

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

6 - 8 Οκτωβρίου 2005



ΠΡΑΚΤΙΚΑ
ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΛΗΨΕΩΝ



ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ

Ε.Γ.Μ.Ε.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας (Ε.Γ.Μ.Ε.) διανύει τον 13^ο χρόνο ύπαρξής της. Ιδρύθηκε τον Ιούλιο του 1993 με έδρα την Αθήνα και είναι μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης Γεωργικών Μηχανικών (EurAgEng). Η επωνυμία της αποδίδεται στην αγγλική ως “Hellenic Society of Agricultural Engineers” (HelAgEng). Τα τακτικά μέλη της υπερβαίνουν τα 100.

Το παρόν τεύχος των πρακτικών περιέχει 87 επιστημονικές ανακοινώσεις που παρουσιάστηκαν στο 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, το οποίο έλαβε χώρα στην Αθήνα στις 6 και 7 Οκτωβρίου 2005. Για την κρίση των εργασιών αυτών τόσο για ανακοίνωση όσο και για δημοσίευση στα Πρακτικά, εργάστηκαν μέλη της Επιστημονικής Επιτροπής καθώς και άλλοι ειδικοί επιστήμονες. Το συνέδριο οργανώθηκε υπό την αιγίδα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Το Συνέδριο δίνει την ευκαιρία στο Επιστημονικό δυναμικό της χώρας μας να παρουσιάσει την Επιστημονική πρόοδο και τις νέες μεθόδους προσέγγισης που αφορούν τη διαχείριση των εδαφικών και υδάτινων πόρων, τα γεωργικά μηχανήματα, τις αγροτικές κατασκευές, τη συντήρηση και επεξεργασία των γεωργικών προϊόντων, την ενέργεια και ειδικά τις ανανεώσιμες πηγές της, νέες τεχνολογίες και ως επιστέγασμα όλων το περιβάλλον. Απευθύνεται σε πτυχιούχους θετικών επιστημών, οι οποίοι είτε λόγω μεταπτυχιακής εκπαίδευσης, είτε λόγω μακράς ενασχόλησης απέκτησαν γνώσεις και εμπειρία σε ένα ή περισσότερα από τα παραπάνω γνωστικά αντικείμενα.

Η συζήτηση και τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από το Συνέδριο πιστεύουμε ότι θα εδραιώσουν το ρόλο του Γεωργικού Μηχανικού στη χώρα μας. Εκφράζονται θερμές ευχαριστίες προς τα μέλη της Οργανωτικής και της Επιστημονικής Επιτροπής του συνεδρίου, τους συγγραφείς και τους κριτές των εργασιών που αφιέρωσαν πολύτιμο χρόνο για την επιστημονικά αρτιότερη εμφάνιση του συνεδρίου.

Προς την Πρυτανεία του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών καθώς και τους άλλους χορηγούς και εκθέτες απευθύνονται ειλικρινείς ευχαριστίες για την οικονομική ενίσχυση που προσέφεραν ώστε να πραγματοποιηθεί με επιτυχία το παρόν συνέδριο.

Αθήνα, Οκτώβριος 2005

Καθηγητής Γρηγ. Π. Λαμπρινός

Πρόεδρος Οργανωτικής Επιτροπής

Οργανωτική Επιτροπή

Γρ. Λαμπρινός Πρόεδρος Ε.Γ.Μ.Ε.
Γ. Παπαδάκης Γεν. Γραμματέας Ε.Γ.Μ.Ε.
Λ. Γερονικολού Ταμίας Ε.Γ.Μ.Ε.
Γ. Κυριακαράκος Μέλος Ε.Γ.Μ.Ε.
Γ. Παπαγεωργίου Μέλος Ε.Γ.Μ.Ε.
Γ. Ξανθόπουλος Μέλος Ε.Γ.Μ.Ε.

Επιστημονική Επιτροπή

Αγγελίδης Σ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Ακριτίδης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Αναστασιάδου-Παρθενίου Ε., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Π.Θ.
Αρβανίτης Κ. Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Ασημακόπουλος Ι., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Βαλιάντζας Ι., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Βάλμης Σ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Γέμτος Θ., Καθηγητής Π.Θ.
Γεωργακάκης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Κερκίδης Π., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.
Κόλλια Β., Καθηγήτρια Γ.Π.Α.
Κοσμάς Κ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Κυρίτσης Σ., Ομ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Λιακατάς Α. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Μαρτζόπουλος Γ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μαυρογιαννόπουλος Γ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπριασούλης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Παναγάκης Π. Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παπαδάκης Γ. Αν. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παρισόπουλος Γ., Δ/ντης Ι.Γ.Ε.Μ.Κ., ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε.
Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.
Συγριμής Ν., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Τζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τσατσarellaς Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Φραγκουδάκης Α. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Χαϊντούτη Κ., Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

Ευχαριστίες

Η Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος εκφράζει τις θερμές της ευχαριστίες της στους πενήντα περίπου συναδέλφους που ανέλαβαν το δύσκολο και όχι τόσο ευχάριστο έργο της κρίσης και διόρθωσης των Επιστημονικών Εργασιών του Συνεδρίου, μέσα στο κατακαλόκαιρο θυσιάζοντας πολύτιμο χρόνο και από τις διακοπές τους.

Γρ. Λαμπρινός
Πρόεδρος ΕΓΜΕ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΣΗΓΗΤΩΝ

Blackmore S. Griepentrog H. Kurstjens D. Mohamed E. Mueller J. Pedersen S. Vahdati M. Wembe-Foba-Kue F.F. Αγγελίνας Π. Αγγελοπούλου Α. Ακριτίδης Κ. Αλεξάνδρου Α. Αλεξίου Ι. Αμπατζίδης Γ. Αναστασιάδου-Παρθενίου Ε. Αναστασίου Α. Αντωνόπουλος Β. Αραβαντινός Ε. Αρβανίτης Κ. Αργυροκαστρίτης Ι. Αργυροπούλου Κ. Αρχοντούλης Σ. Ασημακόπουλος Α. Βαβουλίδου Ε. Βαλιάντζας Ι. Βάλμης Σ. Βαρλάγκας Η. Βασιλάρου Α. Βαφειάδης Δ. Βελιώτης Ι. Βουγιούκας Σ. Γέμτος Θ. Γερωνικολού Λ. Γεωργακάκης Δ. Γεωργακόπουλος Γ. Γεωργίου Π. Γεωργούσης Χ. Γιαλαμάς Θ. Γιαννόπουλος Σ. Γιαννοπούλου Ι. Γιαννούλας Β. Γκαγκάκη Α. Γκούμας Κ. Γράβαλος Ι. Δαναλάτος Ν. Δεδούσης Α. Δέρκας Ν. Δημητριάδης Α. Δημοπούλου Κ. Διαμαντοπούλου Μ. Δουλγέρης Χ. Δραγοΐδου Κ. Δρόσος Β. Ελμαλόγλου Σ.	Ζαβάκος Γ. Ζαλίδης Γ. Ζήσης Θ. Ζουμπανιώτης Α. Θεοχάρης Μ. Ιωσηφίδης Α. Καβαλάρης Χ. Καλαβρουζιώτης Ι. Καλαμπίδης Δ. Καλλιτσάρη Χ. Καλύβας Δ. Καλφούντζος Δ. Καραγιάννης Ε. Καραγιάννης Κ. Καραμούτης Χ. Καραντούνιας Γ. Καραρίζος Π. Κάργας Γ. Κατέρης Δ. Κατσούλας Ν. Καυγά Α. Κερκίδης Π. Κίττας Κ. Κλάδης Γ. Κόκκορα Μ. Κόκκορας Ι. Κόλλια Β. Κουκλίδης Χ. Κούρτης Α. Κουτσοφίτης Ζ. Κουφάκη Α. Κρικοριάν Α. Κυριακαράκος Γ. Κυριακίδης Ν. Κυρίτσης Σ. Κωτσόπουλος Θ. Κωτσόπουλος Σ. Λαμνάτου Χ. Λαμπρινός Γ. Λάμπρου Δ. Λόντρα Π. Λύχνος Γ. Μαθιουλάκης Ε. Μαλάμος Ν. Μαλέτσικα Π. Μανώλης Κ. Μανωλοπούλου Ε. Μαρίτσα Ι. Μαρτζόπουλος Γ. Μητρόπουλος Δ. Μισοπολινός Ν. Μπαλτάς Ε. Μπαμπατζιμόπουλος Χ. Μπαμπίλης Δ. Μπαντή Μ.	Μπαρτζάνας Θ. Μπελεσιώτης Β. Μπουροδήμος Γ. Μπόχτης Δ. Μπριασούλης Δ. Μυγδάκος Ε. Νάνος Γ. Νάτσης Α. Νικήτα- Μαρτζοπούλου Χ. Νικολαΐδης Χ. Ντιούδης Π. Ξανθόπουλος Γ. Ξένος – Κοκολέτσης Π. Οικονόμου Ν. Σούλης Κ. Πανώρας Α. Παπαγιαννοπούλου Α. Παπαδάκης Γ. Παπαθανασίου Ι. Παπαϊωάννου Χ. Παπαμιχαήλ Δ. Παρισόπουλος Γ. Παστρωμάς Γ. Πατεράκη Π. Ράππος Ε. Ράπτης Ι. Ρήγκου Μ. Ροζάκης Σ. Σάββας Δ. Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη Μ. Σακκάς Χ. Σαπουνάς Α. Σεραφείμ Γ. Σερσελούδης Χ. Σιώμος Α. Σουλιώτης Μ. Σταυρινός Ε. Συγριμής Ν. Συκιώτης Ι. Ταμβακίδης Σ. Τερζίδης Γ. Τζιμόπουλος Χ. Τριαντακωνσταντής Δ. Τρυπαναγνωστόπουλος Ι. Τσάκαλος Α. Τσατσαρέλης Κ. Τσιτσιπής Ι. Φασουλή Β. Φιλίντας Α. Φουντάς Σ. Χαλούλης Ι. Χατζής Ε. Χατζησπύρογλου Ι. Χριστοπούλου Ν.
--	--	--

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΦΥΓΡΑΝΣΗ	
Θ. Μπαρτζάνας, Κ. Κίττας.....	1
ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ FRESNEL	
Μ. Σουλιώτης, Ι. Τρυπαναγνωστόπουλος, Α. Καυγά.....	10
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΔΙΧΤΥΩΝ ΕΝΤΟΜΟΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΡΥΘΜΟ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ	
Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας, Θ. Μπαρτζάνας.....	19
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΧΑΜΗΛΩΝ ΤΟΥΝΕΛ ΜΕ ΒΙΟΔΙΑΣΠΩΜΕΝΑ ΦΥΛΛΑ ΚΑΛΥΨΗΣ	
Δημήτρης Μπριασούλης.....	28
ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ	
Νικόλαος Κατσούλας, Κωνσταντίνος Κίττας.....	38
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ: ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΥΡΒΗΣ.	
Α. Σαπουνάς, Θ. Μπαρτζάνας, Χ. Νικήτα – Μαρτζοπούλου, Κ. Κίττας.....	48
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΟΛΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	
Ν. Οικονόμου, Γρ. Λαμπρινός.....	57
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΡΠΩΝ ΤΟΜΑΤΑΣ	
Π. Μαλέτσικα, Χ. Παπαϊωάννου, Α. Σιώμος, Κ. Κίττας.....	65

ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ

I. Γράβαλος, I. Ράπτης, Δ. Κατέρης, I. Βελιώτης, Γ. Σεραφείμ.....	71
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	
Θ.Α. Γιαλαμάς, I.Γ. Γράβαλος, Α.Θ. Φιλίντας, Ζ.Ι.Κουτσοφίτης.....	80
ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΥΤΟ-ΟΔΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ	
Σ. Φουντάς, S. Pedersen, S. Blackmore, Θ. Γέμτος.....	89
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ Ν. ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑΣ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	
Γ. Παστρωμάς, I. Καλαβρουζιώτης, Α.Νάτσης.....	98
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	
Χ. Καβαλάρης, Ε. Μυγδάκος, Θ.Α. Γέμτος.....	107
ΕΠΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΕΔΑΦΟΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
I. Παπαθανασίου, Χρ. Καραμούτης, Θ.Α. Γέμτος.....	116
ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΕΝΤΕ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ	
Α. Αγγελοπούλου, Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Ε. Βαβουλίδου, Θ. Γέμτος.....	125
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΑΠΛΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΕΜΟΘΡΑΥΣΤΩΝ	
Γεώργιος Α. Καραντούνιας, Γεώργιος Δ. Κυριακαράκος.....	134
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗ ΖΩΝΗ ΤΗΣ ΣΠΟΡΟΚΛΙΝΗΣ	
Χ. Καβαλάρης, Α. Αλεξάνδρου, Θ.Α. Γέμτος.....	142
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ	
Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Δ. Παπαμιχαήλ, Θ.Α. Γέμτος.....	151
Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΚΜΗΧΑΝΙΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΜΠΕΛΩΝΑ ΣΤΟ ΔΕΙΚΤΗ Β ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	
Κρικοριάν Α., Νάτσης Α, Αργυροκαστρίτης I ,Βάλμης Σ.....	159
ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΜΕ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	
Α.Π. Δεδούσης, D. Kurstjens, J. Mueller.....	167
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	

ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΛΩΡΙΔΕΣ ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ	
Θ.Α. Γέμτος, Χρ. Καβαλάρης, Χρ. Καραμούτης.....	176
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΗΣ ΤΩΝ ΦΘΑΡΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	
Ι. Γράβαλος, Θ. Γιαλαμάς, Ι. Ράπτης, Δ. Κατέρης.....	185

ΕΝΟΤΗΤΑ 3: ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΟΙΡΟΣΤΑΣΙΩΝ	
Ταμβακίδης Στέλιος, Κουκλίδης Χαράλαμπος, Μαρτζόπουλος Γεράσιμος.....	194
ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΜΕ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ CO ₂	
Βαφειάδης Δ., Κωτσόπουλος Θ., Νικήτα- Μαρτζοπούλου Χ.....	203
ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΑΠΟΣΤΑΚΤΗΡΩΝ	
Χρυσοβαλάντου Λαμνάτου, Γεώργιος Παπαδάκης, Στυλιανός Ροζάκης.....	211
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΤΟΥ Η ₂ ΩΣ ΜΕΣΟ ΕΠΟΧΙΑΚΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	
Γ. Κυριακαράκος, Γ. Παπαδάκης.....	220
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΟΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΤΕΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ	
Essam Sh. Mohamed, Γ. Παπαδάκης, Ε. Μαθιουλάκης, Β. Μπελεσιώτης.....	231
ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΑΠΟ ΛΥΜΑΤΑ ΑΓΕΛΑΔΩΝ	
Κωτσόπουλος Θ., Βαφειάδης Δ., Μαρτζόπουλος Γ.....	240
ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΥΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕΣΩ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ-ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	
Γ. Κυριακαράκος, Γ. Παπαδάκης.....	248
ΝΕΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ	
Λουκία Γερονικολού, Σπύρος Κυρίτσης.....	258
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΛΑΔΙΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	
Λ. Γερονικολού, Ν. Δαναλάτος, Σ. Αρχοντούλης, Γ. Παπαδάκης.....	268
ΑΠΟΣΤΑΞΗ ΜΕ ΜΕΜΒΡΑΝΗ	
Γ. Λύχνος, Γ. Λαμπρινός, Μ. Μ. Vahdati.....	279
Ο ΝΟΜΟΣ 3175/2003 ΩΣ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	

A. Στοϊμενίδης, Γ. Μαρτζόπουλος.....	289
--------------------------------------	-----

ΕΝΟΤΗΤΑ 4: ΕΚΜΗΧΑΝΙΣΗ- ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ - ΑΣΦΑΛΕΙΑ

ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ-ΝΕΕΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΜΙΑ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	
A. Παπαγιαννοπούλου, Χ. Σακκάς, Γ. Κλάδης, Γ. Παρισόπουλος.....	296
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ 6 ΤΟΥ ΟΕCD ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΔΑΣΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ	
A. Ζουμπανιώτης, Α. Νάτσης, Γ. Παπαδάκης, Χ. Σερσελούδης.....	305
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	
Θ.Α. Γιαλαμάς, Ι.Α. Χαλούλης, Ζ.Ι. Κουτσοφίτης, Α.Θ. Φιλίντας, Κ.Α. Τσατσαρέλης, Α.Η. Τσάκαλος, Κ.Η. Μανώλης.....	318
ΨΕΚΑΣΤΙΚΑ: ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ	327
Νικολαΐδης Χ.Π., Θ.Α. Γέμτος, Ι.Α. Τσιτσιπής.....	
ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΤΙΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΧΩΡΕΣ – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ & ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	
Χ. Σακκάς, Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος.....	336
ΤΟ ΓΕΩΡΓΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΑΙ Η ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ	
Γ. Γεωργακόπουλος.....	346
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙΝΟΥΡΓΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	
Γ. Μπουροδήμος, Α. Παπαγιαννοπούλου, Π. Αγγελίνας, Χ. Σακκάς, Γ. Παρισόπουλος.....	350

ΕΝΟΤΗΤΑ 5: ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ ΤΗΣ ΔΑΔΙΑΣ ΕΒΡΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ Γ.Π.Σ.	
Δ. Π. Τριαντακωνσταντής, Β. Ι. Κόλλια, Δ. Π. Καλύβας.....	359
ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΣΜΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΠΤΗΝΟΤΡΟΦΕΙΩΝ ΑΥΓΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	
Κ. Αργυροπούλου, Νικολ. Χριστοπούλου, F.F. Wembe-Foba-Kue, Δ. Γεωργακάκης.....	369
Η ΕΚΠΛΥΣΗ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ Π. ΣΤΡΥΜΩΝΑ- ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ	
Ε. Σταυρινός.....	380
Ο ΤΑΡΑΤΣΟΚΗΠΟΣ ΩΣ ΜΕΣΟΝ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	
Δ. Ι. Μπαμπίλης, Π. Λόντρα.....	388
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ G.P.S. ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ	
Καραγιάννης Ευάγγελος, Καραρίζος Πλούταρχος, Δρόσος Βασίλειος, Γιαννούλας Βασίλειος.....	394
ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΜΗΛΩΝ	
Ε. Ράππος, Α. Αγγελοπούλου, Ι. Παπαθανασίου, Θ.Α. Γέμτος, Γ. Νάνος.....	403
ΑΚΡΙΒΗΣ ΚΑΙ ΑΔΙΑΛΕΙΠΤΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΦΙΛΤΡΟΥ KALMAN	
Αμπατζίδης Γ., Βουγιούκας Σ., Blackmore B.S.....	412
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ	
Καραρίζος Πλούταρχος, Καραγιάννης Ευάγγελος, Δρόσος Βασίλειος, Γιαννούλας Βασίλειος.....	421
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ ΜΕΣΑ ΣΕ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ - ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΔΡΟΜΩΝ	
Βασίλειος Κ. Δρόσος, Βασίλειος Ι. Γιαννούλας, Ευάγγελος Α. Καραγιάννης, Πλούταρχος Β. Καραρίζος.....	429
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	
Βουγιούκας, Σ., Blackmore, Σ., Griepentrog, H., Φουντάς, Σ.....	438
ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΑ	
Ευάγγελος Μπαλτάς.....	447
HORTIMED-DSS ΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	
Α. Αναστασίου, Δ. Σάββας, Κ.Αρβανίτης, Ν. Συγριμής.....	457
ΠΟΛΥΠΡΑΚΤΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ	

Δ. Λάμπρου, Α. Αναστασίου, Η. Βαρλάγκας, Κ. Αρβανίτης, Ν. Συγριμής.....	467
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΛΛΑΓΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΣΕ ΕΝΑ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΟ Γ.Π.Σ.	
Δ. Π. Τριαντακωνσταντής, Β. Ι. Κόλλια, Δ. Π. Καλύβας.....	476

ΕΝΟΤΗΤΑ 6:

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΈΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑ ΣΕ ΕΙΣΟΔΟ ΞΗΡΑΝΤΗΡΑ	
Δ. Μπόχτης, Σ. Βουγιούκας, Κ. Ακριτίδης.....	489
ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΑΣΦΑΛΟΥΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΕΚΛΥΟΜΕΝΟ CO ₂ , ΜΗΛΩΝ ΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΘΗΚΑΝ ΣΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ	
Δ. Μητρόπουλος, Γρ. Λαμπρινός.....	499
ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΟΥ ΑΜΥΛΟΥ ΣΕ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΑΚΧΑΡΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΗΛΩΝ DELICIOUS PILAFA.	
Δ. Μητρόπουλος, Ε. Μανωλοπούλου, Γρ. Λαμπρινός.....	508
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΟΜΜΕΝΟΥ ΕΤΟΙΜΟΥ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	
Ι. Μαρίτσα, Ε. Μανωλοπούλου, Γ. Λαμπρινός.....	516
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΗΛΩΝ DELICIOUS PILAFA ΚΑΙ GRANNY SMITH ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥΣ.	
Δ. Μητρόπουλος, Γρ. Λαμπρινός, Ε. Αραβαντινός.....	526
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΣΥΚΩΝ ΣΕ ΜΟΝΗ ΣΤΡΩΣΗ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	
Γ. Ξανθόπουλος, Ν. Οικονόμου, Ε. Μανωλοπούλου, Γρ. Λαμπρινός.....	535
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΜΩΛΩΠΙΣΜΟ ΤΡΙΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΜΗΛΩΝ	545
Χ. Παπαϊωάννου, Μ. Κόκκορα, Π. Ντιούδης, Ι. Κόκκορας.....	
ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΧΛΩΡΙΟΥΧΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ ΣΕ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΗ ΜΕ ΨΥΞΗ ΠΙΠΕΡΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ	
Α. Κουφάκη, Ε. Μανωλοπούλου.....	552
Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΙ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΜΑΝΤΑΡΙΝΙΟΥ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ “ENCORE”	
Γ. Λύχκος, Γ. Λαμπρινός, Ε. Μανωλοπούλου, Ι. Συκιώτης.....	561
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ	

ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗΤΗ ΞΗΡΑΝΣΗ ΣΥΚΩΝ	
N. Οικονόμου, Γ. Ξανθόπουλος, Γρ. Λαμπρινός.....	571
ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	
Ε. Χατζής, Γ. Ξανθόπουλος, Γρ. Λαμπρινός, Α. Κούρτης.....	580
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΥ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΥ ΑΤΜΟΥ	
Αυγερινός Ν. Δημητριάδης.....	588
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΛΕΜΟΝΙΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ “ΜΑΓΛΗΝΟ”	
Α.-Μ. Βασιλάρου, Ε. Μανωλοπούλου, Γ. Λαμπρινός.....	598
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΟΛΥΔΥΝΑΜΟΥ ΨΥΓΕΙΟΥ	
Ε. Χατζής, Π. Ξένος – Κοκολέτσης, Γρ. Λαμπρινός.....	606
ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΡΕΠΤΟΥ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ	
Μ. Ρήγκου, Δ. Μητρόπουλος, Π. Πατεράκη, Γ. Λαμπρινός.....	614

ΕΝΟΤΗΤΑ 7^η ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΟΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΕ ΕΠΙΚΛΙΝΗ ΕΔΑΦΗ	
Ι.Δ.Βαλιάντζας, Α.Ασημακόπουλος, Ν.Δέρκας, Κ.Σούλης.....	624
ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	
Μ. Θεοχάρης, Χ. Τζιμόπουλος, Σ. Γιαννόπουλος, Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη.....	640
ΑΡΔΕΥΣΗ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΤΑΓΟΝΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΝΕΡΟΥ	
Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Κ. Δημοπούλου	650
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ.	
Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Κ. Δημοπούλου	658
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΟΜΩΝ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΚΛΥΣΗ ΕΔΑΦΩΝ	
Κάργας Γ., Αργυροκαστρίτης Ι., Π. Κερκίδης.....	667
ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΛΙΒΑΔΙΟΥ Ν. ΛΑΡΙΣΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	
Δ. Καλφούντζος, Γ. Ζαβάκος, Ι. Καλαβρουζιώτης, Ι. Αλεξίου, Σ. Κωτσόπουλος , Κ. Γκούμας, Κ. Δραγοΐδου.....	677
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΤΟΥ ΜΕΤΩΠΙΟΥ ΔΙΑΒΡΟΧΗΣ ΥΠΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΗΓΗ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ, ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΣ ΥΠΟΨΗ ΤΗΝ ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΠΝΟΗ	
Νικόλαος Μαλάμος, Σταμάτης Ελμαλόγλου.....	687
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΣΥΛΛΟΓΙΚΩΝ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ-ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ ΠΗΝΕΙΟΥ ΗΛΕΙΑΣ	
Αικ. Γκαγκάκη, Ν.Δέρκας, Γ.Καραντούνιας.....	700
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	
Χ. Καλλιτσάρη, Χ. Γεωργούσης, Χ. Μπαμπατζιμόπουλος, Α.Πανώρας, Δ.Καλαμπίδης.....	711
ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΡΟΕΛΑΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΛΩΡΙΔΕΣ	
Ιωάννης Ι. Χατζησπύρογλου, Ευαγγελία Αναστασιάδου-Παρθενίου.....	721
ΡΗΤΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΖΥΓΩΝ ΒΑΘΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΑΛΜΑΤΟΣ ΣΕ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ	
Γεώργιος Α. Τερζίδης, Μαρία Δ. Μπαντή.....	731
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΒΟΛΒΗΣ	
Ι. Γιαννοπούλου, Δ. Παπαμιχαήλ, Β. Αντωνόπουλος.....	740
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΟΛΥΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΗΣ Β. ΕΛΛΑΔΑΣ	

Μαρία Ι. Διαμαντοπούλου, Βασίλειος Ζ. Αντωνόπουλος.....	750
ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΟΥ ΚΑΘΕΣΤΩΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΣΤΑ ΥΔΑΤΙΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΟΣ	
Κυριακίδης Ι.Ν., Γ. Ζαλίδης, Β. Ζ. Αντωνόπουλος, Ν. Μισοπολινός.....	760
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΙΑΙΩΝ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΘΕΙΣΑΣ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΔΙΧΜΗΣ ΜΙΑΣ ΡΑΓΔΑΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ	
Π. Ε. Γεωργίου, Δ. Μ. Παπαμιχαήλ, Δ. Ν. Καραμούζης.....	773
ΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΠΙΣΥΜΒΑΣΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΑΛΥΣΙΔΩΝ MARKOV	
Π. Ε. Γεωργίου, Δ. Μ. Παπαμιχαήλ.....	782
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΡΙΟΥ ΕΚΡΟΗΣ ΤΟΥ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ	
Χ. Δουλγέρης, Θ. Ζήσης.....	792
ΕΝΔΟΔΑΣΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΣΕ ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΑ ΕΔΑΦΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ	
Καραγιάννης Κωνσταντίνος.....	801
ΤΟ ΥΣΤΕΡΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ PARLANGE . ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ	
Κάργας Γ., Φασουλή Β., Κερκίδης Π., Ι. Αργυροκαστρίτης.....	810

ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑ ΣΕ ΕΙΣΟΔΟ ΞΗΡΑΝΤΗΡΑ

Δ. Μπόχτης, Σ. Βουγιούκας και Κ. Ακριτίδης

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Γεωπονική Σχολή,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124 Θεσσαλονίκη, θυρίδα 275.
Τηλ. 2310998721, Φαξ. 2310998729, email: dionmpo@agro.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται σύστημα ελέγχου υψηλής ακρίβειας της θερμοκρασίας του αέρα εισόδου σε εγκατεστημένο πειραματικό ξηραντήριο. Αντί του «κλασικού» ελέγχου θερμοκρασίας όπου η παρεχόμενη ισχύς στο σύστημα είναι αναλογικό μέγεθος, επιχειρήθηκε ένας πιο οικονομικός έλεγχος με την παρεχόμενη ισχύ να είναι διακριτοποιημένο μέγεθος. Πριν την πειραματική υλοποίηση του έγινε ακριβής θεωρητική μελέτη μέσω προσομοίωσης, καθώς και σύγκρισή με άλλα υπάρχοντα συστήματα αυτομάτου ελέγχου. Με βάση τα θεωρητικά αποτελέσματα και με την επιτόπου ρύθμιση παραμέτρων το μέσο σφάλμα σταθερής κατάστασης κατά την λειτουργία του συστήματος βρέθηκε αρκετά ικανοποιητικό της τάξης του 0,25%.

Λέξεις κλειδιά: αυτόματος έλεγχος, ξήρανση, θερμοδυναμικό σύστημα

DIGITAL CONTROL OF INLET AIR TEMPERATURE IN AN EXPERIMENTAL DRYING SYSTEM

D. Bochtis, S. Vougioukas, C. Akritidis

Aristotle University of Thessaloniki, Dept. of Agricultural Engineering
54124 Thessaloniki, Greece, Box 275, email: dionmpo@agro.auth.gr

ABSTRACT

In this paper, the design and implementation of a high-precision digital controller for the inlet air temperature in an experimental drying system is presented. Instead of the classic approach where the supplied power is an analog quantity, we attempted a more economical control approach with discrete supplied power. A complete modeling of the dryer is performed and theoretical analysis via simulation is done to compare the proposed and other existing control systems. The dryer was identified and the controller was implemented and tuned for the specific application. The experimentally verified steady-state error of the step response was found to be very good, in the order of 0.25%.

Keywords: control system, drying system, thermodynamic system

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δεδομένης της σπουδαιότητας του αποτελέσματος της ξήρανσης τόσο στη διάθεση όσο και στη συντήρηση ενός γεωργικού προϊόντος καθώς επίσης και του ότι η διαδικασία της ξήρανσης είναι το τελευταίο στάδιο μιας παραγωγικής διαδικασίας που πλέον πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της γεωργίας ακριβείας, απαιτείται ακριβής προσδιορισμός αρχικά των παραμέτρων που επηρεάζουν τη ξήρανση και στη συνέχεια μηχανισμοί ελέγχου για την επίτευξη της σταθερότητας των ζητούμενων τιμών τους. Η αναγκαιότητα αυτή είναι μεγαλύτερη σε ένα πειραματικό ξηραντήριο όπου απαιτείται η υλοποίηση πειραμάτων ακριβείας [1].

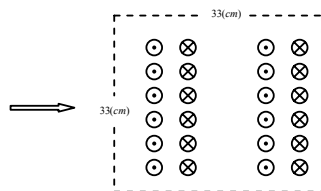
Η εργασία αυτή ασχολείται με τη σταθεροποίηση της θερμοκρασίας του αέρα εισόδου σε μια επιθυμητή τιμή, μέσα σε αποδεκτά πλαίσια διακύμανσης, με τη χρήση ενός συστήματος αυτομάτου ελέγχου. Στην πλειονηφία τους τα συστήματα ελέγχου της θερμοκρασίας χρησιμοποιούν αναλογική ισχύ. Αναλογική τιμή ισχύος θα μπορούσαμε να έχουμε με τη χρήση γεννήτριας παλμών (Pulse Generator, PG) ή με τη χρήση ρυθμιστή πλάτους παλμού (Pulse-Width-Modulated, PWM). Η χρήση των συστημάτων αυτών αποτελεί τον κλασικό τρόπο ελέγχου της θερμοκρασίας, μια όμως σχετικά «ακριβή» λύση, λόγω του κόστους των ηλεκτρονικών ισχύος, σε σχέση με τη χρήση για την οποία προορίζεται [4,5].

