 1-MCP did not show significant results in postharvest behavior of the lemon fruit. Specifically, 1-MCP-treated fruit presented decreased juice content and TI values whereas did not appear significant effect on weight loss, SSC, TA and RI. Additionally, the use of 1-MCP has led to less attractive fruit to consumers, who tend to buy lemons in bright yellow color, due to its action on color index. Moreover, it did not manage to restrict the negative effects

of degreening and the use of low temperature required as quarantine measurement, such as the postharvest decay and chilling injury.