Ο τρόπος ελέγχου που θα παρουσιαστεί, με την διαθέσιμη ισχύ να παίρνει διακεκριμένες τιμές (το οποίο γίνεται με την παράλληλη σύνδεση αντιστάσεων μικρότερης ισχύος), αποτελεί μια οικονομική λύση με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αυξάνοντας τον αριθμό των αντιστάσεων περνάμε σταδιακά από την περίπτωση του On – Off ελέγχου σε μια προσέγγιση ελέγχου με αναλογική ισχύ. Όπως θα φανεί στη παράγραφο της σύγκρισης αναλογικού – ψηφιακού ελέγχου όταν ο αριθμός των καταστάσεων είναι πάνω από έξι η προσέγγιση είναι αρκετά ικανοποιητική.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Στο πειραματικό ξηραντήριο, στο οποίο έγινε η εφαρμογή του ψηφιακού συστήματος ελέγχου της θερμοκρασίας, η ξήρανση γίνεται με θερμαινόμενο αέρα υψηλής θερμοκρασίας και με βεβαιωμένη ροή. Ο θάλαμος τοποθέτησης του προϊόντος είναι σχήματος παραλληλεπιπέδου και η είσοδος του θερμού αέρα στο θάλαμο αυτό γίνεται από διάτρητο ψευδοπάτωμα. Ο αέρας εισέρχεται στο χώρο του ξηραντηρίου με τη χρήση φυσητήρα.

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά. Το στόμιο εισόδου του ατμοσφαιρικού αέρα είναι κυκλικό με διάμετρο $D=12\text{cm}$. Η μέγιστη ταχύτητα του αέρα όπως μετρήθηκε στην είσοδο είναι $V=11,8\text{m/s}$, και όπως προκύπτει η παροχή του θα είναι $Q=0,133\text{m}^3/\text{s}$. Ο αέρας μετά την είσοδο του οδηγείται μέσω σωληνώσεων στον θάλαμο των αντιστάσεων. Ο χώρος αυτός είναι σχήματος παραλληλεπιπέδου και οι διαστάσεις του είναι $40 \times 33 \times 33$ (cm). Ο αριθμός των αντιστάσεων είναι δώδεκα. Όλες οι αντιστάσεις είναι σε σχήμα πέταλου (τύπου θερμοσίφωνα) και είναι διατεταγμένες όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Πριν την είσοδο του αέρα στο θάλαμο των αντιστάσεων γίνεται διεύρυνση του σωλήνα μεταφοράς έτσι ώστε η κατανομή της ταχύτητας του αέρα να είναι όσο το δυνατό πιο ομοιόμορφη. Η αύξηση του τυρβώδους της ροής του αέρα γίνεται κατά την κατακόρυφη διεύθυνση όσο απομακρυνόμαστε από το κεντρικό σημείο εισόδου και προς τις δύο κατευθύνσεις, και κατά την οριζόντια διεύθυνση όσο απομακρυνόμαστε από τον επίπεδο εισόδου.



Σχήμα 1. Σχηματική παράσταση των αντιστάσεων στο εσωτερικό του θαλάμου.

Παροχή Ισχύος. Οι δώδεκα αντιστάσεις τροφοδοτούνται από τριφασικό ρεύμα με συνδεσμολογία μεταξύ μίας φάσης και του ουδέτερου. Δηλαδή η τάση στα άκρα κάθε αντίστασης είναι $V=270V$ (ενεργός τιμή τάσης εναλλασσόμενου ρεύματος). Το ρεύμα που διαρρέει κάθε αντίσταση όπως μετρήθηκε είναι $I=10A$ (ενεργός τιμή έντασης εναλλασσόμενου ρεύματος). Η μέση ισχύς κάθε αντίστασης είναι $P=VI=2.700W$ και η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς του συστήματος $P_{max}=12 \times P=32,4 KW$.

3. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

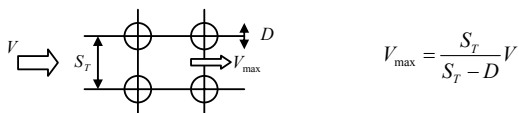
3.1 Θερμοδυναμικό Μοντέλο

(Δείκτες: ∞ αέρας, R αντίσταση, M περιβάλλον μέταλλο. Μεγέθη: m μάζα, v κινηματικό ιξώδες, k θερμική αγωγιμότητα, S επιφάνεια, V ταχύτητα, T θερμοκρασία, C θερμοχωρητικότητα, t χρόνος, σ σταθερά Stefan-Boltzmann).

Λόγω της ροής ρευστού, υπεισέρχονται οι αριθμοί Reynolds, Nusselt, Prandtl (Pr), καθώς και μεγέθη όπως το κινηματικό ιξώδες, συντελεστές απωλειών, συντελεστές μεταφοράς κ.α.. Με βάση εμπειρικών σχέσεων [7] και με χρήση πινάκων για τον προσδιορισμό σταθερών καθώς και τη χρήση συντελεστών διόρθωσης η σχέση υπολογισμού του συντελεστή συναγωγής h μεταξύ του κινούμενου αέρα και μιας αντίστασης για τις συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να γραφεί:

$$h = 0,26 \cdot \left(\frac{V}{v(T_{\infty})} \right)^{0,6} \cdot D^{-0,4} \cdot [k(T_{\infty})] \cdot [Pr(T_{\infty})]^{0,62} \cdot [Pr(T_R)]^{-0,25} \quad (1)$$

Ο συντελεστής συναγωγής λόγω της ενίσχυσης της τυρβώδους ροής, αυξάνει αυξανόμενου του αριθμού της σειράς έως περίπου τη πέμπτη σειρά [3] μετά την οποία υπάρχει μικρή αλλαγή στο τυρβώδες και άρα στο συντελεστή συναγωγής. Για τον μέσο συντελεστή συναγωγής h τιμή της ταχύτητας που χρησιμοποιείται είναι η μέγιστη ταχύτητα του αέρα που αναπτύσσεται στην περιοχή με την ελάχιστη δίοδο ροής όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



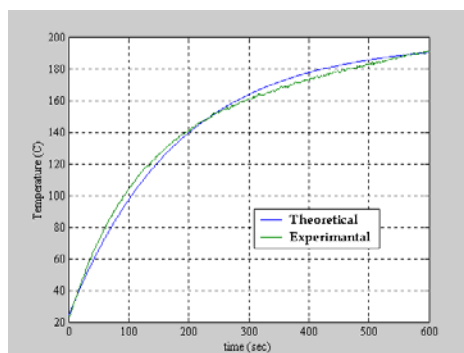
Σχήμα 2. Ροή αέρα διαμέσου ευθυγραμμισμένης διάταξης κυλίνδρων.

Για την εξαγωγή του συνολικού μοντέλου ανταλλαγής θερμότητας έχουν ληφθεί υπόψη ο ρυθμός μεταβολής της εσωτερικής ενέργειας της αντίστασης, ο ρυθμός με τον οποίο μεταφέρεται θερμότητα στην επιφάνεια επαφής μεταξύ του αέρα και της αντίστασης, ο

ρυθμός μεταφοράς θερμότητας με ακτινοβολία μεταξύ της επιφάνειας της αντίστασης και της επιφάνειας του περιβάλλοντος μετάλλου, ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας για το περιβάλλον μέταλλο λόγω ανταλλαγής θερμότητας μεταξύ του κινούμενου αέρα και της επιφάνειας του. Το σύστημα διαφορικών εξισώσεων που προκύπτει για την περιγραφή του συστήματος εναλλαγής θερμότητας είναι:

$$\begin{aligned} m_R c_R \frac{dT_R}{dt} &= P_R - h S_R (T_R - T) - \varepsilon \sigma S_R (T_R^4 - T_M^4) \\ m_M c_M \frac{dT_M}{dt} &= -h_M S_M (T_M - T) + \varepsilon \sigma S_M (T_R^4 - T_M^4) \\ \rho C V \frac{dT}{dt} &= \dot{m} C (T_{aim} - T) + h S_R (T_R - T) + h_M S_M (T_M - T) \end{aligned} \quad (2)$$

Η παραπάνω εξίσωση ισχύει με τις παραδοχές ότι η χωρητικότητα των υλικών της αντίστασης και της επιφάνειας του περιβάλλοντος μετάλλου καθώς και ο συντελεστής εκπεμπικότητας ε της επιφάνειας της αντίστασης είναι μεγέθη σταθερά, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία, καθώς και ότι η θερμοκρασία της αντίστασης κατανέμεται ομοιόμορφα σε κάθε χρονική στιγμή. Έχει γίνει επίσης η παραδοχή ότι ο αέρας συμπεριφέρεται σαν ασυμπίεστο ρευστό. Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιείται μόνο στον ρυθμό μεταβολής της εσωτερικής ενέργειας του, γιατί στους υπόλοιπους όρους η συμπίεστικότητα του αέρα έχει συμπεριληφθεί εμμέσως λόγω της χρήσης εμπειρικών εξισώσεων. Οι παραδοχές αυτές όπως θα φανεί τελικά δεν επηρεάζουν την ικανοποιητική χρήση του μοντέλου. Το σύστημα διαφορικών εξισώσεων επιλύθηκε με πεπερασμένες διαφορές. Στο διάγραμμα του σχήματος 3 παρουσιάζεται η σύγκριση της μεταβολής της θερμοκρασίας εξόδου του αέρα συναρτήσει του χρόνου, για την λειτουργία και των δώδεκα αντιστάσεων, όπως αυτή προέκυψε από τη λύση του συστήματος και όπως αυτή μετρήθηκε.



Σχήμα 3. Θεωρητική και πειραματική απόκριση του συστήματος.

3.2 Συνάρτηση Μεταφοράς

Η περιγραφή του συστήματος έχει γίνει με τη μέθοδο των μεταβλητών κατάστασης [2]. Για την εξαγωγή της συνάρτησης μεταφοράς είναι απαραίτητη η ιδιότητα της γραμμικότητας [6]. Στο σύστημα των διαφορικών εξισώσεων (2) που περιγράφουν το σύστημα εναλλαγής θερμότητας υπάρχει ο μη γραμμικός όρος $\varepsilon \sigma S_R (T_R^4 - T_M^4)$.

Ο όρος αυτός πολλαπλασιασμένος με κάποιο συντελεστή, αφαιρείται στη διαφορική εξίσωση που περιγράφει τη μεταβολή της θερμοκρασίας των αντιστάσεων (απώλεια θερμότητας λόγω

ακτινοβολίας), ενώ προστίθεται στη διαφορική εξίσωση που αφορά τη μεταβολή της θερμοκρασίας του μετάλλου του θαλάμου των αντιστάσεων (εισροή θερμότητας λόγω ακτινοβολίας). Η θερμοκρασία που προκύπτει για τον αέρα επηρεάζεται από τους δύο αυτούς όρους μέσω των θερμοκρασιών των αντιστάσεων και του περιβάλλοντος μετάλλου. Έτσι τελικά ο μη γραμμικός όρος πολλαπλασιάζεται με συντελεστή του οποίου η τάξη μεγέθους είναι 10^{-2} .

Η τάξη μεγέθους του γινομένου της επιφάνειας της αντίστασης και της σταθεράς Stefan-Boltzmann είναι 10^{-11} . Η συμμετοχή του μη γραμμικού όρου ελαχιστοποιείται, εφόσον πολλαπλασιάζεται τελικά με συντελεστή τάξης 10^{-13} , σε σχέση πάντα με τους υπόλοιπους γραμμικούς όρους. Έτσι, η επίδραση του όρου αυτού στις δύο εξισώσεις είναι αμελητέα, με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται η εφαρμογή της διαδικασίας γραμμικοποίησης μέσω σειρών Taylor γύρω από σημεία λειτουργίας. Η φυσική ερμηνεία της παραπάνω παράληψης είναι το ότι το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας που διαδίδεται μέσω ακτινοβολίας από τις αντιστάσεις στο μέταλλο του θαλάμου, μεταφέρεται εμμέσως στον αέρα μέσω συναγωγής με την επιφάνεια του μετάλλου αυτού. Με την παράληψη του όρου αυτού μειώνουμε ελάχιστα την δυναμική του συστήματος. Το σύστημα χωρίς τον μη γραμμικό όρο με λύση ως προς τις πρώτες παραγώγους και με αντίστοιχη διάταξη των όρων προκύπτει:

$$\begin{bmatrix} \dot{T}_R \\ \dot{T}_M \\ \dot{T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{hS_R}{m_R c_R} & 0 & \frac{hS_R}{m_R c_R} \\ 0 & -\frac{h_M S_M}{m_M c_M} & \frac{h_M S_M}{m_M c_M} \\ \frac{hS_R}{\rho CV} & \frac{h_M S_M}{\rho CV} & -\frac{\dot{m}C + hS_R + h_M S_M}{\rho CV} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} T_R \\ T_M \\ T \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{m_R c_R} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot P_R \quad (3)$$

Το σύστημα των διαφορικών εξισώσεων γράφεται στη συμπαγή μορφή

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{F} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{G} \cdot u \\ y &= \mathbf{H} \cdot \mathbf{x} \end{aligned} \quad (4)$$

όπου u η είσοδος του συστήματος και y η έξοδος, $\mathbf{H}$ ο πίνακας εξόδου ο οποίος είναι ένας πίνακας γραμμή $\mathbf{H}=[0 \ 0 \ 1]$, και $\mathbf{x} : \dot{\mathbf{x}}$ οι πίνακες των μεταβλητών και των πρώτων παραγώγων τους αντίστοιχα. Εφαρμόζοντας τον μετασχηματισμό Laplace στις δύο παραπάνω εξισώσεις και με αντικατάσταση των τιμών προκύπτει η συνάρτηση μεταφοράς του συστήματος :

$$G(s) = \frac{1,1327 \cdot 10^{-4} s + 1,4158 \cdot 10^{-6}}{s^3 + 3,867 s^2 + 0,00695 s + 2,664 \cdot 10^{-4}} = \frac{-0,2945 \cdot 10^{-4}}{s + 3,849} + \frac{0,0002 \cdot 10^{-4}}{s + 0,0125} + \frac{0,2945}{s + 0,0055}$$

Οι πόλοι του συστήματος $p_1 = -0,0055$, $p_2 = -0,0125$, $p_3 = -3,849$ και το μηδενικό του συστήματος $z = -0,0125$.

4. ΑΝΑΛΥΣΗ-ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΛΕΓΚΤΗ

Η προσομοίωση του συστήματος ελέγχου έγινε με τη χρήση του υπολογιστικού πακέτου Matlab. Αυξάνοντας συνεχώς την τιμή του αναλογικού κέρδους στο πρόγραμμα της προσομοίωσης η πρώτη εμφανής υπερύψωση παρουσιάζεται για την τιμή 2.500, άρα το τελικό

κέρδος είναι $K_u=2.500$. Η τελική περίοδος είναι $P_u=4\text{sec}$. Με βάση τη μέθοδο ρύθμισης κερδών Ziegler-Nichols προκύπτουν τα βέλτιστα κέρδη:

PI ελεγκτής:

$$K_p = 0,45 \cdot K_u = 1.125$$

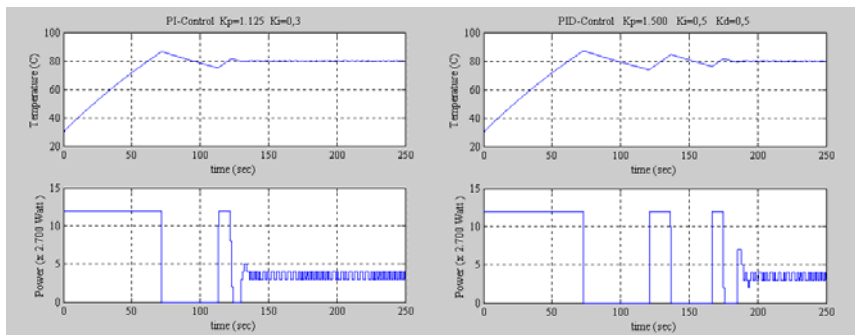
$$K_i = \frac{1,2}{P_u} = 0,3$$

PID ελεγκτής:

$$K_p = 0,6 \cdot K_u = 1.500$$

$$K_i = \frac{2}{P_u} = 0,5, K_d = \frac{P_u}{8} = 0,5$$

Η συμπεριφορά του συστήματος για τους δύο τύπους ελεγκτή φαίνεται στα διαγράμματα του Σχήματος 4 όπου όπως ήταν αναμενόμενο με τη προσθήκη διαφορικού ελέγχου αυξήθηκε η δυναμική του συστήματος. Στο σύστημα το οποίο εξετάζουμε ο ενεργοποιητής έχει πεπερασμένο δυναμικό εύρος. Δεν μπορούμε να δώσουμε ισχύ πάνω από το όριο των 32,4 KW. Το αντίστοιχο κάτω όριο του ενεργοποιητή είναι η τιμή μηδέν γιατί δεν υπάρχει σύστημα ψύξης. Σε συστήματα σαν αυτό κατά τη χρήση ολοκληρωτικού ελέγχου εμφανίζεται το φαινόμενο κόρου ολοκληρωτικού ελέγχου (integrator windup - reset windup). Ο κλασικός τρόπος αντιμετώπισης αυτού του φαινομένου κατά τον οποίο τίθεται εκτός λειτουργίας ο ολοκληρωτής κάθε φορά που η ισχύς του συστήματος βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού, είτε θετικού είτε αρνητικού, δεν είναι κατάλληλος για το συγκεκριμένο σύστημα λόγω των συχνών καταστάσεων κορεσμού.



Σχήμα 4. PI και PID έλεγχος με βάση τα κέρδη από τη μέθοδο Ziegler-Nichols.

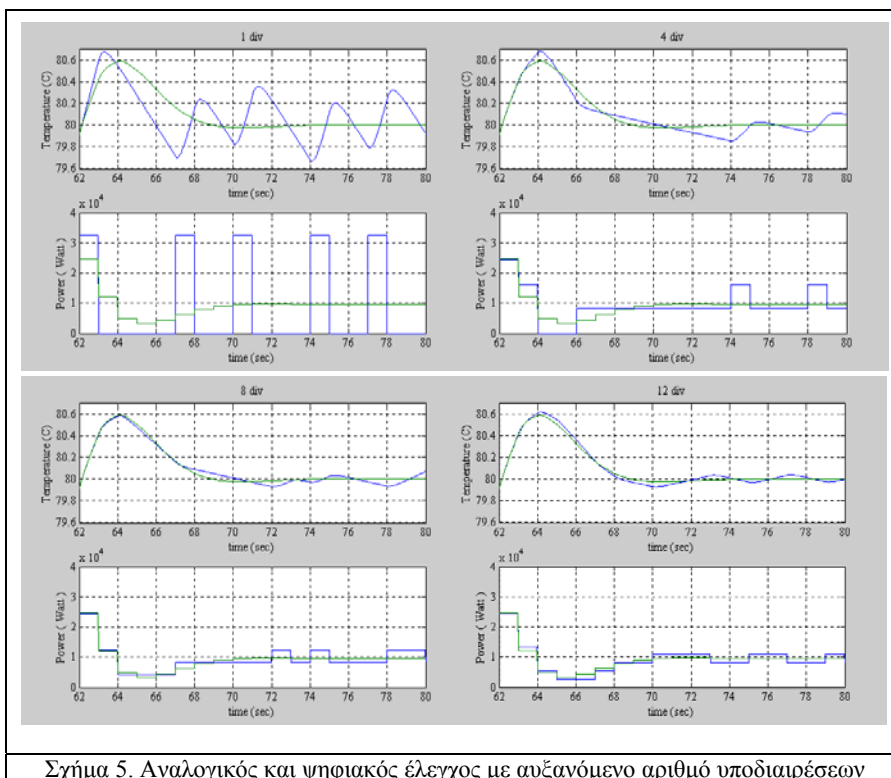
Στη παρούσα εφαρμογή η λειτουργία - επανεκκίνηση του ολοκληρωτή επιλέχθηκε να εξαρτάται από την απόλυτη τιμή του ποσοστιαίου σφάλματος. Έτσι ο ολοκληρωτής ξεκινά τη λειτουργία του όταν το σφάλμα γίνει μικρότερο από μια προκαθορισμένη τιμή. Με τη μελέτη μιας σειράς προσομοιώσεων βρέθηκε ότι είναι η τιμή αυτή είναι το 10% της θερμοκρασίας αναφοράς.

Το ενδιαφέρον μέρος της προσομοίωσης είναι η σύγκριση μεταξύ του ελέγχου όπου η ισχύς είναι αναλογικό μέγεθος και του ελέγχου μέσω διακεκριμένων τιμών ισχύος. Σαν ευνοϊκότερη περίπτωση διακεκριμένων τιμών θεωρούμε την υπάρχουσα δυνατότητα παροχής ισχύος, δηλαδή μοίρασμα της ισχύος σε δώδεκα υποδιαιρέσεις (δώδεκα αντιστάσεις). Με σταθερή την τιμή της μέγιστης ισχύος (32.400 Watt) αυξάνουμε συνεχώς τον αριθμό των υποδιαιρέσεων της, ξεκινώντας από μία και φθάνοντας στις δώδεκα. Σκοπός μας είναι να φανεί ότι πλησιάζοντας στην περίπτωση των δώδεκα υποδιαιρέσεων η συμπεριφορά του συστήματος προσεγγίζει ικανοποιητικά την συμπεριφορά συστήματος με αναλογικό σήμα ελέγχου. Στον Πίνακα 1. βλέπουμε πως μειώνεται το σφάλμα σταθερή κατάσταση αυξανόμενου του αριθμού των διαθέσιμων υποδιαιρέσεων της ισχύος.

Πίνακας 1. Σφάλμα σταθερής κατάστασης συναρτήσει αριθμού αντιστάσεων.

Αριθμός Υποδιαίρεσεων	Μέσο σφάλμα %
1	2,085
3	0,847
6	0,472
9	0,298
12	0,150

Στα επόμενα διαγράμματα δίνονται εικονικά οι συγκρίσεις των δύο τρόπων ελέγχου για διάφορες τιμές υποδιαίρεσεων στην ισχύ που παρέχεται στο σύστημα.



Σχήμα 5. Αναλογικός και ψηφιακός έλεγχος με αυξανόμενο αριθμό υποδιαίρεσεων

5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

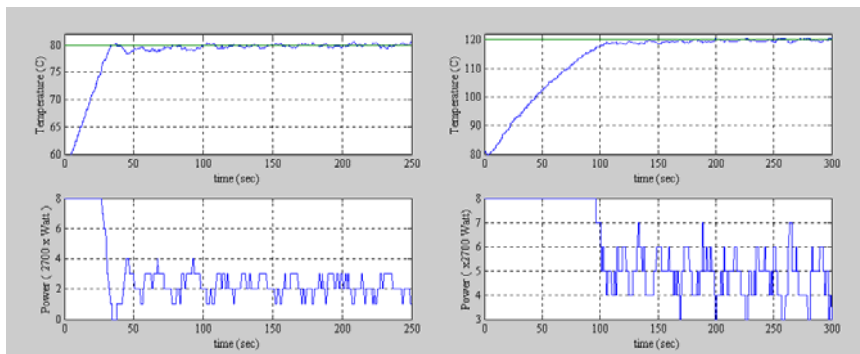
5.1 Υλικά

Για την είσοδο και την έξοδο δεδομένων από τον υπολογιστή χρησιμοποιήθηκε η συσκευή της National Instruments, FieldPoint (Distributed I/O System) και συγκεκριμένα το μοντέλο FP-1000. Η συσκευή αυτή επικοινωνεί με τον υπολογιστή μέσω της θύρας RS-232. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία είναι το FieldPoint Explorer και για τους υπολογισμούς το LabView. Για την μέτρηση της θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκε το εξάρτημα FP-TC-120 (8-Channel Thermocouple for FieldPoint) συνδεδεμένο με θερμοζεύγους τύπου K. Το εξάρτημα διαθέτει φίλτρα γραμμικοποίησης και απομάκρυνσης θορύβων στην περιοχή των 50–60Hz. Για την έξοδο ψηφιακών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το εξάρτημα FP-DO-403 (16-Channel Discrete Output Module for FieldPoint). Η συσκευή αυτή διαθέτει 16 κανάλια ψηφιακών εξόδων τα οποία είναι οπτικά μονωμένα. Το σήμα (τάση) κάποιας εξόδου του FP-DO-403 χρησιμοποιείται για την διέγερση ενός Phototriac της πλακέτας, το οποίο για να διεγερθεί χρειάζεται τάση 5 VDC. Η πλακέτα των ηλεκτρονικών έχει 12 εισόδους στις οποίες καταλήγουν οι 12 ψηφιακές εξόδους του FieldPoint (FP-DO-403) και τροφοδοτούν τις αντίστοιχες εισόδους με τάση είτε 0V (κατάσταση OFF) είτε 5V (κατάσταση ON). Οι δώδεκα αυτές εισόδους είναι συνδεδεμένες με 12 αντίστοιχα Optocouplers (K3020P) τα οποία διεγείρονται με την τάση των 5V. Τα Optocouplers οδηγούν αντίστοιχα 12 Triacs (BTA41A/B) τα οποία χρησιμοποιούνται σαν Relay υψηλής ταχύτητας για τις αντιστάσεις του ζηραντηρίου.

Τέλος υπάρχουν και 3 εισόδους των αντίστοιχων τριών φάσεων του τριφασικού ρεύματος. Από κάθε φάση τροφοδοτούνται 4 αντιστάσεις. Για την αποφυγή υπερθέρμανσης κάποιου τομέα, λόγω των υψηλών ρευμάτων, θα πρέπει να λειτουργεί όσο το δυνατόν διακοπτόμενα, αναλόγως των απαιτήσεων του ελεγκτή. Ακόμα πιο βασικό στοιχείο όμως είναι η αποφυγή υπερθέρμανσης των TRIACS που επιτρέπουν τη διέλευση του ρεύματος σε κάθε ένα από τα δώδεκα κανάλια, η οποία αποφυγή επιτυγχάνεται με την όσο το δυνατό διακοπτόμενη λειτουργία τους. Με βάση τα παραπάνω, η επιλογή των εν λειτουργία καναλιών αναλόγως της ζητούμενης κατάστασης, είναι παρόμοια με τον χάρτη λειτουργίας των κυλίνδρων ενός κινητήρα.

5.2 Λειτουργικότητα του Συστήματος

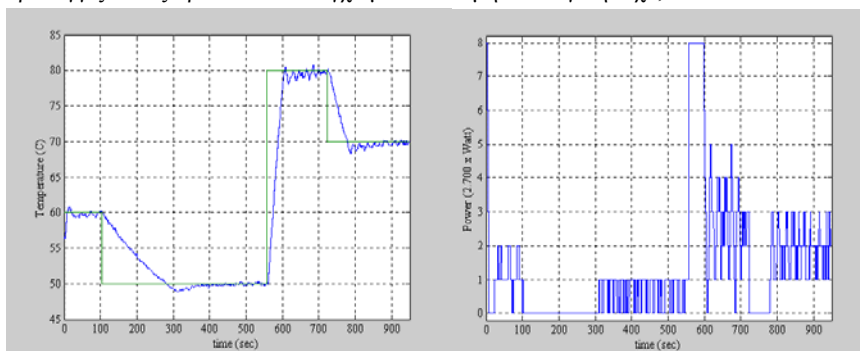
Στις παρακάτω μετρήσεις για διαφορετικές θερμοκρασίες αναφοράς έχει χρησιμοποιηθεί PI – έλεγχος με τα κέρδη που προέκυψαν από τη μέθοδο Ziegler – Nichols. Για θερμοκρασία αναφοράς 80 °C κατά τη κατάσταση σταθερής λειτουργίας τα μέσο σφάλμα είναι 0,23 °C ή ποσοστιαία 0,28% και η απόκλιση 0,16. Στη θερμοκρασία αναφοράς 120 °C έχουμε μέσο σφάλμα 0,36°C, ποσοστιαία 0,30% και απόκλιση 0,25 (Σχήμα 6.). Στο σχήμα 7. φαίνεται ένα στιγμιότυπο της λειτουργίας του συστήματος με μεταβολές της θερμοκρασίας αναφοράς.



Σχήμα 6. Αναλογικός – Ολοκληρωτικός έλεγχος με κέρδη Ziegler – Nichols

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το βασικό ενδιαφέρον της εργασίας ήταν η επιβεβαίωση της αρχικής σκέψης ελέγχου του συστήματος με διακεκριμένες τιμές ισχύος, η οποία σκέψη εφόσον έδωσε αποτελέσματα που προσεγγίζουν εξαιρετικά τον έλεγχο με διαθέσιμη αναλογική ισχύ,



Σχήμα 7. Στιγμιότυπο λειτουργίας του συστήματος.

αποτελεί μια οικονομική και πρακτική λύση για το πρόβλημα του ελέγχου της θερμοκρασίας σε ξηραντήριο ακόμη και στη περίπτωση που εξυπηρετεί πειραματικούς σκοπούς όπου υπάρχει απαίτηση αυξημένης ακρίβειας.

Όπως έχει αναφερθεί αναλογική τιμή ισχύος θα μπορούσαμε να έχουμε με τη χρήση γεννήτριας παλμών (Pulse Generator, PG) ή με τη χρήση ρυθμιστή πλάτους παλμού (Pulse-Width-Modulated, PWM). Η χρήση των συστημάτων αυτών αποτελεί τον κλασικό τρόπο ελέγχου της θερμοκρασίας, μια «ακριβή» λύση σε σχέση με τη χρήση για την οποία προορίζεται.

Ο τρόπος ελέγχου που παρουσιάστηκε, με την διαθέσιμη ισχύ σε διακεκριμένες τιμές (το οποίο γίνεται με την παράλληλη σύνδεση αντιστάσεων μικρότερης ισχύος), αποτελεί μια οικονομική λύση με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αυξάνοντας τον αριθμό των αντιστάσεων περνάμε σταδιακά από την περίπτωση του On – Off ελέγχου σε μια προσέγγιση ελέγχου με αναλογική ισχύ. Όπως φάνηκε στη παράγραφο της σύγκρισης αναλογικού – ψηφιακού ελέγχου όταν ο αριθμός των καταστάσεων είναι πάνω από έξι η προσέγγιση είναι αρκετά ικανοποιητική. Το

μέσο σφάλμα για την περίπτωση που εξετάστηκε πειραματικά, δηλαδή των δώδεκα αντιστάσεων, κυμαίνεται γύρω από το 0,25%.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ακριτίδης, Κ.Β. 1993. *Ξήρανση – Αποθήκευση Γεωργικών Προϊόντων*. Θεσσαλονίκη.
2. Franklin, G.F., J.D. Powell, and A. Emani-Naeini. 1991. *Feedback Control of Dynamic Systems*. Addison-Wesley Publishing Company.
3. Incropera, F.P., and D.P. Dewitt. 1996. *Introduction to Heat Transfer*, 3rd Edition, School of Mechanical Engineering Purdue University, New York.
4. Kudra T. 1990. *Electrical Drying Techniques*. Drying of solids, ed. by A.S. Mujumdar. Sarita Prakasham N. Delhi.
5. Lopez-Cacicero C.L. 1986. *Electrical Methods for Drying*. Drying 86. ed. A.S. Mujumdar. Hemisphere Publ. Co. Vol1 p.p. 12-21.
6. Rohrs, C.E., J.L. Melsa, and D.G. Schultz. 1996. *Γραμμικά Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου*. Μετάφραση Μ.Ι. Αλεξίου, Θεσσαλονίκη.
7. Zhukauskas, A. 1972. *Heat Transfer from Tubes in Cross Flow*, in J.P. Hartnett and T.F. Irvine, Jr. Eds., *Advances in Heat Transfer*, Vol 8, Academic Press, New York.

ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΑΣΦΑΛΟΥΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΕΚΛΥΟΜΕΝΟ CO₂, ΜΗΛΩΝ ΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΘΗΚΑΝ ΣΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Δ. Μητρόπουλος, Γρ. Λαμπρινός

Γ.Π.Α., Τμήμα ΑΦΠ-ΓΜ, Ιερά οδός 75, 11855, Αθήνα. Τηλ.: 210 5294035
email: apstore@aau.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μέτρηση της αναπνευστικής δραστηριότητας, με βάση την εκλυόμενη ποσότητα CO₂, των συντηρούμενων νωπών φυτικών προϊόντων αμέσως μετά την έξοδο από την τροποποιημένη ατμόσφαιρα εμπεριέχει τον κίνδυνο υπερεκτίμησης της αναπνοής λόγω του έντονου ρυθμού έκλυσης του συσσωρευμένου στους ιστούς CO₂. Στην εργασία αυτή εκτιμήθηκε ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται μετά το άνοιγμα της συσκευασίας για μια αξιόπιστη μέτρηση, του ρυθμού αναπνοής μήλων *Delicious* και *Golden Delicious*. Μελετήθηκαν θερμοκρασιακές συνθήκες 0, 10 και 16°C και βρέθηκε ότι ο ελάχιστος απαιτούμενος χρόνος μειώνεται με την θερμοκρασία και κυμαίνεται από 5 έως 23 ώρες.

MEASURING RESPIRATION RATE OF RAW VEGETABLES STORED IN MAP.

D. Mitropoulos and G. Lambrinos

A.U.A., Department of Natural Resources and Agricultural Engineering, Iera Odos 75, 11855,
Athens. Tel.: 210 5294035
email: apstore@aau.gr

ABSTRACT

Measuring respiration rate of fresh produce stored in modified atmosphere packaging, soon after unsealing the package, it maybe unreliable due to high emission of CO₂ accumulated in plants' tissues. Uncertainty is extremely high when respiration rate measurement is based on CO₂ emission. In this work, the required minimum settling period (when the package is unsealed) for a reliable respiration rate measurement, was estimated for two apple cultivars (*Delicious* and *Golden Delicious*). From conducted experiments on fruits stored at 0°C, 10°C and 16°C is found, that the minimum period for a reliable respiration estimation decreases with temperature and it varies from 5 to 23 hours.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ένταση της αναπνευστικής δραστηριότητας των συντηρούμενων φρούτων και λαχανικών σχετίζεται πέρα των άλλων παραγόντων και με την φυσιολογική τους ηλικία, την θερμοκρασία αποθήκευσης και την σύνθεση της ατμόσφαιρας στην οποία βρίσκονται, αποτελεί δε ισχυρή ένδειξη του βαθμού ωρίμανσης ή γήρανσης.

Η τροποποίηση της σύνθεσης της ατμόσφαιρας (C.A., M.A.P.) χρησιμοποιείται συχνά για αποτελεσματικότερη συντήρηση φρούτων και λαχανικών. Η αλλαγή της αέριας σύνθεσης γύρω από το προϊόν μπορεί να επιδράσει θετικά μειώνοντας την αναπνευστική δραστηριότητα και επιμηκύνοντας έτσι τον χρόνο συντήρησης [1], [2], [4], [5], [6].

Η μέτρηση του ρυθμού αναπνοής γίνεται μετρώντας το προσλαμβανόμενο O_2 , το εκλυόμενο CO_2 ή και τα δύο. Η τελευταία περίπτωση είναι ασφαλώς η καλύτερη αφού μετρούνται και τα δύο αναπνευστικά αέρια, πολλές φορές όμως καθίσταται δύσκολη συνήθως λόγω του διατιθέμενου εξοπλισμού. Τα όργανα μέτρησης της συγκέντρωσης του O_2 ή και των δύο αναπνευστικών αερίων είναι εργαστηριακά και μεγάλου κόστους. Απεναντίας υπάρχουν όργανα ελαφρά φορητά μικρού κόστους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της αναπνοής καρπών μέσω της μέτρησης της συγκέντρωσης του CO_2 [7].

Η εκτίμηση της αναπνευστικής δραστηριότητας των νωπών φυτικών προϊόντων που συντηρούνται με τροποποιημένη ατμόσφαιρα, ειδικά στην περίπτωση της ελεγχόμενης ατμόσφαιρας, είναι λεπτή και δύσκολη διαδικασία και γιαυτό πολλές φορές η αναπνοή εκτιμάται μετά από έξοδο του προϊόντος από την τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Η μέτρηση του ρυθμού αναπνοής των συντηρούμενων προϊόντων χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της φυσιολογικής τους ηλικία ως κριτήριο ποιοτικής κατάστασης [3], [8], [9]. Ακριβώς μετά την τοποθέτηση των προϊόντων πάλι σε κανονική ατμόσφαιρα αρχίζει μια διαδικασία μεταβολής της αναπνευστικής δραστηριότητας και έτσι ύστερα από κάποιο χρονικό διάστημα ο ρυθμός αναπνοής σταθεροποιείται συνήθως σε μεγαλύτερες τιμές σχετικά με αυτές που παρατηρούνται στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Ταυτόχρονα το πλεόνασμα του CO_2 που έχει συσσωρευτεί μέσα στους ιστούς λόγω της τροποποιημένης ατμόσφαιρας αρχίζει να διαχέεται προς την ελεύθερη ατμόσφαιρα. Αυτή ακριβώς η έκλυση του πλεονασματικού CO_2 δημιουργεί πρόβλημα στην εκτίμηση του ρυθμού αναπνοής με μεθόδους και όργανα που αναλύουν το συγκεκριμένο αέριο αφού σε αυτή την περίπτωση δεν είναι δυνατό να διαχωριστεί το ποσοστό του CO_2 που οφείλεται στην αναπνοή από το συσσωρευμένο στους ιστούς. Έτσι υπάρχει μια ελάχιστη χρονική περίοδος μετά την έξοδο από την τροποποιημένη ατμόσφαιρα κατά την οποία η μέτρηση του ρυθμού αναπνοής με βάση το παραγόμενο CO_2 είναι παρακινδυνευμένη έως και αδύνατη.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η εκτίμηση του ελάχιστου χρόνου που απαιτείται μετά την έξοδο από την ελεγχόμενη ή την τροποποιημένη ατμόσφαιρα για μια ασφαλή μέτρηση, με βάση το εκλυόμενο CO_2 , του ρυθμού αναπνοής μήλων που συντηρήθηκαν για κάποιο χρονικό διάστημα σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν μήλα Delicious Pilafa και Golden Delicious η συλλογή των οποίων έγινε στο τέλος Οκτωβρίου. Τα φρούτα μετά από διαλογή έτσι ώστε να είναι ομοιόμορφου μεγέθους και σχήματος, ζυγίστηκαν ατομικά και τοποθετήθηκαν σε σακούλες από πολυαιθυλένιο συγκεκριμένης περατότητας σε O_2 και CO_2 . Οι συσκευασίες είχαν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί έτσι ώστε να περιέχουν 4 μήλα συνολικού βάρους 800-900g, το δε μέγεθος τους ήταν $20 \times 25\text{cm}$, οι δε ραφές των συσκευασιών έγιναν με θερμοσυγκολλητική

μηχανή. Τα συσκευασμένα φρούτα τοποθετήθηκαν σε ψυκτικούς θαλάμους 0 και 10°C καθώς και σε αποθήκη μέσης θερμοκρασίας 16±4°C.

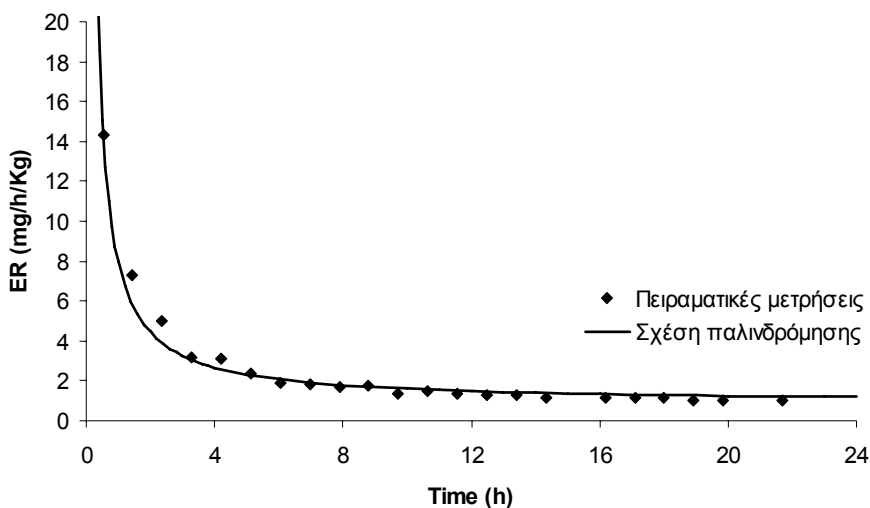
Σε τακτά χρονικά διαστήματα, κατά την διάρκεια της συντήρησης γινόταν δειγματοληψία και ανάλυση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας με αέριο χρωματογράφο (Perkin Elmer 8700) προκειμένου να ελεγχθεί η σταθεροποίηση της.

Η αναπνοή των φρούτων στις σταθεροποιημένες συσκευασίες μετριοταν με την βοήθεια της ειδικής διάταξης στο χώρο και την θερμοκρασία συντήρησης. Στην συνέχεια οι συσκευασίες άνοιγαν και τα μήλα τοποθετούνταν ατομικά σε αναπνευστικούς θαλάμους οι οποίοι μέσω κατάλληλου συστήματος αυτοματισμών συνδέονταν διαδοχικά με το σύστημα RIKCLOS ώστε να μετράται και καταγράφεται σε τακτά χρονικά διαστήματα η αναπνοή των καρπών [7]. Η αναπνοή εκφράστηκε σε mg CO₂/h/Kg καρπού.

Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα Statgraphics. Για κάθε φρούτο προσδιορίστηκε μέσω παλινδρόμησης σχέση μεταξύ του ρυθμού του εκλυόμενου CO₂ (ER) και του χρόνου (t) μετά το άνοιγμα της συσκευασίας. Οι σχέσεις αυτές προέκυψαν από δεδομένα που αναφέρονται σε χρόνους από 0,2 έως 24 ώρες μετά το άνοιγμα της συσκευασίας, χρησιμοποιήθηκαν δε στη συνέχεια για τον προσδιορισμό του χρόνου σταθεροποίησης του ρυθμού του εκλυόμενου CO₂.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο σχήμα 1 φαίνεται ενδεικτικά η εξέλιξη του ρυθμού έκλυσης CO₂ με το χρόνο για ένα μήλο Delicious Pilafa που συντηρήθηκε στους 0°C. Η σύνθεση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας πριν το άνοιγμα της συσκευασίας ήταν 3,9% CO₂ και 16,3% O₂.



Σχήμα 1. Εξέλιξη του ρυθμού έκλυσης CO₂ (ER) μετά την έξοδο από τροποποιημένη ατμόσφαιρα μήλου Delicious Pilafa που συντηρήθηκε σε θερμοκρασία 0°C.

Παρατηρείται μια υστέρηση πολλών ωρών μέχρις ότου σταθεροποιηθεί ο ρυθμός έκλυσης του CO₂ που θα αντιπροσωπεύει και τον ρυθμό της αποκατεστημένης αναπνοής του μήλου στον ελεύθερο αέρα.

Από σύγκριση διαφόρων απλών μοντέλων (γραμμικό, εκθετικό, λογαριθμικό, αντίστροφο-X, κλπ) προέκυψε ότι καλύτερη σχέση για την περιγραφή της εξέλιξης του ρυθμού έκλυσης ER με το χρόνο είναι η σχέση της μορφής $ER=a+b/t$, η οποία παρουσιάζει υψηλές τιμές του τετραγώνου του συντελεστή συσχέτισης (R^2). Επιπλέον πλεονεκτήματα του μοντέλου αυτού είναι ότι η τιμή του ER πρακτικά σταθεροποιείται στην τιμή a μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα από το άνοιγμα της συσκευασίας και λαμβάνει μεγάλες τιμές σε μικρούς χρόνους όπως ακριβώς συμβαίνει στην πράξη μετά το άνοιγμα της συσκευασίας. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα παλινδρόμησης δεδομένων μήλων Delicious Pilafo. Για κάθε φρούτο έχει υπολογιστεί ο συντελεστής a και b της σχέσης $ER=a+b/t$, καθώς και τα διαστήματα εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0,95. Χρησιμοποιώντας την σχέση παλινδρόμησης για κάθε μήλο προσδιορίστηκε το χρονικό όριο μετά από το άνοιγμα της συσκευασίας πέραν του οποίου ο ρυθμός έκλυσης του CO_2 μπορεί να θεωρείται σταθερός και άρα η μέτρηση του ρυθμού αναπνοής αξιόπιστη. Στην 11^η στήλη του πίνακα 1 παρουσιάζεται το χρονικό όριο ($t_{2\%}$) σε h, για το οποίο η μέση ωριαία μεταβολή του ρυθμού έκλυσης CO_2 είναι μικρότερη από 2% θεωρώντας ότι για μικρότερες μεταβολές ο ρυθμός έκλυσης έχει σταθεροποιηθεί.

Από τα στοιχεία του πίνακα 1, με πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση προκύπτει ότι ο συντελεστής a δεν εξαρτάται από το μέγεθος (μάζα) των φρούτων αλλά επηρεάζεται σημαντικά (για επίπεδο σημαντικότητας 0,95) από τη θερμοκρασία συντήρησης και την συγκέντρωση του CO_2 στην συσκευασία. Ο έλεγχος αυτός εξάρτησης έγινε με πολλαπλή παλινδρόμηση επειδή οι τιμές της συγκέντρωσης του CO_2 που παρατηρήθηκαν στις συσκευασίες δεν ήταν προκαθορισμένες αλλά διαμορφώθηκαν εν μέρει τυχαία. Ομοίως προέκυψε ότι ο συντελεστής b δεν εξαρτάται (για επίπεδο σημαντικότητας 0,95) ούτε από την θερμοκρασία συντήρησης, ούτε την συγκέντρωση του CO_2 στις συσκευασίες ούτε από το μέγεθος των φρούτων.

Ο ελάχιστος χρόνος ($t_{2\%}$) σταθεροποίησης του ρυθμού έκλυσης (ER) του CO_2 , όπως προκύπτει από πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, δεν εξαρτάται από την συγκέντρωση του CO_2 στην συσκευασία

Πίνακας 1. Μεταβολή του ρυθμού έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα (ER) με τον χρόνο (t) μετά την εξέδο από τροποποιημένη αμιόσφαιρα, μύλων Delicious Pilafa. Για τις παλινδρομήσεις χρησιμοποιήθηκε η σχέση ER=a+b/t										
Θερμοκρασία	Συσκευασία	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Μήλο	a	CL-a *	b	CL-b *	R ²	t _{2%} ** (h)
l	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1	3,4	17,0	a	1,655	0,436	2,533	0,642	0,725	8,3
0	1	3,4	17,0	b	0,828	0,163	7,302	0,439	0,979	20,5
0	1	3,4	17,0	c	0,645	0,176	6,962	0,585	0,962	23,0
0	2	3,9	16,3	a	1,035	0,411	6,419	0,560	0,964	17,0
0	2	3,9	16,3	b	0,892	0,243	7,071	0,510	0,977	19,5
0	2	3,9	16,3	c	1,251	0,294	7,213	0,919	0,927	16,5
0	3	16,6	1,4	a	3,693	1,751	3,969	1,490	0,650	6,8
0	3	16,6	1,4	b	1,849	1,028	13,460	2,207	0,918	18,5
0	3	16,6	1,4	c	1,288	0,765	13,953	2,131	0,923	23,0
10	1	6,2	4,7	a	2,531	0,338	3,978	0,499	0,915	8,4
10	1	6,2	4,7	b	2,182	0,223	6,724	0,739	0,936	12,0
10	1	6,2	4,7	c	2,696	0,241	4,770	0,547	0,931	9,0
10	2	3,1	17,0	a	2,138	0,800	4,673	0,661	0,934	10,0
10	2	3,1	17,0	b	1,895	0,712	4,998	1,057	0,880	11,0
10	2	3,1	17,0	c	0,869	0,363	8,607	0,884	0,966	22,0
10	3	5,8	3,2	a	3,738	1,411	5,157	1,231	0,811	7,8
10	3	5,8	3,2	b	2,155	0,724	13,867	1,412	0,962	17,5
10	3	5,8	3,2	c	1,909	0,511	16,087	1,469	0,969	20,0
16	1	4,5	12,3	a	3,492	0,788	4,020	0,686	0,894	7,2
16	1	4,5	12,3	b	2,405	0,536	6,235	0,865	0,932	11,0
16	1	4,5	12,3	c	1,443	0,376	8,751	0,964	0,956	17,0
16	2	5,2	11,2	a	3,088	0,848	4,504	0,995	0,861	8,0
16	2	5,2	11,2	b	3,154	0,407	6,357	0,779	0,949	9,5
16	2	5,2	11,2	c	2,663	0,350	8,607	0,983	0,956	12,3
16	3	6,2	8,5	a	5,729	1,868	2,187	0,764	0,713	3,9
16	3	6,2	8,5	b	3,601	0,904	8,532	1,375	0,921	10,5
16	3	6,2	8,5	c	3,111	0,624	12,691	1,475	0,961	14,0

Όσοι εμπλεκόμενοι για επόμενο σημαντικό στάδιο 0,95. **Χρόνος που απαιτείται σε μέση όριμα μεταβολή του ER μικρότερη από 20%

* Όριο εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0,95. **Χρόνος που αντιστοιχεί σε μέση ωρία μεταβολή του ER μικρότερη από 2%

Πίνακας 2. Μεταβολή του ροθμού έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα (ER) με τον χρόνο (t) μετά την έξοδο από τροποποιημένη ατμόσφαιρα, μιλών Golden Delicious. Για τις παλινδρομήσεις χρησιμοποιήθηκε η σχέση $ER=a+b/t$.												
Θερμοκρασία	Συσκευασία	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Μήλο	a	CI-a*	b	CI-b*	R ²	t _{2%} ** (h)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
0	1	2,3	16,0	a	1,099	0,103	2,385	0,246	0,806	8,8		
0	1	2,3	16,0	b	0,580	0,062	5,444	0,531	0,935	17,0		
0	1	2,3	16,0	c	0,308	0,032	5,124	0,524	0,950	21,0		
0	2	12,1	2,5	a	2,107	0,222	2,715	0,280	0,925	6,9		
0	2	12,1	2,5	b	0,815	0,077	9,756	0,955	0,952	18,5		
0	2	12,1	2,5	c	0,855	0,089	13,082	1,330	0,957	20,5		
0	3	2,8	17,1	a	0,546	0,051	5,228	0,512	0,903	17,0		
0	3	2,8	17,1	b	0,642	0,067	7,094	0,720	0,941	18,0		
0	3	2,8	17,1	c	0,694	0,062	5,799	0,571	0,957	16,0		
10	1	4,4	8,3	a	1,721	0,184	3,033	0,290	0,962	8,0		
10	1	4,4	8,3	b	1,166	0,120	5,594	0,529	0,957	12,7		
10	1	4,4	8,3	c	1,706	0,165	4,228	0,402	0,962	9,5		
10	2	3,8	7,3	a	2,333	0,216	3,507	0,345	0,914	7,5		
10	2	3,8	7,3	b	1,500	0,156	10,339	1,061	0,978	15,0		
10	2	3,8	7,3	c	0,825	0,071	11,325	1,167	0,989	20,0		
10	3	2,3	18,0	a	1,498	0,119	3,563	0,346	0,973	9,3		
10	3	2,3	18,0	b	1,200	0,088	4,686	0,456	0,973	11,7		
10	3	2,3	18,0	c	0,537	0,050	7,863	0,753	0,967	20,0		
16	1	7,7	9,3	a	2,406	0,247	1,426	0,139	0,823	4,8		
16	1	7,7	9,3	b	1,836	0,169	6,334	0,646	0,995	11,0		
16	1	7,7	9,3	c	1,867	0,194	11,036	1,066	0,941	14,0		
16	2	5,5	10,2	a	2,305	0,193	3,702	0,319	0,962	7,8		
16	2	5,5	10,2	b	1,731	0,178	5,207	0,499	0,930	10,3		
16	2	5,5	10,2	c	0,831	0,067	7,218	0,733	0,973	16,5		
16	3	4,6	12,6	a	1,797	0,185	3,805	0,349	0,861	8,8		
16	3	4,6	12,6	b	2,649	0,238	6,067	0,621	0,968	9,0		
16	3	4,6	12,6	c	1,935	0,166	7,436	0,768	0,892	11,7		

* Όριο εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0,95. **Χρόνος που απαιτείται σε μέση οριζία μεταβολή του ER μικρότερη από 2%

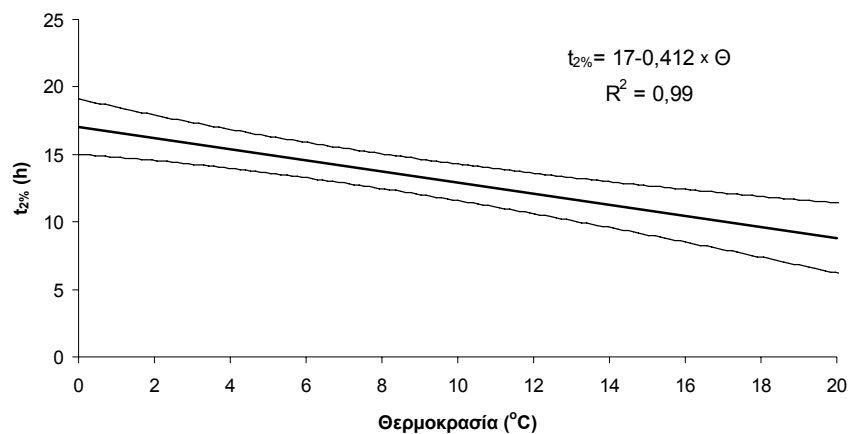
ούτε από το μέγεθος των φρούτων αλλά επηρεάζεται από την θερμοκρασία συντήρησης. Η ανάλυση διασποράς έδειξε ότι όντως η θερμοκρασία έχει σημαντική επίδραση στον χρόνο σταθεροποίησης του ρυθμού έκλυσης CO₂ για επίπεδο σημαντικότητας 0,95. Η ερμηνεία που δίνεται πρέπει να συνδεθεί με την αύξηση με την θερμοκρασία του εκλυόμενου και διακινούμενου μέσω των μεσοκυτταρίων πόρων αναπνευστικού διοξειδίου του άνθρακα που συμπαρασύρει και τα μόρια του συσσωρευμένου από την τροποποιημένη ατμόσφαιρα CO₂. Το χρονικό όριο $t_{2\%}$ συνδέεται με την θερμοκρασία συντήρησης με την σχέση $t_{2\%}=17,06-0,4124 \times \Theta$. Στο σχήμα 2 φαίνεται γραφικά η εξέλιξη του χρονικού ορίου $t_{2\%}$ με την θερμοκρασία συντήρησης καθώς και τα όρια εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0,95. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται ανάλογα αποτελέσματα που αφορούν τον ρυθμό έκλυσης CO₂ μήλων Golden Delicious που συντηρήθηκαν ομοίως σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Η στατιστική ανάλυση έγινε με τον ίδιο τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω για την ποικιλία Delicious Pilafa. Σύμφωνα με την ανάλυση αυτή ο συντελεστής a της σχέσης $ER=a+b/t$ εξαρτάται μόνο από την θερμοκρασία συντήρησης και όχι από το επίπεδο του CO₂ της τροποποιημένης ατμόσφαιρας όπως συμβαίνει και στην περίπτωση της ποικιλίας Delicious Pilafa. Ο συντελεστής b όπως και στα μήλα Delicious Pilafa δεν εξαρτάται ούτε από την θερμοκρασία συντήρησης, ούτε από την συγκέντρωση του CO₂ στις συσκευασίες αλλά και ούτε από το μέγεθος των φρούτων. Το χρονικό όριο $t_{2\%}$ για τα μήλα Golden Delicious συνδέεται με την θερμοκρασία συντήρησης με τη σχέση $t_{2\%}=15,99-0,3446 \times \Theta$ όπως φαίνεται γραφικά και στο σχήμα 3. Από τα πειραματικά δεδομένα των πινάκων 1 και 2 προκύπτει ότι δεν υπάρχει διαφορά (στατιστικά για επίπεδο σημαντικότητας 0,95) στην συμπεριφορά των δύο ποικιλιών όσο αφορά το χρονικό όριο σταθεροποίησης του ρυθμού αναπνοής (έκλυσης CO₂), που τοποθετείται στις δεκαπέντε έως είκοσι περίπου ώρες, ανάλογα με την θερμοκρασία συντήρησης.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

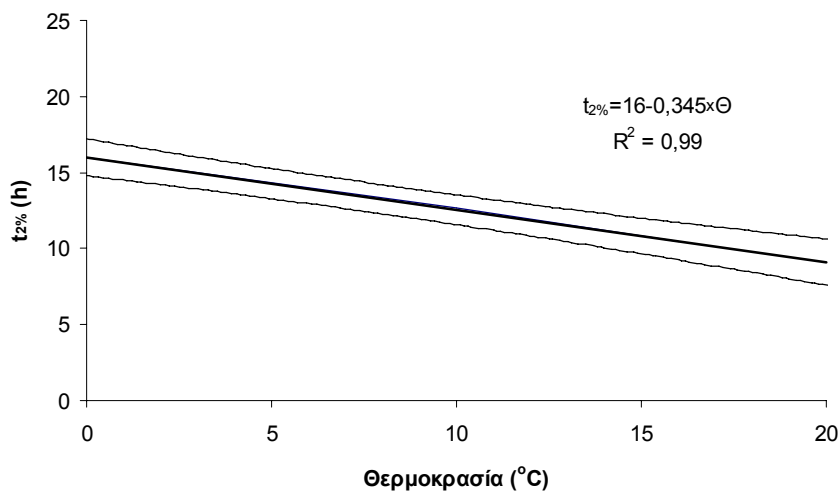
Η σταθεροποίηση του ρυθμού έκλυσης CO₂ μετά την έξοδο των μήλων Delicious Pilafa από τροποποιημένη ατμόσφαιρα (C.A. ή M.A.P.) ώστε να μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αυτός αντιπροσωπεύει την αποκατεστημένη αναπνευστική δραστηριότητα στον ελεύθερο αέρα, επιτυγχάνεται μετά από 15 έως 20 ώρες ανάλογα με την θερμοκρασία. Παρόμοιο χρονικό όριο απαιτείται και για τα μήλα Golden Delicious χωρίς να παρατηρούνται στατιστικές σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο ποικιλίες.

Η προτεινόμενη σχέση εκτίμησης του χρόνου αυτού σταθεροποίησης συναρτήσει της θερμοκρασίας είναι $t_{2\%}=17-0,4124 \times \Theta$ για τα μήλα Delicious Pilafa και $t_{2\%}=16-0,3446 \times \Theta$ για τα Golden Delicious.

Οι σχέσεις αυτές είναι χρήσιμες για τον σωστό έλεγχο του σταδίου ωριμότητας των συντηρούμενων σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα μήλων Delicious Pilafa ή Golden Delicious και της εκτίμησης του περαιτέρω δυναμικού συντήρησης τους.



Σχήμα 2. Μεταβολή του χρόνου σταθεροποίησης του ρυθμού έκλυσης του CO₂ με την θερμοκρασία συντήρησης για μήλα Delicious Pilafa.



Σχήμα 3. Μεταβολή του χρόνου σταθεροποίησης του ρυθμού έκλυσης του CO₂ με την θερμοκρασία συντήρησης για μήλα Golden Delicious.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Andrich. G. Zinnai. A. Balzini. S. Silvestrini. S. and Fiorentini R. 1994. The kinetic effect of P_{CO2} on the respiration rate of Golden Delicious apple. Acta Horticulturae. 368. 374-381

2. Isenberg, F. M. R. 1979. CA storage of vegetables. Horticultural Review. I. 337-394
3. Kader, A. A. 1985. Postharvest technology of horticultural crops. University of California.
4. Kader, A.A. Zagory, D. and Kerbel, E. L. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 28. 1-30.
5. Lambrinos, G. Manolopoulou, H. and Assimaki, H. 1993. Response of Pilafa Delicious apples to modified atmospheres. Acta Horticulturae. 379. 375-382.
6. Manolopoulou, H. Lambrinos, G. and Vlachou, A-M., 1995. Controlled atmosphere storage of Pilafa Delicious apples in pilote plan. Proceedings of the 19th Int. Congress of Refrigeration. The Hague. The Netherlands, Vol II. 281-286.
7. Mitropoulos, D. Lambrinos, G. and Manolopoulou, H. 2000. A portable setup for fruit respiration measurement. In: F.Artés et al. 'Improving postharvest technologies of fruits, vegetables and ornamentals'. Vol. II. International Institute of Refrigeration Edition. 926-931.
8. Phan, C. T. 1975. Respiration and respiratory climacteric. In Postharvest Physiology Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables. AVI Publ. Co. Westport.
9. Raghavan, G. S. V. and Gariepy, Y. 1989. Respiration activity of vegetables under CA. *ASAE/CSAE Meeting*. Québec. Paper N° 896034.

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΟΥ ΑΜΥΛΟΥ ΣΕ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΑΚΧΑΡΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΗΛΩΝ DELICIOUS PILAFA.

Δ. Μητρόπουλος*, Ε. Μανωλοπούλου**, Γρ. Λαμπρινός*
* Γ.Π.Α., Τμήμα ΑΦΠ-ΓΜ, Ιερά οδός 75, 11855, Αθήνα. Τηλ.: 210 5294035
email: apstore@aua.gr

** Τ.Ε.Ι.-Κ, Σ.Τ.Ε.Γ., Αντικάλamos-24100 Καλαμάτα. Τηλ. 2721045214

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή στοχεύει στη μελέτη της μεταβολής του αμύλου μήλων ποικιλίας Delicious Pilafa τόσο πριν όσο και μετά την συλλογή τους για διάφορες συνθήκες αποθήκευσης. Χρησιμοποιήθηκαν φρούτα τριών καλλιεργητικών περιόδων τα οποία συντηρήθηκαν σε θαλάμους 0 και 10°C καθώς και σε δυο κοινές αποθήκες. Η περιεκτικότητα των φρούτων σε άμυλο εκτιμήθηκε με δοκιμή ιωδίνης σε εγκάρσιες τομές στην ισημερινή περιοχή των φρούτων μετρώντας το ποσοστό της μεταχρωματισμένης επιφάνειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ποσοστό του αμύλου μειώνεται γραμμικά με το χρόνο τόσο κατά την τελευταία φάση ωρίμανσης πάνω στο δένδρο όσο και κατά την συντήρηση. Ο ρυθμός μείωσης εξαρτάται από την θερμοκρασία συντήρησης και υπερδιπλασιάζεται για αύξηση της θερμοκρασίας από 0 σε 10°C.

STARCH DEGRADATION OF DELICIOUS PILAFA APPLES.

D. Mitropoulos*, H. Manolopoulou and G. Lambrinos***

*A.U.A., Department of Natural Resources and Agricultural Engineering, Iera Odos 75, 11855, Athens. Tel.: 210 5294035
email: apstore@aua.gr

**Technological Educational Institute of Kalamata, Antikalamos, 24100, Kalamata

ABSTRACT

Starch degradation of *Delicious Pilafa* apples was studied at pre- and post-harvest phases and for various storage conditions. The study was extended in three successive cultivation periods. For this cause, apples stored in two refrigerated rooms at 0°C and 10°C and in two common warehouses were used. The fruits were cut across the equator line and starch concentration was quantitatively estimated by iodine stains in terms of percentage stained area compared to the total area. Results revealed that starch concentration decreases linearly with time, during the last phase of maturity on the tree as well as during storage. The rate of decrease depends on storage temperature and it doubles for temperature increase from 0°C to 10°C.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά την ωρίμανση των μήλων συμβαίνει πλήθος φυσιολογικών μεταβολών που επηρεάζουν την ποιοτική κατάσταση τους και καθορίζουν τον χρόνο συλλογής. Οι αλλαγές της αναπνευστικής δραστηριότητας, η μετατροπή του αμύλου σε διαλυτά σάκχαρα και η υδρόλυση των πηκτινών είναι μερικές από αυτές τις μεταβολές. Οι μεταβολές αυτές συνεχίζονται και μετά την συλλογή κατά την διάρκεια της ωρίμανσης και της υπερωρίμανσης / γήρατος [7].

Κατά την συντήρηση η ένταση αυτών των μεταβολών σχετίζεται όπως είναι γνωστό με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης κατά την στιγμή της συλλογής καθώς και τις συνθήκες αποθήκευσης (θερμοκρασία, υγρασία) [1], [7].

Κατά την τελευταία φάση της ζωής των καρπών πάνω στο δένδρο αλλά κυρίως κατά την αποθήκευση είναι χρήσιμες οποιεσδήποτε πειραματικές συσχετίσεις μπορούν να συνδέουν τις παρατηρούμενες μεταβολές στα φρούτα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες συντήρησης ώστε αυτές να χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της ποιοτικής μεταβολής (υποβάθμισης) των συντηρούμενων προϊόντων [6].

Έχει παρατηρηθεί ότι κατά την διάρκεια των τελευταίων εβδομάδων της ζωής των μήλων πάνω στο δένδρο, το ποσοστό του αμύλου μειώνεται αφού μετατρέπεται σε διαλυτά σάκχαρα [2], [4]. Σε εγκάρσιες τομές μήλων στην ισημερινή περιοχή είναι εύκολο να εντοπιστούν οι περιοχές που υπάρχει ακόμη άμυλο με μια απλή δοκιμή ιωδίνης (τεστ αμύλου). Αμέσως μετά την εφαρμογή του διαλύματος ιωδίνης οι περιοχές όπου υπάρχει άμυλο γίνονται σκούρες ενώ στις υπόλοιπες (όπου το άμυλο έχει υδρολυθεί) δεν παρατηρείται αλλοίωση του χρώματος της σάρκας. Η υδρόλυση του αμύλου ξεκινάει από το εσωτερικό του καρπού προς την περιφέρεια. Σε ορισμένες ποικιλίες όπως είναι η Delicious Pilafa η εξέλιξη της μετατροπής αυτής ακολουθεί ακτινική πορεία όπου ο μεταχρωματισμένος (σκούρος) δακτύλιος συνεχώς στενεύει, περιοριζόμενος στην εξωτερική περιοχή του μήλου. Σε κάποιες άλλες ποικιλίες όπως είναι και η ποικιλία Granny Smith η μεταβολή της μετατροπής του αμύλου δεν ακολουθεί καθαρά ακτινική πορεία παρουσιάζοντας σε όλη την επιφάνεια διάσπαρτες περιοχές [4], [5]. Το ποσοστό της επιφάνειας που μεταχρωματίζεται με μορφή ομόκεντρου δακτυλίου χρησιμοποιείται ως ένα επιπλέον κριτήριο προσδιορισμού του χρόνου συλλογής των μήλων [2], [3], [4], [5].

Αν και η υδρόλυση του αμύλου σε διαλυτά σάκχαρα συνεχίζεται και μετά την συλλογή, δεν έχει διαπιστωθεί βιβλιογραφικά η συσχέτισή του με τις συνθήκες και το χρόνο συντήρησης. Συσχετίσεις ανάμεσα στον ρυθμό μεταβολής του αμύλου και στο χρόνο αποθήκευσης σε διάφορες συνθήκες συντήρησης θα ήταν χρήσιμες να χρησιμοποιηθούν ως ένα επιπλέον εργαλείο τόσο για ποιοτική αξιολόγηση συντηρούμενων φρούτων όσο και για πρόβλεψη της συμπεριφοράς τους σε δεδομένες συνθήκες αποθήκευσης.

Στόχος λοιπόν της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της μεταβολής του αμύλου μήλων ποικιλίας Delicious Pilafa τόσο πριν όσο και μετά την συλλογή τους και για διάφορες συνθήκες αποθήκευσης καθώς και η διερεύνηση πιθανών σχέσεων που συνδέουν την μεταβολή αυτή του αμύλου με το χρόνο.

2. ΥΛΙΚΑ και ΜΕΘΟΔΟΙ

Η μελέτη αναφέρεται σε τρεις καλλιεργητικές περιόδους (1998, 1999 & 2000), η δε καταγραφή της μεταβολής του αμύλου πριν την συγκομιδή έγινε μόνο κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο.

Κατά την διάρκεια του Οκτωβρίου της πρώτης καλλιεργητικής περιόδου και σε τακτά χρονικά διαστήματα έγιναν πέντε δειγματοληψίες των 30 μήλων από τα ίδια πάντοτε δένδρα

προκειμένου να μελετηθεί η μεταβολή της ποσότητας του αμύλου των καρπών πριν την συγκομιδή.

Η κανονική συλλογή γινόταν στο τέλος Οκτωβρίου κάθε καλλιεργητικής περιόδου. Τα φρούτα μετά από διαλογή, ώστε να είναι ομοιόμορφου μεγέθους και σχήματος, ζυγίστηκαν ατομικά, τοποθετήθηκαν ανά 15 σε πλαστικά τελάρα και συντηρήθηκαν σε ψυκτικούς θαλάμους 0° και 10°C (R0 και R10) καθώς και σε δυο κοινές αποθήκες (W1 και W2). Η πρώτη αποθήκη (W1) ήταν μικρών διαστάσεων (4,70 x 3,10 x 2,30m), παλαιάς κατασκευής, χτισμένη με τσιμεντόλιθους χωρίς εσωτερικό και εξωτερικό επίχρισμα. Η δεύτερη (W2) ήταν παρόμοιων διαστάσεων (4,70 x 4,30 x 2,30m) με πέτρινους τοίχους μεγάλου πλάτους (>0,5 m) με εσωτερικό και εξωτερικό επίχρισμα. Η πρώτη αποθήκη χαρακτηρίζεται από μεγάλη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας (7°C) ενώ η δεύτερη από πολύ μικρή (2°C).

Σε κάθε χώρο αποθήκευσης (χειρισμό) τοποθετήθηκαν 12 τέτοια δείγματα των 15 μήλων. Η μέτρηση της ποσότητας του αμύλου έγινε σε τακτά χρονικά διαστήματα και κάθε φορά χρησιμοποιήθηκε ένα ολόκληρο δείγμα από κάθε χειρισμό.

Τα φρούτα μετά την συντήρηση μεταφέρονταν στο εργαστήριο, παρέμεναν αρκετή ώρα ώστε να αποκτήσουν την θερμοκρασία του περιβάλλοντος (18-20°C) και στην συνέχεια ζυγίζονταν ατομικά. Εκτός από την περιεκτικότητα του αμύλου μετριόταν η σκληρότητα (αντίσταση στην διάτρηση) με και χωρίς επιδερμίδα (F_s , F_p), καθώς και η ολική συγκέντρωση των διαλυτών στερεών (SSC).

Η περιεκτικότητα του αμύλου εκτιμήθηκε σε εγκάρσιες τομές στην ισημερινή περιοχή των μήλων με δοκιμές ιωδίνης, όπου η επιφάνεια που δεν μεταχρωματίζεται θεωρείται ότι δεν περιέχει πλέον άμυλο. Για τις δοκιμές χρησιμοποιήθηκε διάλυμα ιωδίου 0,05 N που εφαρμόστηκε στο ένα από τα δύο ημισφαίρια κάθε μήλου. Λίγα δευτερόλεπτα μετά την έκθεση των ιστών στο διάλυμα η μεταχρωματισμένη επιφάνεια γίνονταν ευδιάκριτη, οπότε το περίγραμμα της τομής του μήλου καθώς και η διαχωριστική γραμμή μεταξύ μεταχρωματισμένης και ανεπηρέαστης περιοχής αποτυπώνονταν με ανεξίτηλο μαρκαδόρο σε εύκαμπτα πλαστικά διαφανή φύλλα. Για να υπολογιστεί η συνολική και η μεταχρωματισμένη επιφάνεια, έγινε σάρωση των πλαστικών διαφανειών (150 dpi) και στην συνέχεια επεξεργασία με το λογισμικό πρόγραμμα Photoshop. Τελικά η περιεκτικότητα του αμύλου (S) εκφράστηκε ως ποσοστό % της συνολικής επιφάνειας της τομής του φρούτου στο οποίο ανιχνεύτηκε άμυλο.

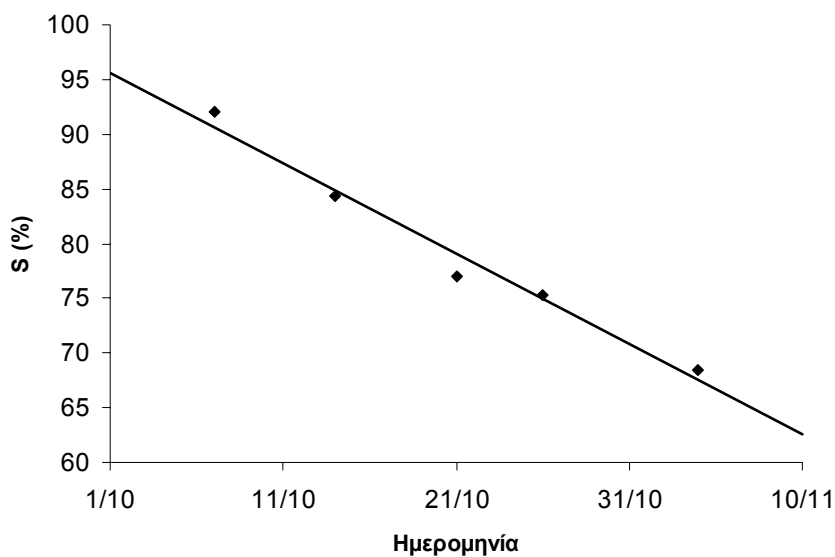
Για τη μέτρηση της σκληρότητας χρησιμοποιήθηκε σκληρόμετρο χειρός τύπου 'Effegi' με καθετήρα διαμέτρου 11 mm. Το σκληρόμετρο είχε προσαρμοστεί σε ειδική βάση για ομοιόμορφη διάτρηση και για ευκολότερο έλεγχο του βάθους διείσδυσης του καθετήρα. Σε κάθε μήλο γίνονταν δύο μετρήσεις με επιδερμίδα (F_s) και δύο χωρίς (F_p) σε αντιδιαμετρικές θέσεις του ισημερινού του καρπού. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφηκαν σε N.

Τα ολικά διαλυτά στερεά (SSC) μετρήθηκαν με επιτραπέζιο διαθλασίμετρο (AST SR 400) και εκφράστηκαν %.

Για την στατιστική επεξεργασία (ανάλυση διακύμανσης και παλινδρόμησης) χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα Statgraphics.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μεταβολή της περιεκτικότητας του αμύλου των φρούτων πριν την συγκομιδή φαίνεται στο σχήμα 1. Με γραμμική παλινδρόμηση εκτιμήθηκε ο μέσος ημερήσιος ρυθμός μεταβολής του ποσοστού αμύλου S και βρέθηκε ίσος με $-0,816 \pm 0,241$ (για επίπεδο σημαντικότητας 0,95) και με $R^2=0,975$.



Σχήμα 1. Μεταβολή του ποσοστού αμύλου (S) κατά την τελευταία φάση ωρίμανσης των μήλων Delicious Pilafa, πριν την συλλογή.

Στις τρεις καλλιεργητικές περιόδους που μελετήθηκαν, το ποσοστό του αμύλου κατά την συλλογή ήταν $S_1=71,4 \pm 3,5\%$, $S_2=62,6 \pm 8,4\%$ και $S_3=60,6 \pm 7,8\%$ χωρίς να παρατηρούνται σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ τους σε επίπεδο σημαντικότητας 0,95.

Το ποσοστό του αμύλου, όπως είναι αναμενόμενο, μειώνεται κατά την διάρκεια της αποθήκευσης. Προκειμένου να βρεθεί η καλύτερη μορφή σχέσης που μπορεί να αποδώσει τη μεταβολή αυτή με το χρόνο έγιναν παλινδρομήσεις για κάθε συνδυασμό καλλιεργητικής περιόδου και θερμοκρασίας αποθήκευσης. Ο χρόνος αποθήκευσης σε όλες τις περιπτώσεις έχει εκφραστεί σε μέρες. Ως κριτήριο για την επιλογή του καταλληλότερου μοντέλου χρησιμοποιήθηκε το τετράγωνο του συντελεστή συσχέτισης (R^2). Κατά τις παλινδρομήσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν απλά μοντέλα και αποκρίστηκαν αυτά που προσεγγίζουν ασυμπτωματικά τους άξονες X και Y γιατί είναι δεδομένο ότι το ποσοστό του αμύλου στην αρχή της αποθήκευσης έχει συγκεκριμένη τιμή που μπορεί να κυμαίνεται από 50% έως 70%, επιπλέον σε το ποσοστό αμύλου μηδενίζεται μετά την παρέλευση μερικών εβδομάδων ή μηνών (στις χαμηλές θερμοκρασίες) αποθήκευσης. Στον πίνακα 1 φαίνονται τα αποτελέσματα αυτών των παλινδρομήσεων για τρία μοντέλα συσχέτισης (Linear, Square-root X και square-root Y).

Πίνακας 1. Τετράγωνο του συντελεστή συσχέτισης (R^2) τριών μοντέλων

συσχέτισης, του ποσοστού του αμύλου και του χρόνου αποθήκευσης, για όλους τους συνδυασμούς καλλιεργητικών περιόδων και θερμοκρασιών συντήρησης.

Χρονιά	Θερμοκρασία συντήρησης	R ²		
		Linear	SqX*	SqY**
1	R0	0,960	0,842	0,959
1	R10	0,930	0,775	0,929
2	R0	0,857	0,930	0,837
2	R10	0,965	0,963	0,985
3	R0	0,965	0,988	0,991
3	R10	0,942	0,981	0,993
	Μέσο R²	0,928	0,878	0,928

* Square-root X **square-root Y

Από τον πίνακα 1 φαίνεται ότι το γραμμικό μοντέλο είναι καλύτερο από το sqX και εξίσου καλό με το SqY. Για λόγους βέβαια απλότητας προτιμήθηκε το γραμμικό μοντέλο έκφρασης της μεταβολής του ποσοστού αμύλου με το χρόνο συντήρησης. Στον πίνακα 1 υπάρχουν παλινδρομήσεις που αναφέρονται μόνο σε χώρους σταθερών συνθηκών (0 και 10°C) συντήρησης.

Στον πίνακα 2 φαίνονται τα αποτελέσματα γραμμικών παλινδρομήσεων για σχέσεις της μορφής $S=a+bx$ για κάθε συνδυασμό καλλιεργητικής περιόδου και θερμοκρασίας συντήρησης. Στον πίνακα αυτό έχουν συμπεριληφθεί και παλινδρομήσεις που αφορούν τις δυο αποθήκες (W1 και W2).

Η κλίση b της σχέσης $S=a+bx$ εκφράζει την μέση ημερήσια μεταβολή του ποσοστού του αμύλου S. Συγκρίνοντας τις τιμές του πίνακα 2 (για επίπεδο σημαντικότητας 0,95), προκύπτει ότι δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις καλλιεργητικές περιόδους, ενώ αντιθέτως παρουσιάζονται διαφορές μεταξύ των συνθηκών αποθήκευσης. Σε θερμοκρασία συντήρησης 0°C η μέση ημερήσια μεταβολή του ποσοστού του αμύλου κυμαίνεται από -0,485 έως -0,533%. Σε θερμοκρασία συντήρησης 10 °C η αντίστοιχη ημερήσια μεταβολή κυμαίνεται από -1,239 έως 1,260%. Η αύξηση δηλαδή της θερμοκρασίας συντήρησης από 0 σε 10°C οδηγεί σε περίπου 2,5 φορές αύξηση του ρυθμού υδρόλυσης του αμύλου.

Ανάμεσα στις δυο αποθήκες δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές, ο ρυθμός μάλιστα μεταβολής του αμύλου δεν διαφέρει στατιστικά από αυτόν που παρατηρήθηκε σε θερμοκρασία συντήρησης 10°C. Η συμπεριφορά δηλαδή των δύο αποθηκών πρακτικά ταυτίζεται με αυτή του θαλάμου σταθερής θερμοκρασίας συντήρησης 10°C.

Ο μέσος ημερήσιος ρυθμός μεταβολής του ποσοστού του αμύλου κατά την τελευταία φάση ωρίμανσης στο δένδρο περιλαμβάνεται μεταξύ του ρυθμού που παρατηρείται σε θερμοκρασία συντήρησης 0°C και του αντίστοιχου των 10°C, πλησιάζοντας περισσότερο την συμπεριφορά των μύλων που συντηρήθηκαν στους 0°C. Από συγκρίσεις των τιμών μεταβολής του αμύλου πριν και μετά την συλλογή, φαίνεται ότι ο ρυθμός μείωσης του αμύλου πάνω στο δέντρο δεν διαφέρει στατιστικά από αυτόν σε θερμοκρασία συντήρησης 0°C και για τις τρεις περιόδους συντήρησης. Όσο για το ρυθμό μείωσης του αμύλου σε θερμοκρασία συντήρησης 10°C, αυτός εμφανίζεται εντονότερος εξαιρέσει της πρώτης καλλιεργητικής περιόδου όπου δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 2. Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης του ποσοστού του αμύλου (S) με το χρόνο συντήρησης (t) για σχέσεις της μορφής $S=a+bx$.

Χρονιά	Θερμοκρασία συντήρησης	a		b		R ²
		MO	CL*	MO	CL*	
1	R0	79,66	4,41	-0,523	0,123	0,960
1	R10	81,91	8,60	-1,239	0,269	0,944
1	W1	71,69	7,16	-1,693	0,331	0,981
2	R0	54,10	11,77	-0,485	0,197	0,857
2	R10	59,17	7,36	-1,260	0,333	0,965
2	W1	48,54	11,30	-1,394	1,056	0,771
2	W2	55,30	9,61	-1,361	1,467	0,624
3	R0	55,06	6,30	-0,499	0,109	0,965
3	R10	56,91	5,89	-1,250	0,293	0,972
3	W1	54,24	12,06	-1,317	0,470	0,938
3	W2	54,78	11,96	-1,479	0,467	0,951

* CL: Όριο εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0,95.

Οι παλινδρομήσεις που παρουσιάζονται στον πίνακα 2 αναφέρονται σε σχέσεις της μορφής $S=a+bx$ όπου το a είναι μια στατιστική εκτίμησης του ποσοστού αμύλου στην έναρξη της αποθήκευσης. Αν και οι κλίσεις b χαρακτηρίζουν τον ρυθμό μείωσης του αμύλου, εντούτοις αποτελεί πρόβλημα το γεγονός ότι το αρχικό στατιστικά εκτιμώμενο ποσοστό αμύλου δεν ταυτίζεται με αυτό που μετρήθηκε σε κάθε καλλιεργητική περίοδο. Έτσι στον πίνακα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα παλινδρομήσεων για σχέσεις της μορφής $S=S_0+cx$, όπου S_0 είναι η μετρηθείσα τιμή του αμύλου κατά την συλλογή.

Στον πίνακα 3 οι τιμές του R^2 είναι μικρότερες σε σύγκριση με τον πίνακα 2 ειδικά στην αποθήκη W1 κατά την δεύτερη χρονιά. Αυτό βέβαια είναι αναμενόμενο αφού οι παλινδρομήσεις έγιναν με προϋπόθεση συγκεκριμένη αρχική τιμή του S .

Για κάθε συνδυασμό καλλιεργητικής περιόδου και θερμοκρασίας συντήρησης που εμφανίζεται στους πίνακες 2 και 3, οι τιμές των κλίσεων b ή c δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (για επίπεδο σημαντικότητας 0,95). Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις οι κλίσεις του συντελεστή c είναι εντονότερες από τις αντίστοιχες του b . Έτσι μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι τιμές του πίνακα 3 είναι ασφαλέστερες για τη πρόβλεψη του ρυθμού μεταβολής του ποσοστού αμύλου δεδομένης της θερμοκρασίας συντήρησης.

Όπως και στην περίπτωση των κλίσεων b του πίνακα 2 έτσι και σ' αυτές του πίνακα 3 δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις χρονιές αλλά μόνο μεταξύ των χειρισμών (θερμοκρασία συντήρησης).

Πίνακας 3. Αποτελέσματα γραμμικής συσχέτισης του ποσοστού αμύλου (S) με το χρόνο συντήρησης (t) για σχέσεις της μορφής $S=S_0+cx \cdot t$.

Χρονιά	Θερμοκρασία συντήρησης	c	CL*	R ²
1	R0	-0,500	0,050	0,937
1	R10	-1,038	0,197	0,909
1	W1	-1,795	0,174	0,975
2	R0	-0,606	0,118	0,783
2	R10	-1,390	0,181	0,950
2	W1	-1,959	0,669	0,578
2	W2	-2,057	0,519	0,676
3	R0	-0,579	0,076	0,930
3	R10	-1,402	0,179	0,951
3	W1	-1,530	0,247	0,905
3	W2	-1,673	0,239	0,929

* CL: Όριο εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0,95.

Το ποσοστό του αμύλου (ανεξάρτητα της χρονιάς) κατά την διάρκεια της συντήρησης φαίνεται ότι σχετίζεται αρκετά καλά με την σκληρότητα των φρούτων. Με γραμμική παλινδρόμηση των δεδομένων που αφορούν και τις τρεις περιόδους συντήρησης προέκυψαν οι ακόλουθες σχέσεις ανάμεσα στο ποσοστό του αμύλου S (%) και την σκληρότητα F_s και F_p (N).

$$S=103,6+1,793 \times F_s \quad R^2=0,713 \quad (1)$$

$$S=-54,5+1,571 \times F_p \quad R^2=0,854 \quad (2)$$

Αντίθετα με την σκληρότητα, η ολική συγκέντρωση των διαλυτών στερεών (SSC) δεν σχετίζεται με το ποσοστό του αμύλου όπως προέκυψε από γραμμική παλινδρόμηση των πειραματικών δεδομένων.

Η χρησιμότητα των σχέσεων 1 και 2 έγκειται στο γεγονός ότι συνδέουν το ποσοστό του αμύλου με ένα χαρακτηριστικό (σκληρότητα) που έχει ιδιαίτερη σημασία για την αποδοχή του φρούτου από τον καταναλωτή. Έτσι η μεταβολή του ποσοστού του αμύλου μπορεί έμμεσα να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της υποβάθμισης της ποιοτικής κατάστασης των συντηρούμενων μήλων.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η περιεκτικότητα του αμύλου στα μήλα Delicious Pilafa, εκφρασμένη ως ποσοστό της επιφάνειας εγκάρσιας τομής στην οποία ανιχνεύεται άμυλο, μειώνεται γραμμικά με το χρόνο κατά την τελευταία φάση ωρίμανσης με μέσο ημερήσιο ρυθμό $-0,816 \pm 0,241$.

Κατά την αποθήκευση, η μείωση του αμύλου είναι επίσης γραμμική συνάρτηση του χρόνου χωρίς να παρατηρούνται διαφορές (στατιστικά) μεταξύ των καλλιεργητικών περιόδων.

Ο μέσος ημερήσιος ρυθμός μείωσης του αμύλου επηρεάζεται από την θερμοκρασία αποθήκευσης. Σε θερμοκρασία 0°C η μέση ημερήσια μεταβολή του αμύλου είναι της τάξης του 0,5% ενώ η αύξηση της θερμοκρασίας από 0 σε 10°C οδηγεί σε αύξηση του ρυθμού υδρόλυσης του αμύλου κατά 2,5 φορές.

Οι αποθήκες παρουσιάζουν συμπεριφορά ανάλογη με τους θαλάμους συντήρησης θερμοκρασίας 10°C .

Ανεξάρτητα των συνθηκών αποθήκευσης, παρατηρείται καλή συσχέτιση μεταξύ της σκληρότητας (αντίσταση στη διάτρηση) και του ποσοστού της επιφάνειας στο οποίο ανιχνεύεται άμυλο. Αντιθέτως δεν συσχετίζεται η περιεκτικότητα του αμύλου με την ολική συγκέντρωση των διαλυτών στερεών.

Η καλή γραμμική συσχέτιση που παρατηρήθηκε ανάμεσα στο μετρούμενο ποσοστό αμύλου και τον χρόνο συντήρησης υποδηλώνει ότι το κριτήριο αυτό μπορεί να είναι χρήσιμο στην πράξη για τον έλεγχο της διαδικασίας συντήρησης των μήλων Delicious Pilafa στα πρώτα τουλάχιστον στάδια της.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Blankenship, S.M. Parker, M. Unrath, R. C. 1997. Use of maturity indices for predicting postharvest firmness of 'Fuji' apples. Hortscience 32, 909-910.
2. BROOKFIELD, P. MURPHY, P. HARKER, R. MACRAE, E. 1997. Starch degradation and starch pattern indices; interpretation and relationship to maturity. Postharvest Biology and Technology, 11:23-20.
3. PEIRS A. SCHEERLINCK N. PEREZ A. B. JANCOSOK P. NICOLAI B. 2002. Uncertainty analysis and modelling of the starch index during apple fruit maturation. Postharvest Biology and Technology, 26: 199–207.
4. REID, M.S. PADFIELD, C.A.S. WATKINS, C.B. HARMAN, J.E. 1982. Starch iodine pattern as a maturity index for Granny Smith apples. N.Z. J. Agric. Res. 25:229–237.
5. SMITH, R.B. LOUGHEED, E.C. FRANKLIN, E.W. MCMILLAN, I. 1979. The starch iodine test for determining stage of maturation in apples. Can. J. Plant Sci. 59:725–735.
6. TIJSKENS, L. M. M. and POLDERDIJK, J. J. 1996. A Generic Model for Keeping Quality of Vegetable Produce During Storage and Distribution. Agricultural Systems, 51(4):431-452.
7. WILLS, R. MCGLASSON, B. GRAHAM, D. JOYCE, D. 1998. Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. CAB International. Wallingford Oxon.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΟΜΜΕΝΟΥ ΕΤΟΙΜΟΥ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Ι. Μαρίτσα¹, Ε. Μανωλοπούλου¹, Γ. Λαμπρινός²

1.ΤΕΙ Καλαμάτας, Σχολή ΣΤΕΓ, Τμήμα Φ.Π, Αντικάλamos, 24100 Καλαμάτα email:
e.manolopoulou@teikal.gr

2. Γ.Π.Α- Τμήμα Α.Φ.Π & Γ.Μ., Ιερά Οδός 75-118 55, Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της επίδρασης της τροποποιημένης ατμόσφαιρας που δημιουργείται από τρία διαφορετικά εύκαμπτα φύλλα πολυαιθυλενίου,(LDPE-60, MDPE-60, PVC) στην ποιότητα κομμένου έτοιμου προς χρήση μαρουλιού τύπου Romana που συντηρήθηκε στους 5 °C για 15 ημέρες και στη συνέχεια μία ημέρα στους 20 °C (shelf-life). Οι συσκευασίες με τα πλαστικά φύλλα περιόρισαν αισθητά την απώλεια βάρους, διατήρησαν τη φωτεινότητα του χρώματος και την υφή του προϊόντος, οι δύο δε εξ αυτών (LDPE-60, MDPE-60) διατήρησαν στα αρχικά σχεδόν επίπεδα την οργανοληπτική ποιότητα

THE INFLUENCE OF PACKING ON SHREDDED READY-TO-USE LETTUCE QUALITY

I. Maritsa¹, E. Manolopoulou¹ and G. Lambrinos²

¹T.E.I. of Kalamata, Dept. of Crop Science, 24 100, Antikalamos, Kalamata

²Agronomic University of Athens, Dept. of N.R.M.& Agr. Eng.

75, Iera Odos Str. – 118 55, Athens, Greece, e-mail: refrigenergy@aau.gr

ABSTRACT

Aim of this work is to study the influence of the modified atmosphere packaging, on the quality of shredded ready-to- use Romaine type lettuce, stored for 15 days at 5°C and for one day (shelf-life) at 20 °C.

The employed plastic films (LDPE-60, MDPE-60, PVC) reduced significantly the weight loss and maintained the lightness of the colour, as well as the texture of the product; two of these packages (LDPE-60, MDPE-60) actually maintained the taste quality similar to the initial one.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Διεθνής Οργάνωση Φρέσκων κομμένων προϊόντων (IFPA) προσδιορίζει τα φρέσκα κομμένα προϊόντα σαν «φρούτα ή λαχανικά ή συνδυασμό αυτών, που έχουν υποστεί μία φυσική μεταβολή σε σύγκριση με την αρχική τους κατάσταση, αλλά διατηρούνται φρέσκα» [7].

Τα κομμένα, έτοιμα προς χρήση ψυχοσυντηρούμενα νωπά οπωρολαχανικά είναι μία ενδιαφέρουσα και γρήγορα αναπτυσσόμενη κατηγορία τροφίμων, που τράβηξε γρήγορα το ενδιαφέρον των εστιατορίων, των αλυσίδων γρήγορου φαγητού και της εργαζόμενης γυναίκας.

Τα έτοιμα αυτά προς χρήση προϊόντα είναι ωμά, φρέσκα προϊόντα που έχουν υποστεί μία ελαφριά επεξεργασία όπως ξεφλούδισμα και τεμαχισμό, ώστε να καταστούν έτοιμα προς κατανάλωση. Πρόθεση των μονάδων παραγωγής τους είναι να προμηθεύσουν τον καταναλωτή με ένα προϊόν όμοιο με το φρέσκο φρούτο ή λαχανικό, μεγάλης σχετικής διάρκειας που διατηρεί τη θρεπτική και οργανοληπτική του ποιότητα και είναι ασφαλές.

Ο τραυματισμός που προκαλείται κατά την προετοιμασία τους προάγει ορισμένες φυσικές και φυσιολογικές αλλαγές που επιταχύνουν την ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος [3,12]. Η πρώτη αλλαγή είναι η απομάκρυνση της επιδερμίδας και η έκθεση στον αέρα των εσωτερικών κυττάρων. Η αλλαγή αυτή διευκολύνει την απώλεια ύδατος καθώς και την είσοδο των παθογόνων μικροβίων. Η συσκευασία ή η εφαρμογή εδωδίων μεμβρανών μειώνει την απώλεια ύδατος διατηρώντας μία υψηλή σχετική υγρασία κοντά στην κομμένη επιφάνεια και επιπλέον λειτουργεί σαν φυσικό εμπόδιο που προστατεύει το προϊόν από μόλυνση.

Η απώλεια νερού και η κατάρρευση των κυττάρων στην κομμένη επιφάνεια αλλοιώνουν την εμφάνιση του φρέσκου προϊόντος. Ο τραυματισμός προκαλεί αύξηση της αναπνοής και της παραγωγής του αιθυλενίου επιταχύνοντας την ωρίμανση των κλιμακτηρίων φρούτων και προάγοντας τη σύνθεση και συσσώρευση φαινολικών συστατικών που συμβάλλουν στην καστανίωση των ιστών [15]. Οι αλλαγές αυτές ελέγχονται με τη συντήρηση σε χαμηλή θερμοκρασία, τη δημιουργία τροποποιημένης ατμόσφαιρας και την εφαρμογή παρεμποδιστών ειδικών χημικών αντιδράσεων.

Πριν μερικά χρόνια η συνιστώμενη θερμοκρασία για τη συντήρηση και τη διανομή των προϊόντων αυτών ήταν 8°C [13]. Η θερμοκρασία αυτή μειώθηκε σήμερα στους 4-6 °C χωρίς όμως να εφαρμόζεται στην πράξη.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της επίδρασης της τροποποιημένης ατμόσφαιρας που δημιουργείται από τη συσκευασία με εύκαμπτα φύλλα πολυαιθυλενίου, στην ποιότητα του κομμένου- έτοιμου προς χρήση- μαρουλιού.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.

2.1 Φυτικό υλικό: Χρησιμοποιήθηκαν μαρούλια τύπου Romana ποικιλίας Paris Island που αγοράστηκαν από παραγωγό της περιοχής. Η κοπή έγινε στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας, συσκευάστηκαν σε πλαστικά κιβώτια και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο μέσα σε μία ώρα.

2.2 Προετοιμασία του προϊόντος: Απομακρύνθηκαν τα εξωτερικά καθώς και τα εσωτερικά φύλλα «καρδιά». Ακολούθησε πλύσιμο των φύλλων με νερό της βρύσης για την απομάκρυνση υπολειμμάτων εδάφους. Στη συνέχεια τα φύλλα κόπηκαν με κοφτερό λείο μαχαίρι ώστε να μην δημιουργείται πληγή στο σημείο τομής. Το μέγεθος κοπής των φύλλων ήταν περίπου 3 x 5 cm. Το κομμένο προϊόν πλύθηκε με νερό θερμοκρασίας 5°C για 1 λεπτό και φυγοκεντρήθηκε με χειροκίνητη μηχανή σαλάτας για την απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού χωρίς να προκαλείται ορατή βλάβη. Περίπου 150 g έτοιμου προϊόντος τοποθετήθηκε σε δισκάκια πολυστερίνης διαστάσεων 23 x 7,5 x 2,5 cm που συσκευάστηκαν σε σακκούς PE χαμηλής ή

μέσης πυκνότητας. Ο μάρτυρας ετοιμάστηκε ακριβώς όπως και τα δείγματα της μελέτης αλλά καλύφθηκε με film PVC για να μη δημιουργηθεί τροποποιημένη ατμόσφαιρα στο εσωτερικό της συσκευασίας. Ετοιμάστηκαν 28 συσκευασίες ανά χειρισμό.

2.3 Μέθοδος συσκευασίας: Χρησιμοποιήθηκαν φύλλα πολυαιθυλενίου, χαμηλής πυκνότητας, πάχους 60μm (LDPE-60), μέσης πυκνότητας πάχους 60μm (MDPE-60), και PVC πάχους 13 μm. Το κλείσιμο των συσκευασιών έγινε με θερμοσυγκολλητική μηχανή (Electronic Impulse Sealer) στην περίπτωση των φύλλων του πολυαιθυλενίου και με θερμαινόμενη πλάκα (AP-500 E2) στην περίπτωση του PVC. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα δημιουργήθηκε παθητικά.

2.4 Συνθήκες συντήρησης: Όλα τα δείγματα συντηρήθηκαν στο σκοτάδι στους 5 °C. Η θερμοκρασία αυτή είναι μία θερμοκρασία στην οποία συντηρούνται τα περισσότερα έτοιμα προς χρήση προϊόντα. (6). Η διάρκεια συντήρησης ήταν 15 ημέρες. Ακολούθησε συντήρηση 1 ημέρας στους 20 °C (shelf-life).

2.5 Ανάλυση των εσωτερικών αερίων των συσκευασιών: Η μελέτη της μεταβολής των αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών γινότανε καθημερινά σε 10 δείγματα ανά τύπο πλαστικού. Η μέτρηση έγινε με τη βοήθεια του οργάνου CheckMate 9000 το οποίο είναι εφοδιασμένο με αναλυτή O₂ και CO₂. Το δείγμα ελαμβάνετο με υποδερμική βελόνα από σημείο της πλαστικής συσκευασίας που είχε κατάλληλα προετοιμαστεί. Η συγκέντρωση των αερίων εκφράστηκε επί τοις %.

2.6 Ποιοτικά χαρακτηριστικά: Για την εκτίμηση της ποιότητας του συσκευασμένου μαρουλιού χρησιμοποιήθηκαν οι κατωτέρω παράμετροι:

2.6.1 απώλεια βάρους: Για τη μέτρηση της απώλειας βάρους χρησιμοποιήθηκαν 10 δείγματα ανά τύπο πλαστικού. Οι μετρήσεις γινόντουσαν καθημερινά με τη βοήθεια ζυγού ακριβείας 0,01 g. Η απώλεια βάρους εκφράστηκε επί τοις % του αρχικού βάρους.

2.6.2 υφή: Για τη μέτρηση της υφής του τεμαχισμένου μαρουλιού χρησιμοποιήθηκε το όργανο Texture Analyser TA.XT2i που ήταν εφοδιασμένο με Krammer. Οι μετρήσεις γινόντουσαν κάθε 4 ημέρες σε 6 δείγματα ανά τύπο πλαστικού σε 10 g κομμένου μαρουλιού. Η δύναμη που απαιτήθηκε για το σπάσιμο της έτοιμης σαλάτας εκφράστηκε σε N.

2.6.3 χρώμα: Η μέτρηση του χρώματος γινότανε κάθε 4 ημέρες, σε 6 δείγματα ανά τύπο πλαστικού, σε 3 διαφορετικά σημεία της κάθε συσκευασίας (στα δύο άκρα και στο μέσο). Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το χρωματόμετρο Minolta CR-300. Πριν από κάθε μέτρηση το όργανο ρυθμιζόταν με πλάκα βαθμονόμησης (Y=92,6, X=0,3135 και Y=0,3193). Η μεταβολή του χρώματος εκφράστηκε με τις εξής παραμέτρους: L* το οποίο παρουσιάζει τη φωτεινότητα του μαρουλιού (0=μαύρο, 100=λευκό), a* που παρουσιάζει το πράσινο (-a*) και το κόκκινο (+a*) χρώμα, chroma που εκφράζει την καθαρότητα του χρώματος και υπολογίζεται με τον τύπο $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$.

2.6.4 Οπτική αξιολόγηση: Η αξιολόγηση γινότανε κάθε 4 ημέρες από μία ομάδα 6 κριτών, αμέσως μετά την έξοδο από το ψυγείο και μετά τη μεταφορά τους στον αέρα στους 20 °C για μία ημέρα. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν:

γενική οπτική ποιότητα. Η υποκειμενική κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτή που έχει προταθεί από τους Kader et al. (1973) και οι τιμές της κυμαίνονται μεταξύ 1 και 9 με 1= μη αποδεκτό, 9= εξαιρετικό, 5= ελάχιστο αποδεκτό.

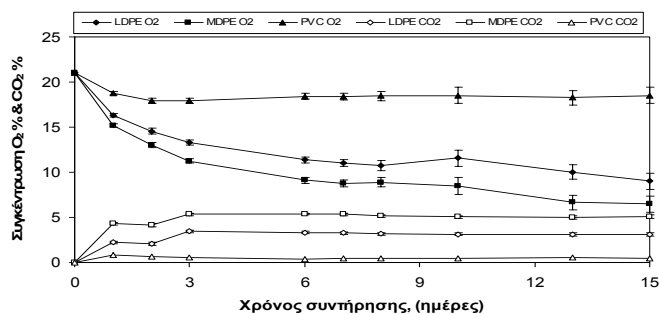
Καστάνωση της τομής. Η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε ήταν από το 1 στο 5 όπου 1= χωρίς καστάνωση, 5= σοβαρό ποσοστό καστάνωσης.

2.7 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ: Το πείραμα επαναλήφθηκε τρεις φορές και για κάθε μέτρηση χρησιμοποιήθηκαν 6 διαφορετικά δείγματα. Οι τιμές που παρουσιάζονται είναι ο μέσος όρος 18 (3x6) τιμών. Τα δεδομένα υπέστησαν ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) το δε στατιστικό πακέτο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Statgraphics 4.0. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση των μέσων όρων (p=0.05).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Μεταβολή των αερίων στις συσκευασίες .

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η μεταβολή των αερίων (O_2 , CO_2) στο εσωτερικό των συσκευασιών. Μπορούμε λοιπόν να παρατηρήσουμε τα εξής:

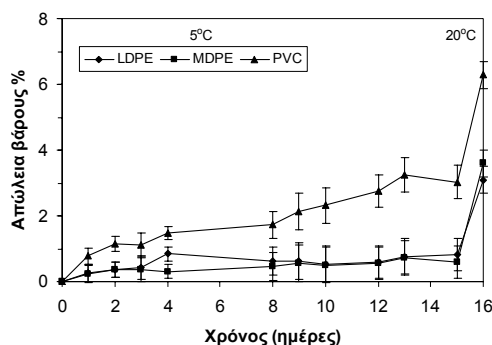


Σχήμα 1. Μεταβολή της εσωτερικής ατμόσφαιρας συσκευασιών κομμένου μαρουλιού κατά τη συντήρηση στους 5°C. (I=LSD $p=0.05$)

α) Μία πτώση του O_2 και μία αύξηση της συγκέντρωσης του CO_2 αμέσως μετά το κλείσιμο της συσκευασίας, β) η σταθεροποίηση της ατμόσφαιρας άρχισε από την 2^η ημέρα στην περίπτωση του CO_2 ενώ στην περίπτωση του O_2 δεν ολοκληρώθηκε από τις δύο συσκευασίες πολυαιθυλενίου μέχρι το τέλος της συντήρησης, γ) η συσκευασία με PVC δημιούργησε μία ατμόσφαιρα της οποίας η σύνθεση ήταν πολύ κοντά στην ατμοσφαιρική (19% O_2 , 0,5% CO_2), δ) η συσκευασία με MDPE ήταν φτωχότερη σε O_2 (6,5%) και πλουσιότερη σε CO_2 (5%) έναντι της συσκευασίας με LDPE που περιείχε 11,0% O_2 και 3% CO_2 . Η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική.

3.2. Απώλεια βάρους

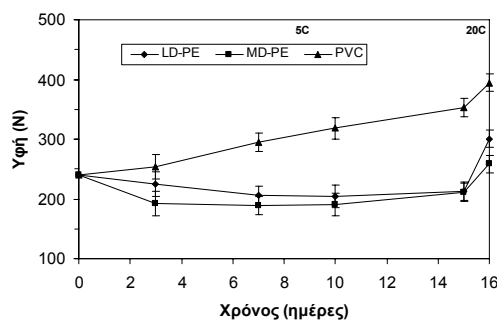
Η απώλεια βάρους του τεμαχισμένου μαρουλιού που συσκευάστηκε με τρία διαφορετικά films παρουσιάζεται στο σχήμα 2 απ' όπου παρατηρούμε ότι: α) οι συσκευασίες με MDPE και LDPE παρουσίασαν μία απώλεια της τάξης του 0,6-0,8% μέχρι το τέλος της συντήρησης, ενώ κατά τη διάρκεια της εμπορικής ζωής η απώλεια ανήλθε σε 3-3,5%, β) η συσκευασία με PVC μετά 15 ημέρες συντήρησης παρουσίασε μία απώλεια της τάξης του 3% ενώ στο τέλος της εμπορικής ζωής η απώλεια ανήλθε σε 6,3%.



Σχήμα 2. Μεταβολή του βάρους συσκευασμένου κομμένου μαρουλιού κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 5°C και του shelf-life στους 20°C. (I=LSD, $p=0.05$)

3.3 Υφή

Η μεταβολή της δύναμης που εφαρμόστηκε για το σπάσιμο του κομμένου μαρουλιού παρουσιάζεται στο σχήμα 3. Παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια της συντήρησης οι συσκευασίες με τα πλαστικά φύλλα MDPE και LDPE διατήρησαν την υφή σχεδόν στα αρχικά επίπεδα (απόκλιση 11%) ενώ η συσκευασία με PVC αύξησε την απαιτούμενη δύναμη κατά 47%. Στο τέλος της εμπορικής ζωής (shelf-life) σε όλες τις περιπτώσεις απαιτήθηκε μεγαλύτερη δύναμη για το σπάσιμο του μαρουλιού.



Σχήμα 3. Μεταβολή της υφής κομμένου μαρουλιού που συσκευάστηκε σε διαφορετικές πλαστικές συσκευασίες και συντηρήθηκε 15 ημ. στους 5°C και 1 στους 20°C.

3.4 Μεταβολή του χρώματος.

Στα σχήματα 4 και 5 παρουσιάζεται η μεταβολή του L^* , a^* και chroma. Παρατηρούμε ότι: Τα πλαστικά φύλλα διατήρησαν υψηλότερες τιμές της φωτεινότητας (L^*) ενώ στην περίπτωση του PVC παρατηρείται μία εντονότερη πτώση (σχ.4). Οι συσκευασίες MDPE και LDPE διατήρησαν σχεδόν στα αρχικά επίπεδα τις τιμές της χρωματικής παραμέτρου a^* ενώ η συσκευασία με PVC παρουσιάζει μία αύξηση των τιμών (σχ.4). Οι πλαστικές συσκευασίες MDPE και LDPE διατήρησαν την ένταση του χρώματος ενώ η συσκευασία με PVC παρουσίασε μία απότομη πτώση μέχρι την 3^η ημέρα και στη συνέχεια η ένταση του χρώματος

διατηρήθηκε σχεδόν σταθερή μέχρι το τέλος της συντήρησης (σχ.5). Οι μεταβολές του χρώματος δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των προϊόντων των συσκευασιών MDPE και LDPE ενώ παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαρουλιών των δύο ως άνω αναφερθέντων συσκευασιών και αυτών της συσκευασίας με PVC.

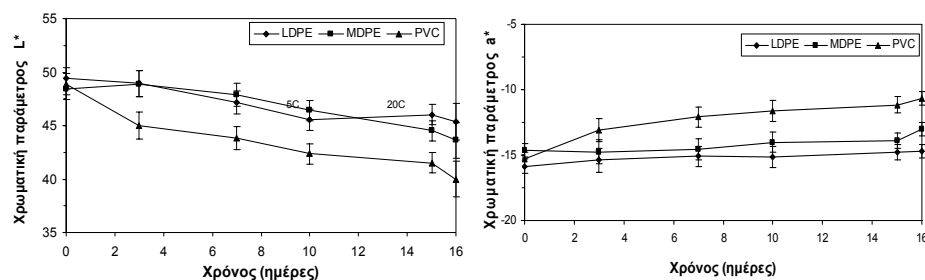
3.5 Οπτική αξιολόγηση

3.5.1 καστάνωση της τομής των φύλλων (σχ.6)

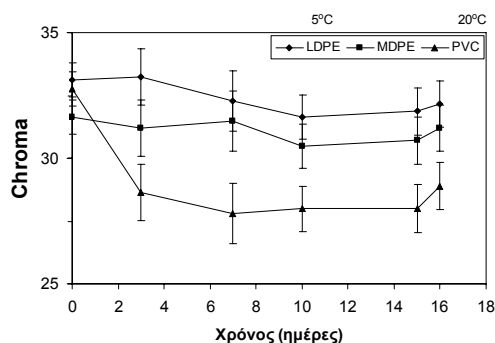
Μέχρι την 7^η ημέρα συντήρησης δεν υπάρχει στατιστική διαφορά μεταξύ των τριών χειρισμών. Μετά την 8^η ημέρα οι συσκευασίες με MDPE και LDPE διατήρησαν σε χαμηλά επίπεδα την καστάνωση του κομμένου μαρουλιού σε σύγκριση με τη συσκευασία με PVC. Στο τέλος της συντήρησης (15^η ημέρα) το κομμένο μαρούλι των συσκευασιών MDPE και LDPE κρίθηκε εμπορεύσιμο ενώ της συσκευασίας με PVC μη εμπορεύσιμο. Μετά 1 ημέρα στους 20 °C το κομμένο μαρούλι των συσκευασιών MDPE και LDPE ήταν ακόμα οριακά εμπορεύσιμο.

3.5.2 Συνολική εκτίμηση (σχ6)

Από την τρίτη ημέρα της συντήρησης υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του κομμένου μαρουλιού που συσκευάστηκε με PVC και αυτού που

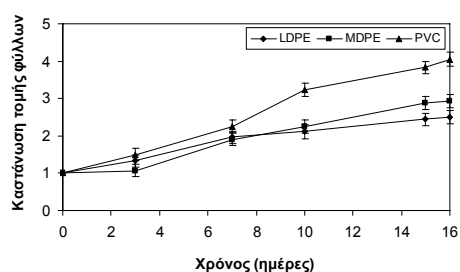
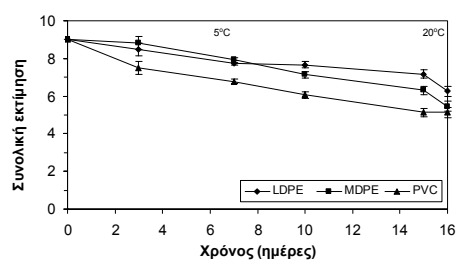


Σχήμα 4. Μεταβολή της φωτεινότητας (L*) και της χρωματικής παραμέτρου a^* , κομμένου μαρουλιού που συσκευάστηκε σε 3 διαφορετικές πλαστικές συσκευασίες και συντηρήθηκε 15 ημ. στους 5°C και 1 ημ. στους 20°C. (I=LSD, $p=0.05$)



Σχήμα 5. Μεταβολή του συνολικού χρώματος κομμένου μαρουλιού που συσκευάστηκε σε πλαστικές συσκευασίες και συντηρήθηκε 15 ημ. στους 5°C και 1 ημ. στους 20°C.

συσκευάσθηκε με MDPE και LDPE. Από την 10^η ημέρα της συντήρησης παρουσιάζεται σημαντική διαφορά μεταξύ της συσκευασίας με LDPE και αυτής με MDPE. Στο τέλος της συντήρησης (15^η ημέρα) η συσκευασία με LDPE διατήρησε σαφώς καλλίτερη τη γενική εμφάνιση του προϊόντος, η συσκευασία με MDPE διατήρησε το προϊόν οριακά εμπορεύσιμο ενώ η συσκευασία με PVC διατήρησε το προϊόν σε ενδιάμεση κατάσταση. Στο τέλος της εμπορικής ζωής (shelf-life) δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ συσκευασίας με PVC και MDPE ενώ η συσκευασία με LDPE διαφέρει στατιστικά από τις άλλες δύο.



Σχήμα 6. Συνολική οπτική αξιολόγηση και αξιολόγηση της καστανώσης της τομής του κομμένου και συσκευασμένου σε πλαστικές συσκευασίες μαρουλιού που συντηρήθηκε 15 ημ. στους 5°C και 1 ημ. στους 20°C. (I=LSD, $p=0.05$)

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.

Για να αυξηθεί ο χρόνος της εμπορικής ζωής και να καθυστερήσει η καστανώση στο σημείο της τομής του φρεσκοκομμένου μαρουλιού τύπου Romana πρέπει να

συντηρηθεί σε θερμοκρασία 1-3 °C και σε μία τροποποιημένη ατμόσφαιρα που να περιέχει 1-3% O₂ και 3-10% CO₂ [8,6,9]. Τα πλαστικά φύλλα που χρησιμοποιήθηκαν δημιούργησαν μία ατμόσφαιρα με υψηλότερα επίπεδα O₂ (6,5-11%) και χαμηλότερα επίπεδα CO₂ (3-5%) σε σύγκριση με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Και στις δύο συσκευασίες η μεταβολή της ατμόσφαιρας ήταν αργή κυρίως για το O₂. Τα κομμένα μαρουλία παρουσίασαν καστανώση στην τομή πριν το O₂ κατέβει σε χαμηλά επίπεδα. Για τη βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος και για την αύξηση της εμπορικής ζωής σύμφωνα με τους Ballantyne et al [1] θα πρέπει η συσκευασία με περατά φύλλα να συνδυασθεί με εμφύσηση με μίγμα φτωχό σε O₂ και πλούσιο σε CO₂.

Η απώλεια βάρους είναι ένας από τους σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του προϊόντος, διότι προκαλεί ποσοτική μείωση και ποιοτική υποβάθμιση. Οφείλεται δε στην αναπνοή και τη διαπνοή του προϊόντος. Η μείωση της υγρασίας επηρεάζει την εμφάνιση, την υφή και τη γεύση του προϊόντος. Η εμπορευσιμότητα του μαρουλιού επηρεάζεται από μία απώλεια της τάξης του 3% [11]. Ο Kader [8] θεωρεί τη διαπνοή σαν τη μεγαλύτερη αιτία των μετασυσπλεκτικών απωλειών και της υποβαθμισμένης ποιότητας των φυλλωδών λαχανικών. Οι πλαστικές συσκευασίες που χρησιμοποιήθηκαν μείωσαν αισθητά την απώλεια βάρους τόσο κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 5 °C όσο και κατά το shelf-life.

Το μαλάκωμα των ιστών είναι ένα σοβαρό πρόβλημα των κομμένων έτοιμων για κατανάλωση προϊόντων γιατί περιορίζει την εμπορική ζωή τους. Η υφή των έτοιμων για κατανάλωση προϊόντων είναι σημαντικός ποιοτικός παράγοντας που βρίσκονται στους ιστούς των προϊόντων και από την μείωση της σπαργής που οφείλεται στην απώλεια υγρασίας.

Η υφή του κομμένου μαρουλιού στην περίπτωση μας διατηρήθηκε από την τροποποιημένη ατμόσφαιρα που δημιουργήθηκε από τις πλαστικές συσκευασίες γεγονός που συμφωνεί με τους Portela και Cantwell [11] Η αύξηση της εφαρμοζόμενης δύναμης που απαιτείται στην περίπτωση του κομμένου μαρουλιού που συντηρήθηκε με PVC οφείλεται πιθανώς στην αυξημένη απώλεια βάρους που παρουσίασε η συσκευασία αυτή.

Το χρώμα συμβάλλει στην εμπορία των λαχανικών. Η παρατεταμένη συντήρηση προκαλεί την εμφάνιση καστανών κηλίδων που οφείλονται στην οξείδωση των φαινολών καθώς και βλαβών που οφείλονται στη γήρανση, στην αφυδάτωση ή στην βακτηριακή προσβολή [14]. Αυτές οι αλλαγές προκαλούν σκούρο χρώμα στους ιστούς και έτσι εξηγείται η μείωση της φωτεινότητας με το χρόνο συντήρησης. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα που δημιουργήθηκε από τις πλαστικές συσκευασίες LDPE και MDPE διατήρησε τις τιμές της φωτεινότητας σε υψηλότερα επίπεδα σε σύγκριση με τη συσκευασία με PVC. Η τιμή της χρωματικής παραμέτρου a^* αυξάνει με το χρόνο στις συσκευασίες με PVC. Η αύξηση αυτή οφείλεται σε μία αλλαγή του χρώματος από το πράσινο προς το κόκκινο και οφείλεται μάλλον στην οξείδωση των φαινολών [14] και την αποικοδόμηση της χλωροφύλλης [15]. Η μεταβολή της παραμέτρου a^* είναι η

ίδια στους δύο τύπους των συσκευασιών LDPE και MDPE αλλά είναι μεγαλύτερη στη συσκευασία με PVC. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα που δημιουργήθηκε από τις πλαστικές συσκευασίες φαίνεται ότι μείωσε την οξείδωση των φαινολικών ουσιών και παρεμπόδισε την αποικοδόμηση της χλωροφύλλης.

Ένας σημαντικός ποιοτικός παράγοντας των κομμένων έτοιμων προς χρήση λαχανικών είναι η καστάνωση των τομών που οφείλεται στη δράση της πολυφαινολοξειδάσης η οποία παρουσία O_2 μετατρέπει τις φαινολικές ουσίες σε σκούρες χρωστικές. Το κομμένο μαρούλι που συσκευάστηκε με PVC παρουσίασε σοβαρό ποσοστό καστάνωσης την 9^η ημέρα, ενώ η τροποποιημένη ατμόσφαιρα των συσκευασιών LDPE και MDPE καθυστέρησε την καστάνωση για 14 ημέρες γεγονός που συμφωνεί με τους Ballantyne et al. [1].

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα που δημιουργήθηκε από τις πλαστικές συσκευασίες και η θερμοκρασία των 5 °C, μπόρεσαν χωρίς σημαντική αφυδάτωση να διατηρήσουν την υφή και το χρώμα του κομμένου μαρουλιού για 15 ημέρες .

6. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η έρευνα αυτή κατέστη δυνατή χάρις στη χρηματοδότηση του προγράμματος «Αρχιμήδης» του ΥΠΕΠΘ και της ΕΕ

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ballantyne, A., Stark, R., and J.D. Selman.1988. Modified atmosphere packaging of shredded lettuce. International Journal of Food Science and Technology, 23, PP.267-279.
2. Bolin, H.R and C.C. Huxcoll. 1991. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad cut lettuce. J. Food Sci. V.56, pp. 60-67.
3. Brecht, J.K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. HortScience 30 : 18-21
4. Burton, W.G. 1982. Post-harvest physiology of food crops. N. York Longman.
5. Gloria Lopez-Galvez, Mikal Saltveit, Marita Cantwell, 1996. The visual quality of minimally processed lettuces stored in air or controlled atmosphere with emphasis on Romaine and Iceberg types. Post harvest Biology and Technology 8, pp.179-190.
6. Hamza, F., F. Castaigne, C. Willemot, G. Doyon and J.Makhlouf. 1996. Storage of minimally processed Romaine lettuce under controlled atmosphere. J. Food Quality 19, pp.177-188.
7. International Fresh-cut Produce Association (IFPA) and the produce Marketing Association (PMA) 1999. "Handling Guidelines for the Fresh-cut Produce Industry" 3 rd edition, pp. 57 IFPA, Alexandria, V.A.
8. Kader, A.A. 1983. Post harvest quality maintenance of fruits and vegetables in developing countries. In : Post harvest physiology and crop preservation. C.M . Lieberman ed. Plenum Press, N. York, p.455.
9. Kader, A.A., Lipton, W.J. and L.L.Morris. 1973. Systems for scoring quality of harvested Lettuce. HortScience 8, pp. 408-409.
10. King, J., A.D, and H.R. Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. Food Technologie, 43(2), pp. 132-135.

11. Portela, S.I and M.I. Cantwell. 1988. Quality changes of minimally processed honeydew melons stored in air or controlled atmospheres. *Post harvest Biology Technol.* V.14, pp. 351-357.
12. Saltveit, M.E. 1997. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In : *Phytochemistry of fruit and vegetables*. F.A Tomas- Barberan and R.J. Robins (eds), pp.205-220 *Processing's of the phytochemical Society of Europe* 41. Oxford Univ. Press, N.Y.
13. Scandella, D. 1988. 4eme gamme. L'évolution du code des bonnes pratiques professionnelles. *Infos- CTIFL, Hors-Serie « 4eme gamme »* pp.3-4.
14. Segall, K.I. and M.G. Scanlon. 1996. Design and analysis of a modified atmosphere package for minimally processed Romaine lettuce. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121, pp.722-729.
15. Toivonen, M.P., DeEll, R.J.2002. Physiology of fresh-cut Fruits and Vegetables. In : *Fresh-cut Fruits and Vegetables*. O. Lamikanra (ed), pp.91-123. C.R.C

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΗΛΩΝ DELICIOUS PILAFΑ ΚΑΙ GRANNY SMITH ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥΣ.

Δ. Μητρόπουλος, Γρ. Λαμπρινός, Ε. Αραβαντινός
Γ.Π.Α., Τμήμα ΑΦΠ-ΓΜ, Ιερά οδός 75, 11855, Αθήνα. Τηλ.: 210 5294035
email: apstore@aia.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της κατανομής της υγρασίας στους ιστούς μήλων Delicious Pilafa και Granny Smith κατά την αποθήκευση τους. Τα φρούτα συντηρήθηκαν σε θαλάμους θερμοκρασίας 0° και 20 °C. Ο υπολογισμός της περιεχόμενης υγρασίας έγινε με ξήρανση δειγμάτων ιστών. Η κατανομή της υγρασίας επηρεάζεται σημαντικότερα από την απόσταση από την επιδερμίδα σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης, μπορεί δε να περιγραφεί ικανοποιητικά σαν λογαριθμική συνάρτηση της απόστασης από την επιδερμίδα. Στα μήλα Granny Smith η κατανομή της υγρασίας είναι αρκετά ομαλότερη σε σχέση με τα Delicious Pilafa.

MOISTURE DISTRIBUTION IN THE PULP OF DELICIOUS PILAFA AND GRANNY SMITH APPLES.

D. Mitropoulos, G. Lambrinos and E. Aravantinos

A.U.A., Department of Natural Resources and Agricultural Engineering, Iera Odos 75,
11855, Athens. Tel.: 210 5294035
email: apstore@aia.gr

ABSTRACT

This study investigates the moisture distribution inside the pulp of *Delicious Pilafa* and *Granny Smith* apples, as this is formed, during their cold storage. The fruits were stored in controlled environment rooms at 0°C and 20°C. The moisture content calculation was carried out by drying samples, taken from the apples' pulp in a regular pattern. The experiments revealed that moisture distribution is influenced significantly by the distance from the epidermis, than the storage duration. The moisture distribution between the core and the epidermis can be expressed efficiently by a logarithmic relation. Finally was concluded that the moisture distribution in *Granny Smith* apples was more uniform than in *Delicious Pilafa* apples.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η απώλεια νερού των συντηρούμενων μήλων, εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες αποθήκευσης (θερμοκρασία, σχετική υγρασία) και υποβαθμίζει την ποιότητά τους. Η αφυδάτωση των καρπών συνδέεται τόσο με μεταβολές στην εμφάνιση (ρυτίδωση) όσο και με απώλεια άλλων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (τραγανότητα) [1],[7].

Πέρα από τις συνθήκες αποθήκευσης ο ρυθμός απώλειας υγρασίας εξαρτάται και από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ποικιλίας. Ορισμένες ποικιλίες όπως είναι και η Delicious Pilafa χαρακτηρίζονται από μικρή αντίσταση στην αφυδάτωση η οποία μπορεί να εξελιχθεί σε κυρίαρχο παράγοντα υποβάθμισης της ποιότητας των συντηρούμενων καρπών. Κάποιες άλλες ποικιλίες, όπως π.χ. η Granny Smith, χαρακτηρίζονται από μεγάλη αντίσταση στην απώλεια νερού. Αυτή η διαφορά συμπεριφοράς αποδίδεται τόσο σε μορφολογικά χαρακτηριστικά της επιδερμίδας (πάχος, πυκνότητα και μέγεθος στοματίων) όσο και στην ύπαρξη και δράση κεριών [2]. Στην εύκολα αφυδατούμενη ποικιλία Delicious Pilafa, η απώλεια μάζας οφείλεται κυρίως σε απώλεια νερού [4]. Υπάρχουν αρκετές ήδη αναφορές σχετικά με την αφυδάτωση της ποικιλίας Delicious Pilafa σε διάφορες συνθήκες αποθήκευσης, καθώς και συσχέτιση των απωλειών μάζας με τις συνθήκες αποθήκευσης [4], [5], [6]. Η απώλεια μάζας έχει επίσης συσχετιστεί και με τη μεταβολή της σκληρότητας (αντίσταση στην διάτρηση) των φρούτων [3]. Παρόλλα αυτά δεν έχει ακόμα μελετηθεί συστηματικά η μεταβολή της κατανομής της υγρασίας μέσα στο καρπό με τον χρόνο συντήρησης.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της εξέλιξης της κατανομής υγρασίας στο εσωτερικό του καρπού με το χρόνο αποθήκευσης σε δύο ποικιλίες μήλων, Delicious Pilafa και Granny Smith.

2. ΥΛΙΚΑ και ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν μήλα των ποικιλιών Delicious Pilafa και Granny Smith από οπωρώνα της περιοχής Τεγέας Αρκαδίας. Η συλλογή των φρούτων έγινε στο τέλος Οκτωβρίου 2004 για την πρώτη ποικιλία και στις αρχές Νοεμβρίου για την δεύτερη. Μετά την συλλογή τα μήλα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου έγινε διαλογή ώστε να είναι κατά το δυνατό ομοιόμορφου μεγέθους και σχήματος. Οι καρποί ζυγίστηκαν ατομικά και τοποθετήθηκαν σε δύο θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών 0 και 20°C, μέσα σε πλαστικά μονόσειρα τελάρα. Οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του θαλάμου καταγράφονταν με φορητές ηλεκτρονικές συσκευές (Hobo 8H, Onset Computer Corporation, Bourne, USA).

Σε τακτά χρονικά διαστήματα, ανάλογα με τον θερμοκρασιακό χειρισμό, επτά φρούτα μεταφέρονταν στο εργαστήριο σε θερμοκρασία δωματίου (18-20°C) και αφού παρέμεναν εκεί για αρκετό χρόνο ώστε να αποκτήσουν την θερμοκρασία του χώρου ζυγίζονταν ατομικά. Με ειδικό κοίλο κυλινδρικό κοπτικό όργανο αφαιρούνταν τέσσερις κύλινδροι διαμέτρου 8,5mm και μήκους 25 mm περίπου από συμμετρικές θέσεις στην ισημερινή περιοχή κάθε μήλου. Στην συνέχεια κάθε κύλινδρος τεμαχιζόταν σε μικρότερα τμήματα συγκεκριμένου μήκους (2 ή 5 mm ανάλογα με την απόσταση) με τομές σε συγκεκριμένες αποστάσεις από την επιδερμίδα (2, 4, 6, 8, 10, 15, 20 mm). Φυσικά η θέση των κυλινδρικών δειγμάτων θα αντιπροσωπεύεται από την γεωμετρική θέση του κέντρου βάρους τους ήτοι 1, 3, 5, 7, 9, 12,5, και 17,5 mm. Τα τέσσερα κυλινδρικά τεμάχια ίδιου βάθους από την επιδερμίδα αποτελούσαν ένα δείγμα το οποίο

ζυγιζόταν και στην συνέχεια ξηραίνονταν σε ειδικό φούρνο υπέρυθρης ακτινοβολίας (Kern RH 120-3, Kern & Sohn GmbH, Frommern, Germany). Κατά την διάρκεια της ξήρανσης η ζύγιση του δείγματος ήταν αυτόματη και συνεχής μέχρι τελικής σταθεροποίησης και καταγραφής του βάρους του πρακτικά ξηρού πλέον δείγματος. Η περιεκτικότητα των ιστών σε νερό εκφράστηκε σε ξηρή βάση (W_d) ως ποσοστό % της ξηράς ουσίας και σε υγρή βάση (W_w) ως ποσοστό του νερού βάρους του δείγματος με αναγωγή στις αρχικές τιμές στην έναρξη της αποθήκευσης. Για τον υπολογισμό του W_w χρησιμοποιήθηκε η μέση απώλεια μάζας (ML) που μετρήθηκε σε κάθε συνθήκη αποθήκευσης.

Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό λογισμικό πρόγραμμα statgraphics. Με ανάλυση διασποράς (ANOVA) η οποία έγινε χωριστά για κάθε ποικιλία και θερμοκρασία συντήρησης επιχειρήθηκε να εκτιμηθεί η επίδραση τόσο του χρόνου αποθήκευσης όσο και της απόστασης (βάθους) από την επιδερμίδα, στην περιεκτικότητα των ιστών σε νερό. Έγινε τέλος προσπάθεια να ποσοτικοποιηθεί η συσχέτιση της περιεχόμενης υγρασίας με την απόσταση από την επιδερμίδα.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ και ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ανάλυση διασποράς για τα μήλα Delicious Pilafa που συντηρήθηκαν τόσο στους 0°C όσο και στους 20°C έδειξε ότι η περιεκτικότητα των ιστών σε νερό (W_d) επηρεάζεται σημαντικά (για επίπεδο σημαντικότητας 0,95) από την απόσταση (βάθος) από την επιδερμίδα καθώς επίσης και από τον χρόνο συντήρησης. Και στις δύο συνθήκες συντήρησης, η κρίσιμη πιθανότητα p για τον παράγοντα 'απόσταση από την επιδερμίδα' είναι μικρότερη από 10^{-4} ενώ οι αντίστοιχες πιθανότητες για τον παράγοντα 'χρόνος' είναι 0,0142 και 0,0022 για 0 και 20°C αντίστοιχα.

Στον πίνακα 1 φαίνονται τα αποτελέσματα παλινδρομήσεων μεταξύ της περιεκτικότητας των ιστών σε νερό (W_d) και της απόστασης από την επιδερμίδα (D). Για τις παλινδρομήσεις αυτές έχει χρησιμοποιηθεί λογαριθμική σχέση της μορφής $W=a+b\ln(D)$. Το μοντέλο αυτό επιλέχθηκε επειδή παρουσίαζε υψηλότερες τιμές του συντελεστή συσχέτισης (R^2) σε σχέση με άλλα απλά μοντέλα (γραμμικό, εκθετικό, $1/x$, $\sqrt{x}$ κλπ).

Οι παλινδρομήσεις του πίνακα 1 έχουν γίνει χρησιμοποιώντας τους μέσους όρους των επτά μήλων που εξετάστηκαν, οι δε εξισώσεις που προκύπτουν μπορούν να εφαρμοστούν για απόσταση D από την επιδερμίδα μεταξύ 1 και 17,5 mm που είναι και τα γεωμετρικά κέντρα των δειγμάτων. Στην σχέση $W_d=a+b\ln(D)$, το a εκφράζει την εκτιμώμενη περιεκτικότητα των ιστών σε νερό κοντά στην ζώνη της επιδερμίδας ($D=1\text{mm}$) και το b συναρτάται με την κλίση της περιεκτικότητας W_d αυξανόμενου του βάθους από την επιδερμίδα του φρούτου.

Από συγκρίσεις των τιμών του πίνακα 1 (ανά ζεύγη), με βάση τα όρια εμπιστοσύνης, προκύπτει ότι γενικά δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο στο b όσο και στο a , μεταξύ των διαφόρων συνδυασμών του παραπάνω πίνακα. Με παλινδρόμηση όλων των δεδομένων για κάθε θερμοκρασιακό χειρισμό, προκύπτουν οι ακόλουθες εξισώσεις για 0 και 20°C ανεξάρτητα του χρόνου συντήρησης:

$$W_d=(349\pm 19)+(68,3\pm 9,5)\times\ln(D) \text{ με } R^2=0,983 \text{ για } 0^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$W_d=(328\pm 20)+(51,6\pm 10,3)\times\ln(D) \text{ με } R^2=0,965 \text{ για } 20^\circ\text{C} \quad (2)$$

Με παλινδρομήσεις ανάμεσα στην περιεκτικότητα των ιστών σε νερό (W_d) και το χρόνο συντήρησης για διάφορα βάθη από την επιδερμίδα και για τους δυο θερμοκρασιακούς χειρισμούς προκύπτουν πολύ μικρές τιμές του R^2 ανεξάρτητα του

χρησιμοποιούμενου μοντέλου υποδηλώνοντας ότι δεν είναι πρακτικά δυνατή η συσχέτιση του W_d με το χρόνο συντήρησης. Αυτό σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς που αναφέρθηκαν παραπάνω δείχνει ότι παρατηρήθηκαν αλλαγές στην περιεκτικότητα των ιστών σε νερό χωρίς όμως οι μεταβολές αυτές να έχουν σταθερή κατεύθυνση.

Πίνακας 1. Αποτελέσματα παλινδρομήσεων μεταξύ της περιεκτικότητας (W_d) των ιστών μήλων Delicious Pilafa σε νερό και της απόστασης από την επιδερμίδα (D) με χρήση του μοντέλου $W_d=a+b \ln(D)$. Η περιεκτικότητα των ιστών σε νερό έχει εκφραστεί ως ποσοστό % της ξηράς ουσίας και η απόσταση D σε mm.

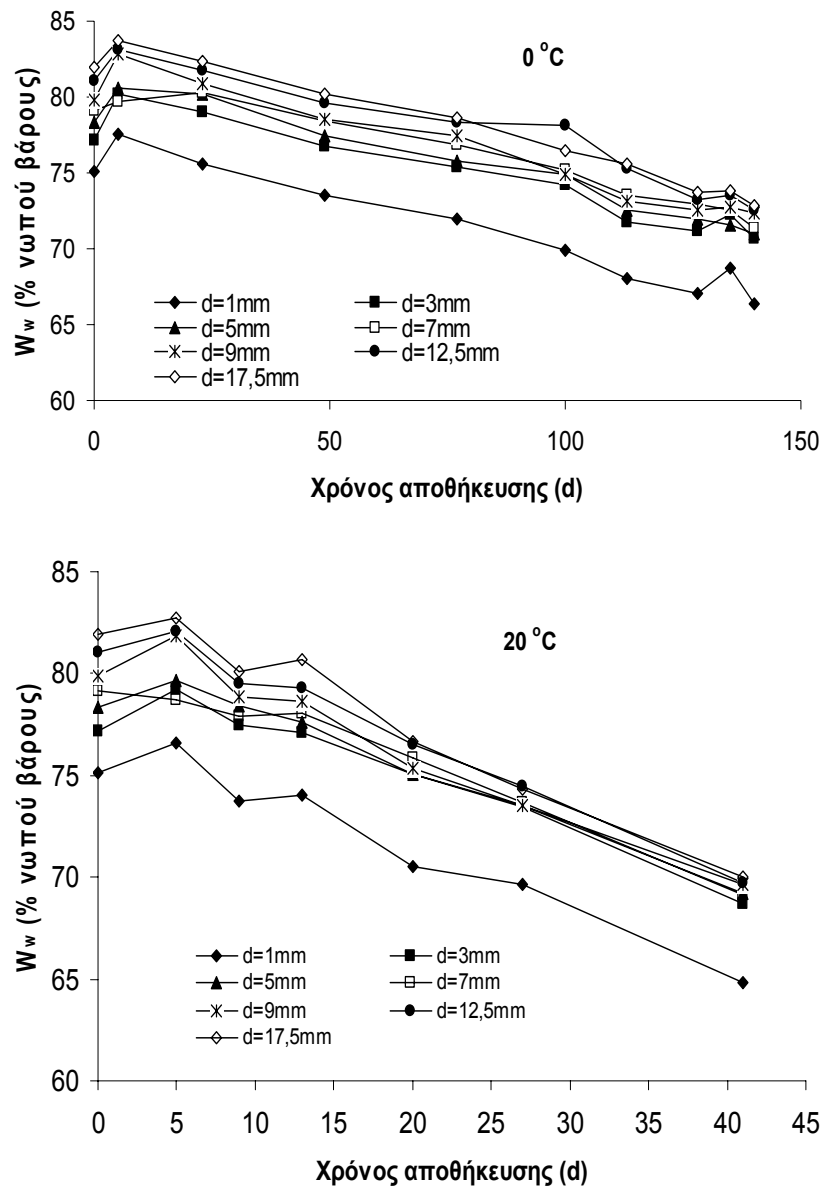
Θερμοκρασία συντήρησης	Χρόνος συντήρησης *	a	CL-a **	b	CL-b **	R ²
0	0	288,0	28,1	52,5	14,3	0,936
0	23	343,4	16,4	65,3	8,3	0,986
0	49	336,8	17,5	66,0	8,9	0,984
0	77	346,9	21,4	76,3	10,9	0,982
0	100	360,0	36,9	71,2	19,2	0,950
0	128	342,7	34,0	69,0	17,3	0,945
20	0	288,0	28,1	52,5	14,3	0,936
20	5	340,6	64,9	61,2	33,1	0,783
20	9	326,4	27,1	51,7	13,8	0,939
20	13	338,8	32,2	62,1	16,4	0,940
20	20	330,0	39,4	49,8	20,1	0,869
20	27	349,6	40,3	40,0	20,5	0,800
20	41	324,9	36,0	43,5	18,3	0,850

* Ο χρόνος συντήρησης έχει εκφραστεί σε μέρες

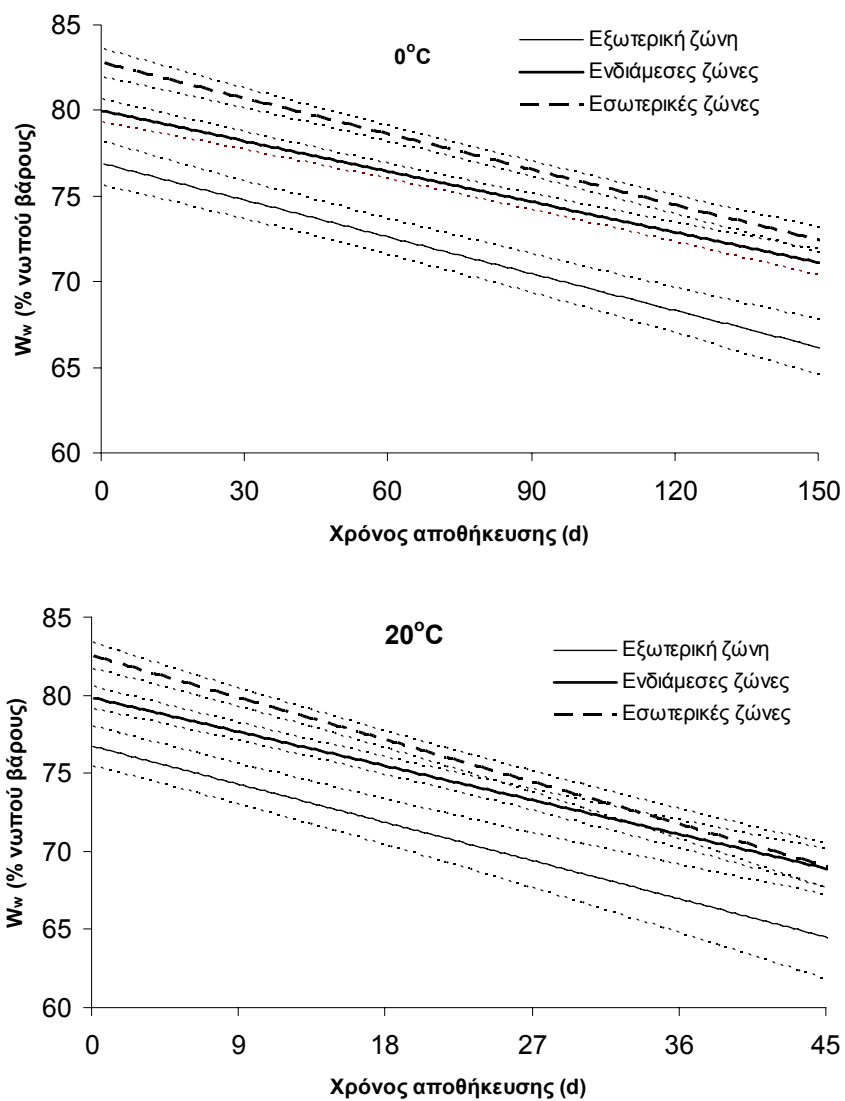
** CL: Όρια εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0,95.

Οι παρατηρούμενες διαφοροποιήσεις της περιεκτικότητας των ιστών σε νερό (W_d) δεν μπορεί να αποδοθούν στις περιβαλλοντικές συνθήκες δεδομένου ότι οι θάλαμοι συντήρησης λειτουργούσαν σε σταθερές συνθήκες. Μια πιθανή εξήγηση αυτής της συμπεριφοράς πιθανόν να είναι η ανομοιομορφία της πρώτης ύλης. Σ' αυτή βέβαια την περίπτωση θα έπρεπε να χρησιμοποιούνταν μεγαλύτερος αριθμός μήλων σε κάθε μέτρηση.

Στο σχήμα 1 φαίνεται η μεταβολή της περιεκτικότητας των ιστών σε νερό (W_w) με το χρόνο αποθήκευσης για διάφορα βάθη από την επιδερμίδα και για τους δύο θερμοκρασιακούς χειρισμούς. Στο σχήμα 2 φαίνεται γραφικά η παλινδρόμηση μεταξύ της περιεκτικότητας των ιστών σε νερό (W_w) και του χρόνου αποθήκευσης για τρεις διαφορετικές ζώνες ιστών. Η πρώτη ζώνη αναφέρεται σε βάθος μέχρι 2 mm, η δεύτερη (ενδιάμεση) από 2 mm έως 8 mm και η τρίτη (εσωτερική) από 8 mm έως 20 mm. Όπως φαίνεται στο σχήμα 2 ενώ στην αρχή οι τρεις ζώνες διαφέρουν στατιστικά, μετά από 135 μέρες αποθήκευσης στους 0°C και 25 στους 20°C τα όρια εμπιστοσύνης των εσωτερικών ζωνών επικαλύπτονται, ήτοι δεν υπάρχουν πλέον σημαντικές διαφορές σε περιεκτικότητα σε νερό μεταξύ τους. Όσο για την εξωτερική ζώνη, αυτή διαφοροποιείται καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος και στις δύο θερμοκρασίες αποθήκευσης.

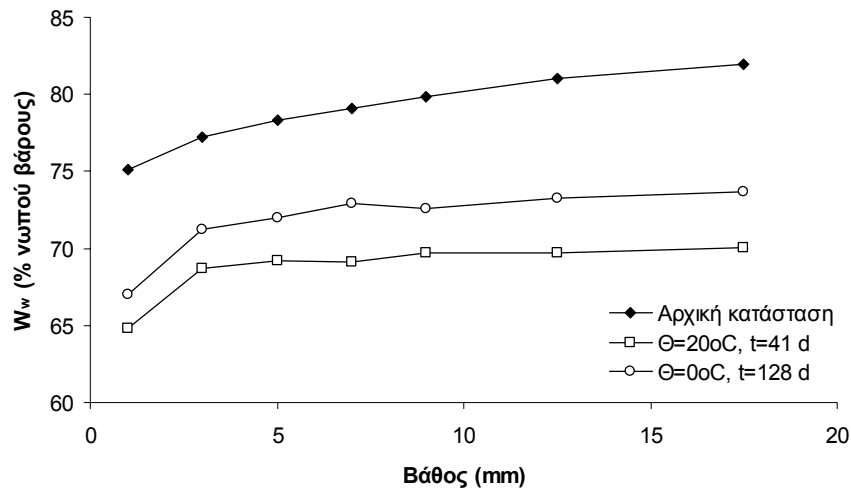


Σχήμα 1. Μεταβολή της περιεκτικότητας των ιστών σε νερό (W_w) με το χρόνο αποθήκευσης για διάφορα βάθη από την επιδερμίδα και για τους δύο θερμοκρασιακούς χειρισμούς (0°C , 20°C).



Σχήμα 2. Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ της περιεκτικότητας των ιστών σε νερό (W_w) και του χρόνου αποθήκευσης για τρεις διαφορετικές ζώνες ιστών και για τους δύο θερμοκρασιακούς χειρισμούς (0, 20°C). Με λεπτές διακεκομμένες γραμμές έχουν σχεδιαστεί τα όρια εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0,95.

Στο σχήμα 3 φαίνεται ενδεικτικά η μεταβολή της περιεκτικότητας των ιστών σε νερό (W_w) με την απόσταση από την επιδερμίδα, στην αρχή και στο τέλος της αποθήκευσης για τους δύο θερμοκρασιακούς χειρισμούς που μελετήθηκαν.



Σχήμα 3. Μεταβολή της περιεκτικότητας των ιστών σε νερό (W_w) με το βάθος από την επιδερμίδα, για τους δύο θερμοκρασιακούς χειρισμούς (0, 20°C) στην αρχή και στο τέλος της περιόδου αποθήκευσης.

Στο σχήμα 2 και 3 είναι εμφανής μια σύγκλιση των καμπυλών περιεκτικότητας υγρασίας με το χρόνο αποθήκευσης, εσωτερικών και ενδιάμεσων ζωνών και στις δύο θερμοκρασίες αποθήκευσης, που δείχνει μια ανακατανομή της υγρασίας στις ενδότερες στρώσεις και μια τάση ομογενοποίησης στη συγκέντρωση νερού στις ζώνες αυτές. Η ομογενοποίηση αυτή των ενδότερων ζωνών στους 20°C ξεκινάει σε 25 περίπου ημέρες ενώ στους 0°C στις 135 περίπου ημέρες.

Στον πίνακα 2 φαίνονται αποτελέσματα παλινδρομήσεων για τα μήλα της ποικιλίας Granny Smith χρησιμοποιώντας λογαριθμική μορφή σχέσης όπως και στην περίπτωση της ποικιλίας Delicious Pilafa.

Από συγκρίσεις των τιμών του πίνακα 2 (ανά ζεύγη), με βάση τα όρια εμπιστοσύνης, προκύπτει ότι γενικά δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο στο b όσο και στο a, μεταξύ των διαφόρων συνδυασμών του παραπάνω πίνακα. Με παλινδρόμηση όλων των δεδομένων για κάθε θερμοκρασιακό χειρισμό, προκύπτουν οι ακόλουθες εξισώσεις για 0 και 20°C ανεξάρτητα του χρόνου συντήρησης:

$$W_d = (457 \pm 12) + (41,2 \pm 12,5) \times \ln(D) \text{ με } R^2 = 0,66 \text{ για } 0^\circ\text{C} \quad (3)$$

$$W_d = (462 \pm 33) + (36,6 \pm 16,5) \times \ln(D) \text{ με } R^2 = 0,61 \text{ για } 20^\circ\text{C} \quad (4)$$

Οι τιμές του R^2 στην περίπτωση του πίνακα 2 και στις σχέσεις (3) και (4) είναι μειωμένες σε σχέση με αυτές που παρατηρήθηκαν στα μήλα Delicious Pilafa. Αυτό μάλλον οφείλεται στις μεγαλύτερες μεταβολές που παρατηρούνται στην ποικιλία Delicious Pilafa.

Η ανάλυση διασποράς για αυτή την ποικιλία έδωσε ανάλογα αποτελέσματα με την ποικιλία Delicious Pilafa. Ο παράγοντας 'απόσταση από την επιδερμίδα' εμφανίζεται

να έχει ισχυρότερη επίδραση από τον χρόνο αποθήκευσης. Στην θερμοκρασία των 0°C η μέση περιεκτικότητα των ιστών σε νερό παρουσιάζει αυξομειώσεις με το χρόνο συντήρησης που πιθανόν να οφείλονται σε ανομοιομορφία της πρώτης ύλης. Στους 20°C παρουσιάζει αυξητική τάση με το χρόνο συντήρησης που δεν μπορεί να αποδοθεί σε κάποιο άλλο παράγοντα παρά σε διαφορές της πρώτης ύλης. Φαίνεται δηλαδή ότι είναι αναγκαίο να μετριέται η περιεκτικότητα του νερού σε σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό μήλων προκειμένου να μειωθεί η επίδραση της ανομοιομορφίας αυτής.

Η παράμετρος b της σχέσης $W=a+b \ln(D)$ δείχνει μεγαλύτερη σταθερότητα στο χρόνο σε σχέση με την ποικιλία Delicious Pilafa. Επίσης οι τιμές των κλίσεων b είναι αρκετά μικρότερες στην περίπτωση των μήλων Granny Smith όπως φαίνεται στους πίνακες 1 και 2 αλλά και στις σχέσεις (1) έως (4). Αυτό πιθανότατα οφείλεται στην μεγαλύτερη αντίσταση της επιδερμίδας των μήλων Granny Smith στην απώλεια νερού που προφανώς μειώνει την κλίση της συγκέντρωσης νερού στο εσωτερικό των μήλων.

Πίνακας 2. Αποτελέσματα παλινδρομήσεων μεταξύ της περιεκτικότητας (W_d) των ιστών μήλων Granny Smith σε νερό και της απόστασης από την επιδερμίδα (D) με χρήση του μοντέλου $W_d=a+b \ln(D)$. Η περιεκτικότητα των ιστών σε νερό έχει εκφραστεί ως ποσοστό % της ξηράς ουσίας και η απόσταση D σε mm.

Θερμοκρασία συντήρησης	Χρόνος συντήρησης *	a	CL-a **	b	CL-b **	R ²
0	0	430,3	29,3	38,4	14,9	0,877
0	61	487,1	52,8	38,5	26,9	0,677
0	85	434,8	69,0	46,2	35,2	0,634
0	113	452,2	48,9	38,6	24,9	0,714
0	141	480,5	51,7	44,6	26,3	0,749
20	0	430,3	29,3	38,4	14,9	0,877
20	5	437,3	46,2	39,1	23,5	0,749
20	20	460,7	37,9	21,6	12,3	0,747
20	50	467,4	55,2	42,3	27,4	0,776
20	63	522,3	58,3	40,5	29,7	0,650

* Ο χρόνος συντήρησης έχει εκφραστεί σε μέρες

** CL: Όρια εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0,95.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την μελέτη αυτή προκύπτει ότι η περιεκτικότητα των ιστών των μήλων σε νερό κατά την διάρκεια της αποθήκευσης μπορεί να περιγραφεί ικανοποιητικά σαν λογαριθμική συνάρτηση της απόστασης από την επιδερμίδα με καλύτερα αποτελέσματα στην ποικιλία Delicious Pilafa.

Ο χρόνος συντήρησης δεν φαίνεται να παίζει τόσο σημαντικό ρόλο στην περιεκτικότητα των ιστών των μήλων σε νερό όσο η απόσταση από την επιδερμίδα. Αύξηση του αριθμού των μήλων που μετρούνται κάθε φορά ενδεχομένως να μείωνε την επίδραση της ποικιλομορφίας της πρώτης ύλης και να αναδείκνυε καλύτερα την πιθανή επίδραση του χρόνου αποθήκευσης.

Στα μήλα Granny Smith η μεταβολή της περιεκτικότητας των ιστών σε νερό με την απόσταση από την επιδερμίδα είναι αρκετά ομαλότερη σε σχέση με τα Delicious Pilafa.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η έρευνα αυτή κατέστη δυνατή χάρις στην χρηματοδότηση του προγράμματος 'Πυθαγόρας' από το Υπ.Ε.Π.Θ. και την Ε.Ε.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Hatfield. S. G. S. and Knee. M. 1988. Effects of water loss on apples in storage. *International Journal of Food Science*. 23:575-583.
2. Λαμπρινός Γ. και Μανωλοπούλου Ε. 1995. Αφυδάτωση των μήλων κατά την συντήρηση με έμφαση στα μήλα Pilafa Delicious. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων. Αθήνα. 322-328.
3. Mitropoulos. D. and Lambrinos. G. in press. Changes in firmness of apples affected by moisture loss during storage. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*.
4. Mitropoulos. D., Lambrinos. G. and Xanthopoulos. G. 2004. Moisture loss prediction of Delicious Pilafa apple during storage. *Proceedings of the AgEng 2004 Conference, Engineering the Future, Leuven-Belgium*. 2:1110-1111.
5. Mitropoulos. D. and Lambrinos. G. 2000. Apple dehydration under warehouse conditions. In: F. Artés et al. (Eds) 'Improving postharvest technologies of fruits, vegetables and ornamentals'. Vol.I, IIR Edition. 187-193.
6. Μητρόπουλος, Δ. και Λαμπρινός, Γ. 2000. Αφυδάτωση μήλων ποικιλιών Pilafa Delicious και Granny Smith κατά την αποθήκευση. Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργ. Μηχανικής, Βόλος. 433-440.
7. Tu. K. Nicolai. B. De. Baerdemaeker. J. 2000. Effects of relative humidity on apple quality under simulated shelf temperature storage. *Scientia Horticulturae*. 85:217-229.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΣΥΚΩΝ ΣΕ ΜΟΝΗ ΣΤΡΩΣΗ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Γ. Ξανθόπουλος*, Ν. Οικονόμου*, Ε. Μανωλοπούλου και Γρ.
Λαμπρινός***

*Γ.Π.Α – Τμήμα Α.Φ.Π & Γ.Μ., Ιερά Οδός 75 – 118 55, Αθήνα
e-mail: refrigenergy@aua.gr

**Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, 24 100, Αντικάλamos, Καλαμάτα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή τη μελέτη παρουσιάζεται η μαθηματική προτυποποίηση ξήρανσης σε μονή στρώση, σύκων (*Ficus carica L. var. tsapela*) με αντλία θερμότητας κλειστού τύπου. Δοκιμάστηκαν συνδυασμοί ταχυτήτων αέρα 1.0–5.0 m/s και θερμοκρασιών (46.1–60°C) για την ξήρανση ολόκληρων σύκων έως τελική περιεχόμενη υγρασία 20% w.b. Επτά ημιεμπειρικά μοντέλα ξήρανσης σε μονή στρώση υιοθετήθηκαν για την περιγραφή των πειραματικών καμπυλών ξήρανσης και ταξινομήθηκαν σύμφωνα με τους στατιστικούς συντελεστές (R^2 , SSE, χ^2 , RMSE). Η συσχέτιση της θερμοκρασίας T και της ταχύτητας V του αέρα, με τους συντελεστές και τις σταθερές των μοντέλων ξήρανσης έγινε με γραμμική πολλαπλή παλινδρόμηση.

MATHEMATICAL MODELLING OF A THIN LAYER DRYING OF FIGS IN AN EXPERIMENTAL HEAT PUMP

G. Xanthopoulos*, N. Oikonomou*, E. Manolopoulou and G.
Lambrinos***

*Agronomic University of Athens, Dept. of N.R.M. & Agr. Eng.
75, Iera Odos Str. – 118 55, Athens, Greece, e-mail: refrigenergy@aua.gr

**T.E.I. of Kalamata, Dept. of Crop Science, 24 100, Antikalamos, Kalamata

ABSTRACT

In this study the mathematical modelling of a thin layer drying of figs (*Ficus carica L. var. tsapela*) with the use of an experimental heat pump of closed circuit, is presented. A range of air velocities (1.0–5.0 m/s) and temperatures (46.1–60°C) were tested for the efficiency of the apparatus to dry uncut figs to moisture content 20% wb. Seven different thin layer drying models were compared according to their coefficients of determination (R^2 , SSE, χ^2 , RMSE) to estimate drying curves. The influence of the drying air temperature T and velocity V on the drying model constants and coefficients were predicted by multiple regression adopting a linear type model.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

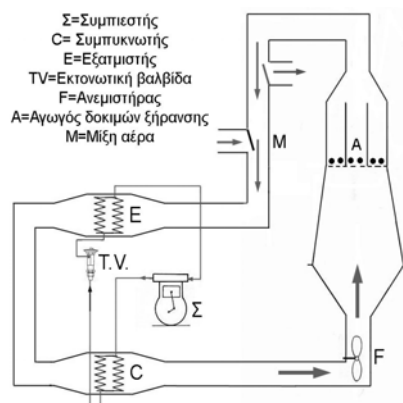
Η ξήρανση γεωργικών προϊόντων είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος συντήρησης η οποία συντελεί στην φυσικο-χημική σταθερότητα μέσω της ελάττωσης της ενεργότητας του νερού. Έτσι προκύπτουν νέα προϊόντα, με νέες ποιοτικές και θρεπτικές ιδιότητες. Έχουν δημοσιευθεί πολλές επιστημονικές εργασίες στην ξήρανση φρούτων (δαμάσκηνα, βερίκοκα, σύκα, σταφίδα, κ.α.) με ήλιο ή σε ρεύμα αέρα [13, 10, 11, 6, 14, 1, 3]. Οι υψηλές θερμοκρασίες ξήρανσης με τις οποίες λειτουργούν τα συμβατικά ξηραντήρια προκαλούν ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος. Μία εναλλακτική μέθοδος ξήρανσης είναι αυτή με αντλία θερμότητας. Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται από χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, χαμηλότερη υγρασία του αέρα ξήρανσης και χαμηλότερες θερμοκρασίες ξήρανσης σε σύγκριση με τα συμβατικά ξηραντήρια. Προκαταρκτικές έρευνες [17] έδειξαν ότι το χρώμα και το άρωμα των ξηραίνόμενων προϊόντων με αντλία θερμότητας, ήταν καλύτερο από αυτό των συμβατικών ξηραντηρίων αέρα.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ανάπτυξη ενός στατιστικού μοντέλου το οποίο να περιγράφει την ξήρανση ολόκληρων σύκων σε πειραματικό ξηραντήριο με αντλία θερμότητας για διάφορους συνδυασμούς συνθηκών (θερμοκρασία αέρα □ ταχύτητα αέρα).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματική συσκευή

Μία πειραματική αντλία θερμότητας κλειστού κυκλώματος (Σχήμα 1), σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στο “Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας” του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών [15].



Σχήμα 1. Πειραματική διάταξη της αντλίας θερμότητας

Οι συνθήκες ξήρανσης (θερμοκρασία, ταχύτητα και απόλυτη υγρασία του αέρα ξήρανσης) μπορούν να ελεγχθούν εντός των ορίων λειτουργίας της πειραματικής συσκευής.

Ο αγωγός δοκιμών ξήρανσης αποτελείται από δύο ομόκεντρους, κυλινδρικής διατομής,

διαφανείς πλαστικούς σωλήνες με διατομή 0.3 m και 0.15 m αντίστοιχα, οι οποίοι φέρουν στη βάση τους μεταλλικό πλέγμα επάνω στο οποίο τοποθετούνται τα σύκα προς ξήρανση. Ο εσωτερικός σωλήνας φέρει ένα καλάθι από συρμάτινο πλέγμα, εντός του οποίου τοποθετούνται σύκα προς ξήρανση και τακτικό έλεγχο. Σε τακτά χρονικά διαστήματα τα σύκα ζυγίζονταν ατομικά και καταγραφόταν η απώλεια υγρασίας τους. Ο αέρας πριν την είσοδό του στο χώρο ξήρανσης διερχόταν από μία ειδική διάταξη σκοπός της οποίας ήταν η ομογενοποίηση του προφίλ του ρεύματος αέρα ώστε να εξασφαλίζονται συνθήκες σταθερής μεταφοράς θερμότητας στη στρώση ξηραίνόμενων σύκων. Η διαστασιολόγηση αυτής της κατασκευής πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό ρευστομηχανικής, Fluent 5.1 [7, 15].

2.2 Πειραματική διαδικασία

Η θερμοκρασία και η απόλυτη υγρασία του ανακυκλούμενου αέρα μειωνόταν κατά την διόδου του από τον εξατμιστή. Στη συνέχεια, στο συμπυκνωτή, ο αέρας αυτός θερμαινόταν ισοϋγρασιακά και κατευθυνόταν στο θάλαμο ξήρανσης.

Γινόταν συστηματική καταγραφή της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας καθώς και των συνθηκών στα διάφορα μέρη της αντλίας θερμότητας. Για τις μετρήσεις αυτές χρησιμοποιούνταν θερμοζεύγη τύπου K με ακρίβεια $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ και διακριτικής ικανότητας 0.1°C . Η σχετική υγρασία εντός του θαλάμου ξήρανσης μετριόταν με έναν αισθητήρα υγρασίας, μοντέλο AHLBORN MESS και τύπου THERM 2280-1, υγρού-ξηρού θερμομέτρου, ο οποίος είχε ακρίβεια $\pm 2.0\%$ και διακριτική ικανότητα 0.5%.

Η θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα αμέσως μετά τη στρώση των ξηραίνόμενων σύκων, καταγραφόταν από έναν ηλεκτρονικό καταγραφέα Hobo 8H (Onset Computer Corp.) του οποίου η διακριτική ικανότητα ήταν 0.4°C και 0.5% ενώ η ακρίβεια ήταν $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ και $\pm 3.0\%$ για τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία αντίστοιχα.

Η ταχύτητα του αέρα μετριόταν με ένα ανεμόμετρο, μοντέλο CLIMATHERM, θερμαινόμενου νήματος πριν την είσοδό του στο θάλαμο ξήρανσης, το οποίο είχε ακρίβεια $\pm 0.05\text{m/s}$, και διακριτική ικανότητα 0.1m/s.

Τα ξηραίνόμενα δείγματα ζυγίζονταν σε έναν ηλεκτρονικό ζυγό, ακρίβειας $\pm 0.2\text{g}$, διακριτικής ικανότητας 0.1g και μέγιστης χωρητικότητας 0.4kg.

Οι μετρήσεις συλλέγονταν από έναν ηλεκτρονικό σταθμό καταγραφής CR10X της Campbell Scientific Ltd. ο οποίος έστελνε τα δεδομένα σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα σε προσωπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή

2.3 Προετοιμασία δείγματος και συνθήκες ξήρανσης

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν με φρέσκα σύκα, ποικιλίας *Τσαπέλα*, προελεύσεως Καλαμών, μέσης αρχικής περιεχόμενης υγρασίας 2.48 kg νερού ανά kg ξηράς ουσίας (71.3% υγρής βάσης) και μέσης διαμέτρου 39.5cm. Σε όλες τις περιπτώσεις, η μέση πυκνότητα των σύκων, εντός του θαλάμου ξήρανσης, ήταν 6.6 kg/m^3 σε μονόσειρη διάταξη. Τα φρέσκα σύκα ξηραίνονταν ολόκληρα, χωρίς καμία χημική εφαρμογή πριν την ξήρανσή τους.

Η θερμοκρασία του αέρα εντός του θαλάμου ξήρανσης κυμάνθηκε από $46.1\text{--}49.6^{\circ}\text{C}$ με την εφαρμογή ταχυτήτων αέρα 1.0–5.0 m/s και χωρίς συμπληρωματική θέρμανση. Η αύξηση της ταχύτητας του αέρα μειώνει τη θερμοκρασία του αέρα ξήρανσης, οπότε για τον έλεγχο υψηλότερων θερμοκρασιών ξήρανσης, 55°C και 60°C , απαιτήθηκε και η χρήση ηλεκτρικών αντιστάσεων. Οι ταχύτητες αέρα που εφαρμόστηκαν ήταν 1.0, 2.0,

3.0 και 3.5 m/s. Οι συνθήκες ξήρανσης, (Πίνακας 1), που ελέγχθηκαν στόχευαν στην ελαχιστοποίηση του χρόνου ξήρανσης, θέτοντας ως τελική περιεχόμενη υγρασία των σύκων το 20% υγρής βάσης.

Πίνακας 1. Οι συνθήκες ξήρανσης που ελέγχθηκαν

Συνθήκη Ξήρανσης	Μέση Σχετική Υγρασία Αέρα (%)	Θερμοκρασία Αέρα (°C)	Ταχύτητα Αέρα (m/s)
A	12.60	49.6	1.0
B	17.65	47.2	2.0
C	10.65	60.0	2.0
D	9.00	60.0	3.0
E	13.88	47.9	3.0
G	10.34	55.0	3.5
H	9.77	55.0	3.0
I	12.90	46.1	4.0
K	9.70	55.0	2.0
L	15.64	46.8	5.0
N	10.37	55.0	1.0

Οι χρόνοι ξήρανσης κυμάνθηκαν από 23 h (60°C, 3.0 m/s) έως 53.3 h (47.2°C, 2.0 m/s). Η μελέτη της ενεργειακής κατανάλωσης για κάθε συνθήκη ξήρανσης περιγράφεται από τους Οικονόμου κ.α. 2005.

Η απόλυτη υγρασία του αέρα εντός του θαλάμου ξήρανσης κυμάνθηκε από 7 έως 10 g νερού ανά kg ξηρού αέρα. Η μεταβολή του βάρους των ξηραϊνόμενων σύκων (ατομικά) καταγραφόταν σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η περιεχόμενη υγρασία των φρέσκων σύκων υπολογίστηκε μετά από ξήρανση σε φούρνο 105°C μέχρι σταθερού βάρους [2].

2.4 Υπολογισμός του ισόρροπου ποσοστού υγρασίας και μαθηματική προτυποποίηση των καμπύλων ξήρανση.

Το ισόρροπο ποσοστό υγρασίας των σύκων M_{eq} , υπολογίστηκε από την εξίσωση GAB (Guggenheim–Anderson–DeBoer) η οποία συνήθως χρησιμοποιείται στην ξήρανση φρέσκων αγροτικών προϊόντων [18] και έχει την ακόλουθη αναλυτική μορφή:

$$M_{eq} = \frac{M_{gm} \cdot Y \cdot K \cdot \alpha_w}{(1 - K \cdot \alpha_w) \cdot (1 - K \cdot \alpha_w + Y \cdot K \cdot \alpha_w)} \quad (1)$$

όπου οι συντελεστές Y και K δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$Y = \alpha \cdot \exp\left(\frac{\Delta H_y}{R_g \cdot T_{abs}}\right) \quad K = \beta \cdot \exp\left(\frac{\Delta H_k}{R_g \cdot T_{abs}}\right)$$

Οι σταθερές των προηγούμενων σχέσεων έχουν τις ακόλουθες τιμές για σύκα, $M_{gm}=12\%$ ξηρά βάση, $\alpha=3.95 \cdot 10^{-4}$, $\Delta H_y=H_{mo}-H_{mu}=1,144.7$ kJ/kg, $\beta=1.104$, $\Delta H_k=H_l-H_{mu}=-19.83$ kJ/kg, [20].

Οι καμπύλες ξήρανσης των σύκων, $M=f(t)$, όπου M είναι η περιεχόμενη υγρασία των

σύκων σε υγρή βάση και t είναι ο χρόνος ξήρανσης σε h , μετασχηματίστηκαν στην αδιάστατη περιεχόμενη υγρασία (επί ξηράς βάσης) MR και προσαρμόστηκαν σε επτά διαφορετικά ημιεμπειρικά μοντέλα ξήρανσης μονής στρώσης (Πίνακας 2) με στατιστική ανάλυση (Statgraphics Plus 5.1), [19].

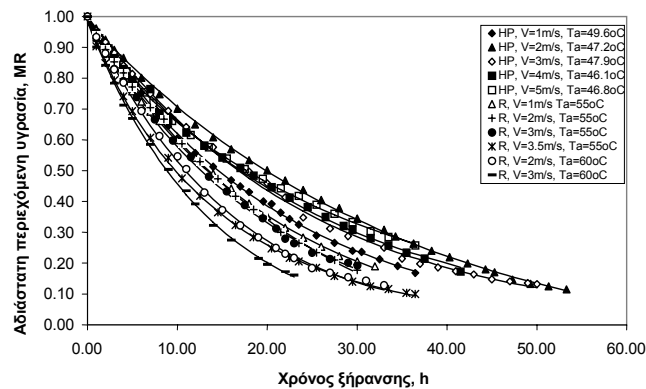
Πίνακας 2. Ημιεμπειρικά μοντέλα ξήρανσης μονής στρώσης

Μοντέλο	Μαθηματική έκφραση	Βιβλιογραφία
Newton	$MR = \exp(-kt)$	[4], [16]
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	[4], [16]
Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	[23], [9]
Logarithmic	$MR = a \exp(-kt) + c$	[22]
Two term	$MR = a \exp(-k_0 t) + b \exp(-k_1 t)$	[8]
Wang and Singh	$MR = 1 + a t + b t^2$	[21]
Modified Henderson and Pabis	$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$	[12]

Έγινε σύγκριση των R^2 , RMSE, SEE και χ^2 για την επιλογή του καλύτερα προσαρμοζόμενου μοντέλου. Τέλος με εφαρμογή πολλαπλής παλινδρόμησης μελετήθηκε η επίδραση των μεταβλητών ξήρανσης στις σταθερές και στις μεταβλητές του επιλεγέντος μοντέλου.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

Η περιεχόμενη υγρασία των σύκων από κάθε πειραματική δοκιμή (θερμοκρασία αέρα x ταχύτητα αέρα) $M=f(t)$ μετατράπηκε σε αδιάστατη περιεχόμενη υγρασία, MR και ελέγχθηκε στατιστικά ποιο από τα επτά μοντέλα ξήρανσης σε μονή στρώση (Πίνακας 2) περιγράφει καλύτερα τις καμπύλες της αδιάστατης περιεχόμενης υγρασίας. Στο (Σχήμα 2), παρουσιάζονται για κάθε περίπτωση, τόσο η μεταβολή της πειραματικής αδιάστατης περιεχόμενης υγρασίας όσο και η αντίστοιχη καμπύλη του καλύτερα προσαρμοσμένου μοντέλου, αναλυτικά στοιχεία του οποίου εμφανίζονται στον (Πίνακα 3).



Σχήμα 2. Μεταβολή της αδιάστατης περιεχόμενης υγρασίας με το χρόνο ξήρανσης για όλες τις συνθήκες ξήρανσης.

Πίνακας 3. Συντελεστές και σταθερές του Λογαριθμικού μοντέλου ξήρανσης για όλες

τις συνθήκες ξήρανσης.

No	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ & ΣΤΑΘΕΡΕΣ	SEE	R ²	x ²	RMSE
A	a=1.0056071, k=0.046151357, c=-0.013237985	0.00652445	0.999364	0.0009365	0.028707 6
B	a=1.1169051, k=0.028833762, c=-0.12988083	0.00608847	0.999570	0.0010009	0.030013 1
C	a=1.0197639, k=0.063100218, c=-0.01436378	0.01061000	0.998808	0.0020263	0.041675 3
D	a=1.0205352, k=0.072802629, c=-0.036033118	0.00950433	0.999006	0.0011743	0.030889 1
E	a=1.0223836, k=0.039575342, c=-0.02457264	0.01167390	0.998620	0.0031344	0.052657 1
G	a=0.95471733, k=0.071333125, c=0.026834532	0.00635800	0.999564	0.0008085	0.026514 7
H	a=1.0420133, k=0.049273369, c=-0.057944816	0.00960807	0.998862	0.0015694	0.036523 3
I	a=0.99207967, k=0.038380454, c=-0.015301956	0.01251600	0.997743	0.0034463	0.055070 4
K	a=1.1711725, k=0.040476592, c=-0.17976026	0.00712934	0.999382	0.0008132	0.026169 3
L	a=0.87807302, k=0.045790788, c=0.10484571	0.00972928	0.998383	0.0017985	0.039411 5
N	a=1.0184935, k=0.04795613, c=-0.036323406	0.00695022	0.999360	0.0008695	0.027299 9

Το *Λογαριθμικό* μοντέλο ξήρανσης αποδείχθηκε το καλύτερο και γι' αυτό το λόγο επιλέχθηκε ως το αντιπροσωπευτικότερο για το σύνολο των πειραματικών δοκιμών.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι το *Λογαριθμικό* μοντέλο ξήρανσης μπορεί να εφαρμοστεί στην προτυποποίηση της ξήρανσης σύκων με αντλία θερμότητας, αλλά μόνο του δεν μπορεί να προσδιορίσει την επίδραση της θερμοκρασίας και ταχύτητας του αέρα ξήρανσης στην εξέλιξη του φαινομένου. Η επίδραση αυτών των παραγόντων ξήρανσης στη σταθερά k (h^{-1}) και στους αδιάστατους συντελεστές a και c του μοντέλου, εκφράστηκε μετά από εφαρμογή γραμμικής πολλαπλής παλινδρόμησης όλων των δυνατών συνδυασμών των τιμών των k , a και c ως προς τη θερμοκρασία T και ταχύτητα V του αέρα ξήρανσης.

Από την τελευταία αυτή επεξεργασία προέκυψε το παρακάτω μοντέλο:

$$MR(a, k, c) = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c \quad (2)$$

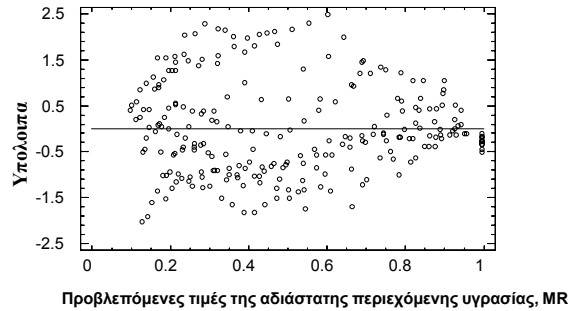
όπου:

$$\begin{aligned} a &= 1.11395 + 0.000108651 \cdot T - 0.0364236 \cdot V \\ k &= -0.0901637 + 0.00243023 \cdot T + 0.0044668 \cdot V \\ c &= -0.133468 + 0.0001551 \cdot T + 0.0339942 \cdot V \end{aligned}$$

Η περιεχόμενη υγρασία των σύκων κατά τη διάρκεια της ξήρανσής τους με την αντλία θερμότητας μπορεί να υπολογιστεί με αρκετή ακρίβεια από το προκύψαν μοντέλο όπως φαίνεται και από τις τιμές των παρακάτω στατιστικών παραγόντων:

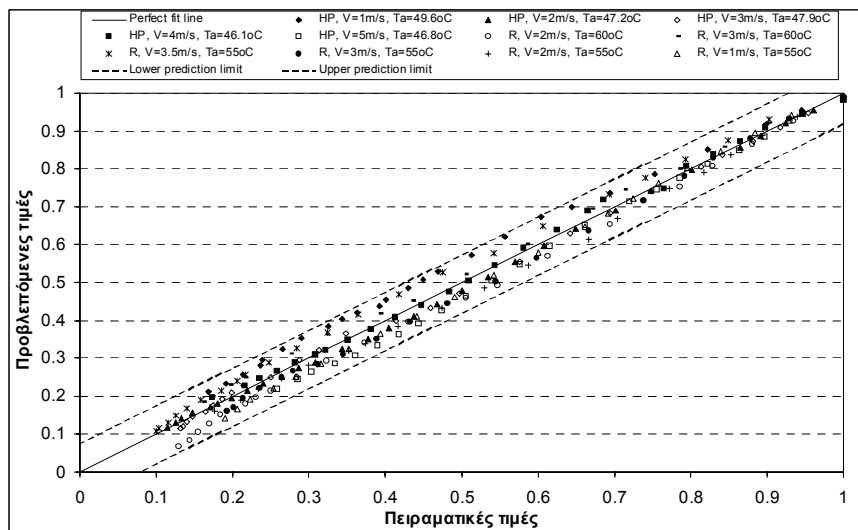
$$R^2=0.9883 \quad \chi^2=0.2133 \quad RMSE=0.4609 \quad SEE=0.0294$$

Το αντίστοιχο γράφημα *υπολοίπων* (Σχήμα 3) δείχνει ότι οι τιμές περιορίζονται σε μία οριζόντια ζώνη γύρω από το μηδέν, χωρίς την εμφάνιση συστηματικών τάσεων [5].



Σχήμα 3. Υπόλοιπα έναντι προβλεπόμενων τιμών της αδιάστατης περιεχόμενης υγρασίας.

Το στατιστικό τέλος μοντέλο, εκτιμήθηκε συγκρίνοντας τις προβλεπόμενες με τις πειραματικές τιμές της αδιάστατης περιεχόμενης υγρασίας για κάθε πειραματική συνθήκη (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Πειραματικές έναντι υπολογιζόμενων τιμών της αδιάστατης περιεχόμενης υγρασίας.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι οι τιμές της αδιάστατης περιεχόμενης υγρασίας, όπως

αντές υπολογίζονται από το μοντέλο με πιθανότητα 0.99, τοποθετούνται γύρω από την *τέλεια* ευθεία προσαρμογής $X=Y$, και εντός της ζώνης που οριοθετείται από τα αντίστοιχα άνω και κάτω όρια πρόβλεψης (upper and lower prediction limits).

Αυτή η τάση παρέχει ένα πρόσθετο κριτήριο της ικανότητας πρόβλεψης του προτεινόμενου μοντέλου ξήρανσης σύκων με αντλία θερμότητας εντός των λειτουργικών ορίων της συγκρινόμενης εγκατάστασης ξήρανσης.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μία πειραματική αντλία θερμότητας αναπτύχθηκε πρωτίστως για τον κλιματισμό μικρών αγροτικών κτιρίων και δευτερευόντως για την ξήρανση αγροτικών προϊόντων. Μελετήθηκε με αυτήν και περιγράφηκε μαθηματικά η επίδραση στην ξήρανση των σύκων της θερμοκρασίας και της ταχύτητας του αέρα ξήρανσης στο εύρος 46.1–60°C και 1.0–5.0 m/s αντίστοιχα.

Για την περιγραφή της ξήρανσης των σύκων υιοθετήθηκαν επτά γνωστά μοντέλα ξήρανσης μονής στρώσης. Μεταξύ αυτών, το *Λογαριθμικό* μοντέλο έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τη συμφωνία πειραματικής και υπολογιζόμενης αδιάστατης περιεχόμενης υγρασίας.

Η στατιστική ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης, της επίδρασης της θερμοκρασίας και της ταχύτητας του αέρα ξήρανσης στις σταθερές και στους συντελεστές του *Λογαριθμικού* αυτού μοντέλου παρήγαγε ένα μοντέλο με $R^2=0.9883$, $\chi^2=0.2133$, $RMSE=0.4609$ και $SEE=0.0294$.

Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι το μοντέλο που αναπτύχθηκε μπορεί να περιγράψει την ξήρανση σύκων σε μονή στρώση με θερμό ρεύμα αέρα σε εύρος θερμοκρασίας, 46.1–60°C και ταχύτητας αέρα 1.0–5.0 m/s.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η έρευνα αυτή κατέστη δυνατή χάρις στην χρηματοδότηση του προγράμματος *Πυθαγόρας* από το ΥΠ.Ε.Π.Θ. και την Ε.Ε.

Nomenclature

M	περιεχόμενη υγρασία [$\text{kg}_{\text{verp}}/\text{kg}_{\Xi,0}$] ή [$\text{kg}_{\text{verp}}/\text{kg}_{Y,B}$]
t	χρόνος ξήρανσης [h]
MR	αδιάστατη περιεχόμενη υγρασία, πηλίκιο
R^2	συντελεστής συσχέτισης
SEE	τυπικό σφάλμα εκτίμησης
χ^2	X–τετράγωνο
RMSE	τετραγωνική ρίζα του μέσου σφάλματος
M_{eq}	ισόρροπο ποσοστό υγρασίας [$\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\Xi,0}$]
M_{gm}	μονοστρωματική περιεχόμενη υγρασία [$\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}_{\Xi,0}$]
Y, K,	σταθερές εξίσωσης GAB [–]
α, β	εντροπικοί συντελεστές προσαρμογής
a_w	ενεργότητα νερού [–]
$H_{\text{mo}}, H_{\text{mu}}, H_l$	μονοστρωματική, πολυστρωματική και υγρού ενθαλπία απορρόφησης [kJ/kg]
R_g	σταθερά των τελείων αερίων για τον υδρατμό [0.462 kJ/kg K]
T_{abs}	απόλυτη θερμοκρασία αέρα [K]

a, k, c	σταθερές της Εξίσωσης (2)
T	θερμοκρασία αέρα ξήρανσης [$^{\circ}\text{C}$]
V	ταχύτητα αέρα ξήρανσης [m/s]
a, b, c, g, h, n	εμπειρικές σταθερές των μοντέλων ξήρανσης
k, k ₀ , k ₁	εμπειρικοί συντελεστές των μοντέλων ξήρανσης

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1 Akpinar E.K., Sarsilmaz C. & Yildiz C. 2004. Mathematical modelling of a thin layer drying of apricots in a solar energized rotary dryer. *International Journal of Energy Research*, 28, 739–752.
- 2 AOAC 1997. *Official methods of analysis* (16th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- 3 Babalis S.J. & Belessiotis V.G. 2004. Influence of drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. *Journal of Food Engineering*, 65, 449–458.
- 4 Brooker D.B., Bakker-Arkema F.W. & Hall C.W. 1992. *Drying and storage of grains and oilseeds* (1st ed., pp. 212–213). Van Nostrand Reinhold, New York.
- 5 Chen C.C. & Morey R.V. 1989. Comparison of four EMC/ERH equations. *Transactions of the ASAE*, 32(30), 983–990.
- 6 El-Sebaei A.A., Aboul-Enein S., Ramadan M.R.I. & El-Gohary H.G. 2002. Empirical correlations for drying kinetics of some fruits and vegetables. *Energy*, 27, 845–859.
- 7 Fluent 5.1 1999. *User's Guide*. Fluent Inc., Fluent Europ. Ltd.
- 8 Henderson S.M. 1974. Progress in developing the thin layer drying equation. *Transactions of the ASAE*, 17, 1167–1172.
- 9 Jayas D.S., Cenkowski S., Pabis S. & Muir W.E. 1991. Review of thin-layer drying and wetting equations. *Drying Technology*, 9(3), 551–588.
- 10 Karathanos V.T. & Belessiotis V.G. 1997. Sun and artificial air-drying kinetics of some agricultural products. *Journal of Food Engineering*, 31, 35–46.
- 11 Karathanos V.T. & Belessiotis V.G. 1999. Application of a thin-layer equation to drying data of fresh and semi-dried fruits. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 74, 355–361.
- 12 Karathanos V.T. 1999. Determination of water content of dried fruits by drying kinetics. *Journal of Food Engineering*, 39, 337–344.
- 13 Kiranoudis C.T., Tsami E., Maroulis Z.B. & Marinos-Kouris D. 1997. Drying kinetics of some fruits. *Drying technology*, 15(5), 1399–1418.
- 14 Krokida M.K., Karathanos V.T., Maroulis Z.B. & Marinos-Kouris D. 2003. Drying kinetics of some vegetables. *Journal of Food Engineering*, 59, 391–403.
- 15 Oikonomou N., Xanthopoulos G. & Lambrinos G. 2005. Experimentally determination of the dehumidification rate and consumption of power during drying of figs with an experimental heat pump. 4th Greek National Conference in Agricultural Engineering (in Greek—in preparation).
- 16 Pabis S., Jayas D.S. & Cenkowski S. 1998. *Grain Drying: Theory and Practice*. (1st ed., pp. 110–111). John Wiley & Sons, Inc., New York.
- 17 Prasertsan S. & Saen-saby P. 1998. Heat pump drying of agricultural materials. *Drying Technology*, 16(1 & 2), 235–250.
- 18 Rahman S. 1995. *Food properties handbook* (1st ed., pp. 29–46). CRC Press Inc., Florida.

- 19 Statgraphics Plus 5.1 2001. *Online Manual*, Statistical Graphics Corp.
- 20 Tsami, E., Marinos-Kouris, D. & Maroulis, Z.B. 1990. Water sorption isotherms of raisins, currants, figs, prunes and apricots. *Journal of Food Science*, 55(6), 1594 (cited by Rahman S. (1995). *Food properties handbook* (1st ed., pp. 29–46). CRC Press Inc., Florida).
- 21 Wang C.Y. & Singh R.P. 1978. A single layer drying equation for rough rice. *ASAE Paper No. 3001*.
- 22 Yaldiz O. & Ertekin C. 2002. Thin layer solar drying of some vegetables. *Drying Technology*, 19, 583–596.
- 23 Zhang Q. & Litchfield J.B. 1991. An optimisation of intermittent corn drying in a laboratory scale thin layer dryer. *Drying Technology*, 9, 383–395.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΜΩΛΩΠΙΣΜΟ ΤΡΙΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΜΗΛΩΝ

Χ. Παπαϊωάννου, Μ. Κόκκορα, Π. Ντιούδης, Ι. Κόκκορας

Τ.Ε.Ι. Λάρισας - Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας,
Τμήμα Γεωργικών Μηχανών & Αρδεύσεων, 411 10, Λάρισα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Διερευνήθηκε η επίδραση του χρόνου συντήρησης στη μέγιστη δύναμη που αναπτύσσεται κατά τη συμπίεση των καρπών σε σταθερή παραμόρφωση καθώς και το μέγεθος του μώλωπα που δημιουργείται από τη συμπίεση αυτή, σε τρεις ποικιλίες μήλων (*Golden Delicious*, *Granny Smith* και *Red Delicious*). Η ποικιλία *Golden Delicious* είναι ευαίσθητη καθώς εμφάνισε τα μικρότερα θλιπτικά φορτία ενώ η ποικιλία *Red Delicious* εμφάνισε τον μεγαλύτερο όγκο μώλωπα.

COMPARATIVE EVALUATION OF BRUISING SUSCEPTIBILITY FOR THREE APPLE CULTIVARS

X. Papaioannou, M. Kokkora, P. Dioudis, I. Kokkoras

Technological Education Institute of Larissa, School of Agricultural Technology,
Department of Farm Machinery and Irrigation, 411 10 Larissa, Greece

ABSTRACT

The effect of storage duration for three apple cultivars (*Golden Delicious*, *Granny Smith* and *Red Delicious*) on maximum compression force under constant quasi-static deformation along with the size of the bruising that occurred, were studied. The cultivar *Golden Delicious* was characterized by the least compression forces while the cultivar *Red Delicious* had the greatest bruising volume than the other cultivars.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα οπωροκηπευτικά προϊόντα, η ποιότητα των οποίων είναι αδύνατο να βελτιωθεί μετά τη συγκομιδή, υφίστανται μετασυλλεκτικά μηχανικές κακώσεις, που οδηγούν σε μωλωπισμούς της σάρκας και αποτελούν βασικό πρόβλημα στην προώθησή τους στην αγορά.

Οι μωλωπισμοί από φυσιολογικής απόψεως είναι τοπικοί εκφυλισμοί των ιστών οι οποίοι σε συνδυασμό με την έξοδο ενδοκυτταρικού νερού (free water) προκαλούν οξείδωση των φαινολικών ουσιών των καρπών και σταδιακή μετατροπή του χρώματος των ιστών σε καφέ χρώμα [1]. Δεν γίνονται αντιληπτοί στο στάδιο της διαλογής, εμφανίζονται μετά τη συσκευασία των καρπών, με τη μορφή αποχρωματισμών ή παραμορφώσεων με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας.

Το είδος των καταπονήσεων που ευθύνεται για την πρόκληση μωλωπισμών στους καρπούς μπορεί να είναι ημι-στατικό (θλίψη) ή δυναμικό (κρούση) [2]. Η καταπόνηση που υφίστανται τα μήλα των κατωτέρων στρώσεων των κιβωτίων συσκευασίας, από το βάρος των υπερκειμένων καρπών με τα οποία βρίσκονται σε επαφή, ανήκει στην πρώτη κατηγορία [3], ενώ καταπονήσεις που υφίστανται οι καρποί στα εκμηχανισμένα στάδια συγκομιδής – διαχείρισης – μεταφοράς ανήκουν στη δεύτερη κατηγορία. Μωλωπισμοί επίσης μπορεί να συμβούν και στο στάδιο της προ-διαλογής και προ-ταξινόμησης που περιλαμβάνει την εμβάπτιση σε διάλυμα κατάλληλο για την προστασία των καρπών [4].

Γενικά οι πληγές στη σάρκα ή τον φλοιό μειώνουν τη διάρκεια ζωής των καρπών γιατί επιτρέπουν την είσοδο μικροοργανισμών, επιταχύνουν την αναπνοή και την απώλεια νερού και μαζί με άλλα οξειδωτικά φαινόμενα όπως προαναφέρθηκε, οδηγούν σε σήψη και καταστροφή των προϊόντων [5], το κόστος της οποίας είναι αρκετά υψηλό. Συγκεκριμένα, το 1998 στην αμερικανική βιομηχανία τροφίμων που εμπλέκεται με το μήλο, το κόστος αυτό έφθασε τα $1,2 \cdot 10^9$ δολάρια [6].

Επομένως η γνώση της αντοχής κάθε ποικιλίας στις καταπονήσεις, που αποτελεί και το σκοπό της συγκεκριμένης έρευνας, συμβάλλει στην αποτίμηση της εμπορικότητας, επειδή οι μηχανικές κακώσεις αποτελούν σημαντικό παράγοντα μείωσης της εμπορικής αξίας της παραγωγής. Στην παρούσα εργασία θα συγκριθούν οι τρεις χαρακτηριστικότερες ποικιλίες μήλων της περιοχής Αγίας Λάρισας δηλαδή οι *Golden Delicious*, *Granny Smith* και *Red Delicious*. Η συγκεκριμένη περιοχή συνεισφέρει κατά το $\frac{1}{4}$ στο σύνολο της εγχώριας παραγωγής μήλων [7]. Μελετήθηκε η αντοχή των συγκεκριμένων ποικιλιών στη θλίψη καθώς και το μέγεθος του δημιουργούμενου μώλωπα σε σχέση με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους και τη διάρκεια συντήρησης.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η προμήθεια των καρπών έγινε από το ψυγείο της Ένωσης Αγροτικών Συνεταιρισμών Λαρίσης Τυρνάβου και Αγιάς, τον Οκτώβριο του 1999. Επιλέχθηκαν 90 καρποί από κάθε ποικιλία που προέρχονταν από τον ίδιο παραγωγό (ίδια προσυλλεκτική μεταχείριση). Τα $\frac{2}{3}$ κάθε ποικιλίας παρέμειναν στο ψυγείο (1°C) για να αναλυθούν μετά από 1 και 2 μήνες ($\frac{1}{3}$ κάθε φορά). Οι υπόλοιποι 30 καρποί (από κάθε ποικιλία) μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο του Τμήματος Γεωργικών Μηχανών & Αρδεύσεων του Τ.Ε.Ι. Λαρίσας για να άμεση ανάλυση (μήνας 0).

Δέκα καρποί από κάθε ποικιλία εξετάστηκαν αμέσως (ημέρα 0), οι άλλοι δέκα την επόμενη (ημέρα 1) και οι υπόλοιποι δέκα την μεθεπόμενη (ημέρα 2). Για την εξέταση

των καρπών στο διάστημα των 0, 1 και 2 ημερών οι καρποί παρέμειναν σε συνθήκες δωματίου (20 °C).

Η εξέταση των καρπών έγινε ως εξής:

- μέτρηση του βάρους ανά καρπό.
- μέτρηση της σκληρότητας της σάρκας στο μέσο της απόστασης κάλυκα – ποδίσκου (Magness – Taylor fruit firmness tester, 11 mm διάμετρος κυλίνδρου διάτρησης [8]) μετά από αφαίρεση του φλοιού.
- μέτρηση των διαστάσεων του μώλωπα μετά την εφαρμογή θλίψης, στα δύο τμήματα που προέκυπταν τεμαχίζοντας του καρπούς στη μέση (κάθετα στον ισημερινό), στο σημείο που είχε γίνει η προηγούμενη μέτρηση (Universal testing machine τύπου Zwick Z010, 5 KN κυψέλη φόρτισης, 0,5N ανάλυση, 10 mm/min πρόωση) [9]. Η επάνω κεφαλή συγκράτησης είχε αντικατασταθεί με σφαίρα διαμέτρου 19 mm, προσαρμοσμένη έτσι ώστε άξονας της θλίψης και ισημερινός του καρπού να συμπίπτουν. Επιλέχθηκαν δύο μεγέθη μώλωπα δημιουργούμενα κατά τη συμπίεση της σφαίρας στη μάζα του καρπού, σε δύο σταθερά βάθη (1,5 και 3,0 mm). Στο μισό καρπό εφαρμόζονταν το 1,5 mm και στον άλλο μισό τα 3,0 mm παραμόρφωση. Έγινε καταγραφή της μέγιστης θλιπτικής δύναμης που κατέγραψε το μηχάνημα στα συγκεκριμένα βάθη.
- μέτρηση των διαλυτών στερεών συστατικών (αναλογικό διαθλασίμετρο, 0-32% διαβάθμιση της κλίμακας °Brix, 0,2 % ανάλυση).

Οι καρποί μετά τη μέτρηση των στερεών διαλυτών συστατικών αφέθηκαν δύο ώρες, προκειμένου να εξελιχθεί η οξείδωση των φαινολικών και να είναι δυνατή η ανίχνευση του μώλωπα. Για τη μέτρηση των διαστάσεων του μώλωπα τεμαχίσθηκαν εκ νέου στη μέση, στο σημείο εφαρμογής του μώλωπα. Μετρήθηκε με παχύμετρο το πλάτος και το βάθος του μώλωπα και υπολογίσθηκε ο όγκος του μώλωπα με βάση τη σχέση:

$$V = \pi d^2 h / 6 \text{ (cm}^3\text{)}$$

όπου V είναι ο όγκος, d η διάμετρος και h το ύψος του μώλωπα [10].

Η στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων έγινε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS 10. Για τη σύγκριση των μέσων όρων των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο πολλαπλών ευρών Duncan σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$. Χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA. Οι παράμετροι της στατιστικής ανάλυσης φαίνονται στον Πίν. 1. Εξετάσθηκε η αλληλεπίδραση των εξαρτημένων μεταβλητών.

Πίνακας 1. Παράμετροι πειραματικού σχεδιασμού.

<u>Ανεξάρτητες μεταβλητές</u>	<u>Εξαρτημένες μεταβλητές</u>
Παραμορφώσεις : (2)	Βάρος καρπών (g)
Μήνες συντήρησης σε 1°C : (3)	Διαλυτά στερεά συστατικά (%BRIX)
Ημέρες συντήρησης σε 20°C : (3)	Σκληρότητα της σάρκας (N)
Ποικιλίες : (3)	Μέγιστη δύναμη (N)
	Όγκος του μώλωπα (cm ³)

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Το βάρος των καρπών εξαρτάται από την ποικιλία ($F=88,751$ Sig=0,000), τους μήνες ($F=4,024$ Sig=0,019) καθώς και τις ημέρες συντήρησης ($F=7,828$ Sig=0,001).

Συγκεκριμένα μεγαλόκαρπη είναι η ποικιλία *Red Delicious* με μέσο βάρος καρπών ίσο με 275.23 g ακολουθούμενη από τη *Granny Smith* με μέσο βάρος καρπών ίσο με 242.14 g και τη *Golden Delicious* με μέσο βάρος καρπών ίσο με 202.30 g.

Σχετικά με τους μήνες συντήρησης δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική μείωση στο βάρος των καρπών μεταξύ 0 και 1^{ου} ή μεταξύ 1^{ου} και 2^{ου} μήνα ενώ βρέθηκε ότι ο 2^{ος} μήνας είναι κρίσιμος για τη μεταβολή του βάρους των καρπών (Πίν.2).

Πίνακας 2. Μεταβολή του βάρους των καρπών με τους μήνες αποθήκευσης

Μήνες αποθήκευσης σε 1°C (0-1 ^{ος} -2 ^{ος})	240,58α	238,69αβ	235,45β
--	---------	----------	---------

Όσον αφορά την παραμονή των καρπών σε συνθήκες δωματίου υπάρχει διαφορά στο βάρος των καρπών σε όλο το διάστημα (Πίν.3).

Πίνακας3. Μεταβολή του βάρους των καρπών με τις ημέρες αποθήκευσης

Ημέρες αποθήκευσης σε 20°C (0 ^η -1 ^η -2 ^η)	245,38α	237,78β	225,94γ
--	---------	---------	---------

3.2 Η περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά εξαρτάται μόνο από την ποικιλία ($F=103,763$ Sig=0,000). Τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα έχει η ποικιλία *Golden Delicious* ακολουθούμενη από τη *Red Delicious*, ενώ η *Granny Smith* έχει τη μικρότερη (Πίν. 4).

Πίνακας 4. Περιεκτικότητα των τριών ποικιλιών σε διαλυτά στερεά συστατικά (%BRIX).

<i>Granny Smith</i> - <i>Red Delicious</i> - <i>Golden Delicious</i>	14,34γ	15,61β	17,45α
--	--------	--------	--------

3.3 Η σκληρότητα της σάρκας εξαρτάται από την ποικιλία ($F=77,304$ Sig=0,000) και τους μήνες συντήρησης ($F=3,677$ Sig=0,027). Συγκεκριμένα τη μεγαλύτερη σκληρότητα παρουσιάζει η ποικιλία *Granny Smith* ενώ από άποψη σκληρότητας οι άλλες 2 ποικιλίες είναι ίδιες. Το γεγονός ότι δεν βρέθηκαν διαφορές στη σκληρότητα μεταξύ των ποικιλιών *Golden Delicious* και *Red Delicious* οφείλεται μάλλον στη στατιστική. Οι τιμές της ποικιλίας *Granny Smith* ήταν ιδιαίτερα υψηλές με αποτέλεσμα το δείγμα για τις άλλες 2 ποικιλίες να μη διαφοροποιείται, γιατί σύμφωνα με άλλους ερευνητές η ποικιλία *Red Delicious* έχει μεγαλύτερη σκληρότητα από τη *Golden Delicious* [11]. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν με κείνα άλλων ερευνητών, ως προς το ότι η ποικιλία *Granny Smith* έχει μεγαλύτερη σκληρότητα από τη *Golden Delicious* [12] (Πίν. 5).

Πίνακας 5. Σκληρότητα της σάρκας για κάθε ποικιλία (N).

<i>Granny Smith</i> - <i>Red Delicious</i> - <i>Golden Delicious</i>	107,31α	81,6β	79,01β
--	---------	-------	--------

Γενικά οι τιμές της σκληρότητας που μετρήθηκαν για τις συγκεκριμένες ποικιλίες, είναι μεγαλύτερες από τις τιμές άλλων ερευνητών [11]. Επειδή οι μηχανικές ιδιότητες

των οπωροκηπευτικών εξαρτώνται και από προσυλλεκτικούς παράγοντες ενδεχόμενα η απόκλιση αυτή να μπορεί έτσι να δικαιολογηθεί.

3.4 Η μέγιστη θλιπτική δύναμη εξαρτάται από την ποικιλία ($F=19,022$ Sig=0,000) (Πίν. 6). Συγκεκριμένα η μέγιστη δύναμη που αναπτύσσεται κατά την καταπόνηση των καρπών σε σταθερή παραμόρφωση, έχει τη μικρότερή της τιμή στην ποικιλία *Golden Delicious*, ενώ οι ποικιλίες *Red Delicious* και *Granny Smith* από την άποψη αυτή παρουσιάζονται ίδιες.

Πίνακας 6. Μέγιστη θλιπτική δύναμη για κάθε ποικιλία (N).

<i>Granny Smith - Red Delicious - Golden Delicious</i>	51,79α	48,13α	35,32β
--	--------	--------	--------

3.5 Ο όγκος του μώλωπα εξαρτάται από την ποικιλία ($F=6,088$ Sig=0,003) Πίν. 7. και τις ημέρες διατήρησης στους 20°C ($F=4,799$ Sig=0,009) (Πίν. 8). Συγκεκριμένα το μεγαλύτερο μέγεθος μώλωπα εμφανίζει η ποικιλία *Red Delicious* ενώ οι άλλες δύο ποικιλίες συμπεριφέρονται το ίδιο. Στις δυο αυτές ποικιλίες (*Golden Delicious* και *Granny Smith*), τις κιτρινοπράσινες (yellow/green apple varieties) όπως αποκαλούνται, ο μώλωπας ανιχνεύεται ευκολότερα παρά στις κόκκινες ποικιλίες (*Red Delicious*) [1] και όσον αφορά στην επιδεκτικότητά τους στις μηχανικές κακώσεις η *Red Delicious* είναι πιο ευαίσθητη από την *Golden Delicious* [13].

Πίνακας 7. Όγκος του μώλωπα στις τρεις ποικιλίες (cm³).

<i>Granny Smith - Red Delicious - Golden Delicious</i>	0,32β	0,48α	0,31β
--	-------	-------	-------

Το μέγεθος του μώλωπα είναι μεγαλύτερο τη μέρα 0 σε σχέση με τις επόμενες 2 ημέρες, ενώ η παραμονή των καρπών σε συνθήκες δωματίου δεν τροποποιεί το μέγεθος του μώλωπα στο διάστημα μεταξύ 1^{ης} και 2^{ης} ημέρας (Πίν. 8).

Πίνακας 8. Μεταβολή του όγκου του μώλωπα με τις ημέρες συντήρησης (cm³).

Ημέρες αποθήκευσης σε 20°C (1 ^η -2 ^η -3 ^η)	0,47α	0,32β	0,33β
--	-------	-------	-------

Οι καρποί όταν βγαίνουν από το ψυγείο (0 ημέρα) και κατά συνέπεια είναι κρύοι είναι επιδεκτικότεροι στις κακώσεις γι αυτό και το μέγεθος του μώλωπα είναι μεγαλύτερο το διάστημα αυτό.

Το ισχύον πρότυπο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το μέγεθος του μώλωπα στους σαρκώδεις καρπούς (άρα και στα μήλα) είναι 1 cm² [1]. Το ισοδύναμο της επιφάνειας αυτής με τον όγκο του μώλωπα (equivalent bruise surface) είναι 0,5 cm³. Επομένως το μέγεθος του μώλωπα που μετρήθηκε (Πίν. 8) μπορεί να θεωρηθεί μεγάλο μόνο την ημέρα 0, ενώ τις άλλες δύο ημέρες όχι.

Το γεγονός ότι οι μήνες συντήρησης σε 1°C δεν επηρέασαν τον όγκο του μώλωπα ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι το διάστημα αυτό είναι μικρό, γιατί σύμφωνα με τη βιβλιογραφία στην ποικιλία *Golden Delicious* έχουν βρεθεί σημαντικές διαφορές στον όγκο του μώλωπα μετά τον 3^ο μήνα συντήρησης σε ανάλογες συνθήκες [3].

Στα μήλα το μέγεθος του μώλωπα που μπορεί να προκαλέσει μείωση του χρόνου αποθήκευσης κατά 50%, βρέθηκε ίσο με 10 cm³ [11].

3.6 Η συσχέτιση των εξαρτημένων μεταβλητών έδειξε ότι (2-tailed, N=246, όπου ** σημαίνει ότι η συσχέτιση είναι διακριτή σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01 και * σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05) :

Το βάρος καρπού συσχετίζεται με τη μέγιστη θλιπτική δύναμη (+0,194**), την περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά (-0,257**) και τον όγκο του μώλωπα (+0,191**). Επίσης η μέγιστη δύναμη στη θλίψη συσχετίζεται με τη σκληρότητα της σάρκας (+0,156*), την περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά (-0,244**) και τον όγκο του μώλωπα (+0,496**). Τέλος η σκληρότητα σάρκας συσχετίζεται με την περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά (-0,219**).

Δηλαδή όσο βαρύτεροι είναι οι καρποί τόσο μειώνεται η περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά, ενώ ο όγκος του μώλωπα και η μέγιστη δύναμη κατά τη θλίψη αυξάνουν. Η μείωση της σκληρότητας της σάρκας καθιστά τους καρπούς επιδεκτικότερους στη μέγιστη δύναμη κατά τη θλίψη.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι τρεις ποικιλίες διαφέρουν ως προς το βάρος, την περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά, την επιδεκτικότητα στη θλίψη και το μέγεθος του μώλωπα που εμφανίζουν σε συγκεκριμένη καταπόνηση.

Η ποικιλία *Red Delicious* είχε το μεγαλύτερο μέγεθος καρπών και το μεγαλύτερο μέγεθος του μώλωπα.

Η ποικιλία *Golden Delicious* ήταν η πιο 'γλυκιά' (μεγαλύτερες τιμές της περιεκτικότητας σε διαλυτά στερεά συστατικά) και είχε το μικρότερο βάρος καρπών και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή κατά τη μετασυλλεκτική μεταχείριση γιατί εμφάνισε τις μικρότερες τιμές της μέγιστης δύναμης στη θλίψη.

Η απώλεια στο βάρος των καρπών λόγω της συντήρησης σε 1⁰C, εμφανίσθηκε τον 2^ο μήνα ενώ η απώλεια στο βάρος λόγω της συντήρησης σε 20⁰C, παρατηρείται και την 1^η και τη 2^η ημέρα.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών Λαρίσης Τυρνάβου και Αγιάς (Εγκαταστάσεις Ανάβρας Αγιάς) προσέφερε τα μήλα και το χώρο συντήρησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bollen, A. F., I. M. Woodhead and B.T. Dela Rue., 1995. Compression forces and damage in the postharvest handling system, p. 168-175. In: L. Kushwaha, R. Serwatokowski, and R. Brook (eds.) Proc. Intl. Conf. - Harvest and postharvest technologies for fresh fruits and vegetables. ASAE, 2950 Niles Rd., St. Joseph, Mich.
2. Brown, G. K., Schulte N. L., Timm E. J., Armstrong P. R. Marshall D. E., 1993. Reduce apple Bruise Damage. J. Tree Fruit Postharvest 4(3):6-10.
3. Barreiro P. 1999. Detailed procedure for fruits damaging. ASTEQ CA Newsletter, No. 2: 3-5.
4. Peleg Kalman. Israel 1985. Produce handling, packaging and distribution. AVI Pub. Co., 625 p.
5. Dewey, D. H., Stout, B. A. and Herrick, J.F., 1972. Evaluation of a hydrohandling system for sorting and sizing apples for storage in pallet boxes. USDA Marketing Res. Rep. No. 948.
6. USDA. 1999. Agricultural Statistics, United States Government Printing Office. Washigton, DC.

7. Διονύσιος Βαλασσάς (Διευθυντής Αγροτικού Συνεταιρισμού Αγιάς), προσωπική επικοινωνία.
8. Abbott J. A. and F. R. Harker., (2000) Texture. Produce Quality and Safety Laboratory, USDA, ARS, Beltsville, Maryland The Horticulture and Food Research Institute of New Zealand Ltd. Mt. Albert Research Centre, Auckland, New Zealand.
9. ASAE S368.4 DEC00, 2000. Compression Test of Food Materials of Convex Shape.
10. Blahovec J., Vlckova M., Paprstein F., 2001. Static low-level bruising in pears. RES. AGR. ENG., 48, 2002 (2): 41–46.
11. Zhang W., Hyde G. M., 1992. Apple Bruising Research Update. Tree fruit Postharvest J. 3(3): 10-11.
12. Thomson E. G., Cotter F.D., Daly A.P., 1995. Temperature effects on bruise darkness of Granny Smith, Golden Delicious and Jonathan apples. New Zeland J. of Crop and Horticultural Sci. 24: 99-101.
13. Baritelle A. L., Hyde G. M., Varith J., 2000. Turgor and temperature effects on apple tissue failure stress and strain. Washington State University.

ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΧΛΩΡΙΟΥΧΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ ΣΕ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΗ ΜΕ ΨΥΞΗ ΠΙΠΕΡΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ

Α. Κουφάκη, Ε. Μανωλοπούλου
Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας, Σχολή ΣΤΕΓ, Τμήμα Φ.Π, 24100 Αντικάλαμος
e-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ασβέστιο συνδέεται με τη ρύθμιση της διαδικασίας της ωρίμανσης και της μετασυλλεκτικής ζωής των φυτικών οργάνων. Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης της μετασυλλεκτικής εφαρμογής διαφόρων συγκεντρώσεων χλωριούχου ασβεστίου στα ποιοτικά χαρακτηριστικά συντηρούμενης πράσινης πιπεριάς.

Από τις τρεις συγκεντρώσεις χλωριούχου ασβεστίου που χρησιμοποιήθηκαν (0.1M, 0.2M και 0.3M), η εμβάπτιση σε συγκέντρωση 0.1M μείωσε την απώλεια βάρους τόσο στο τέλος της συντήρησης όσο και στο τέλος της εμπορικής ζωής, διατήρησε την περιεκτικότητα σε βιταμίνη C, τη σκληρότητα και δεν επηρέασε την παραμόρφωση των καρπών και το χρώμα τους.

THE POSTHARVEST APPLICATION OF CALCIUM CHLORIDE IN COLD STORED PEPPER AND THE INFLUENCE IN ITS QUALITY

Α. Koufaki, E. Manolopoulou
T.E.I. of Kalamata, Dept. of Crop Science, 24 100, Antikalamos, Kalamata
e-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

ABSTRACT

Calcium is related to the control of the maturity process and to the postharvest life of fruits and vegetables. Aim of this work is to study the influence of different calcium chloride concentrations in the stored green pepper quality characteristics.

Among the three tested calcium chloride concentrations, (0.1M, 0.2M and 0.3M), the first one (0.1M) managed to reduce weight loss at the end of the pepper storage, as well as at the end of the shelf-life. Moreover, this treatment maintained the vitamin C concentration and the firmness and it did not affect either the deformation of the fruits nor their colour.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ασβέστιο παίζει σημαντικό ρόλο στον έλεγχο του μαλακώματος των ιστών, στις βιοχημικές και φυσιολογικές διαδικασίες, στην καθυστέρηση της γήρανσης και στην εμφάνιση φυσιολογικών βλαβών στα φρούτα και λαχανικά [4,17,18].

Η διατήρηση σχετικά υψηλών συγκεντρώσεων ασβεστίου στους ιστούς των φρούτων έχει σαν αποτέλεσμα χαμηλότερο ρυθμό αναπνοής, περιορισμένη παραγωγή αιθυλενίου, χαμηλότερο ρυθμό ωρίμασης και ως εκ τούτου καθυστέρηση του μαλακώματος των ιστών [18].

Ο πολλαπλός ρόλος του ασβεστίου συνδέεται με το κύτταρο [2,5]. Ένα μεγάλο ποσοστό του κυτταρικού ασβεστίου βρίσκεται στο κυτταρικό τοίχωμα και την πρωτοπλάσματική μεμβράνη, από όπου παίζει σημαντικό ρόλο στην ωρίμαση και τη γήρανση [18].

Μετασυλλεκτική εφαρμογή του ασβεστίου με σκοπό την αύξηση της συγκέντρωσης του στο κυτταρικό τοίχωμα είναι αποτελεσματική στην καθυστέρηση της γήρανσης και του μαλακώματος και τη διατήρηση της ποιότητας στα μήλα [20], στα αχλάδια [23], στη φράουλα [6], σε φέτες πεπονιού [7] και την καυτερή πιπεριά [11].

Πολλές μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για τη μετασυλλεκτική εφαρμογή του ασβεστίου. Αυτές περιλαμβάνουν την εμβάπτιση [3], τη διείσδυση με κενό [19], τη διείσδυση με πίεση [3] ή συνδυασμό των μεθόδων αυτών.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της επίδρασης της μετασυλλεκτικής εφαρμογής διαφόρων συγκεντρώσεων χλωριούχου ασβεστίου, στην ποιότητα της πράσινης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 10°C.

2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Φυτικό υλικό

Πιπεριές (*capsicum annuum*, L) ποικιλίας Spartakus F1 συλλέχθηκαν από τοπική παραγωγή, στο πράσινο στάδιο ωριμότητας και μεταφέρθηκαν μέσα σε 1 ώρα στο εργαστήριο. Ακολούθησε διαλογή ως προς το χρώμα, το μέγεθος και τη φυτοϋγειονομική κατάσταση των καρπών. Στη συνέχεια οι καρποί χωρίστηκαν σε 4 ομάδες (Α, Β, Γ, Δ) των 36 καρπών εκάστη.

2.2 Χειρισμός με ασβέστιο και συνθήκες συντήρησης

Η εφαρμογή του ασβεστίου έγινε με εμβάπτιση. Μελετήθηκαν τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις χλωριούχου ασβεστίου (Carlo Erba), 0.1M, 0.2M και 0.3M. Οι χειρισμοί που εφαρμόστηκαν ήταν οι ακόλουθοι: Ομάδα Α, δεν εμβαπτίστηκε και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας (ξηρός μάρτυρας), ομάδα Β, εμβαπτίστηκε σε διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου συγκέντρωσης 0.1M, ομάδα Γ, εμβαπτίστηκε σε διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου συγκέντρωσης 0.2M και ομάδα Δ εμβαπτίστηκε σε διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου συγκέντρωσης 0.3M. Η εμβάπτιση διήρκεσε 20 λεπτά, η θερμοκρασία δε του νερού ήταν 25°C. Στη συνέχεια οι καρποί στέγνωσαν με απορροφητικό χαρτί και τοποθετήθηκαν σε ψυκτικό θάλαμο.

Οι πιπεριές συντηρήθηκαν στο σκοτάδι σε θερμοκρασία 10°C και σχετική υγρασία 95%.

2.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Για την επίδραση του ασβεστίου στην ποιότητα της πιπεριάς μελετήθηκαν τα εξής χαρακτηριστικά :

2.3.1 Απώλεια βάρους : Προσδιορίστηκε σε 10 δείγματα ξεχωριστά ανά χειρισμό. Οι μετρήσεις γινόντουσαν με ζυγό ακριβείας (0,01 g). Η απώλεια εκφράστηκε επί τοις % του αρχικού βάρους.

2.3.2 Χρώμα : Προσδιορίστηκε σε 10 δείγματα ατομικά, ανά χειρισμό. Σε κάθε δείγμα γινόντουσαν μετρήσεις σε δύο εκ διαμέτρου αντίθετα σημεία που είχαν οριστεί από την αρχή του πειράματος. Οι μετρήσεις έγιναν με χρωματόμετρο Minolta CR-300. Πριν από κάθε μέτρηση το όργανο ρυθμιζόταν με λευκή πλάκα βαθμονόμησης ($Y=92,6$, $X=0,3135$, $W=0,3193$), η δε χρωματική κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε ήταν η L^* , a^* , b^* , CIE. Η μεταβολή του χρώματος εκφράστηκε με τις εξής παραμέτρους: L^* φωτεινότητα (0=μαύρο, 100=λευκό), a^* = κόκκινο (+)- πράσινο (-), b^* = κίτρινο (+)- μπλε (-).

2.3.3 Σκληρότητα : Προσδιορίστηκε η αντίσταση που παρουσιάζει η σάρκα στην είσοδο εμβόλου πάχους 2mm, καθώς και η παραμόρφωση του καρπού στην εφαρμογή σταθερής δύναμης 2 Kg. Για τον προσδιορισμό της παραμόρφωσης χρησιμοποιήθηκε πλάκα διαμέτρου 7,5 cm, η δε μέτρηση της αντίστασης έγινε σε επίπεδο τμήμα των τοιχωμάτων της πιπεριάς διαστάσεων 2 x 2 cm. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Texture Analyser TA.2Txi . Οι μετρήσεις γινόντουσαν ατομικά σε 6 καρπούς ανά χειρισμό και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε Newton (N) στην περίπτωση της αντίστασης στη διείσδυση και επί τοις % μεταβολή της αρχικής διαμέτρου στην περίπτωση της παραμόρφωσης.

2.3.4 Περιεκτικότητα σε βιταμίνη C: Ο προσδιορισμός της περιεχόμενης βιταμίνης C έγινε ογκομετρικά με δείκτη 2,6 διχλωροφαινόλ-ινδοφαινόλη και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg ασκορβικού οξέος / 100g φρέσκου βάρους. Οι μετρήσεις γινόντουσαν ατομικά σε 6 καρπούς ανά χειρισμό, στην αρχή της συντήρησης (0 ημ), στο τέλος της συντήρησης (15 ημ.) και στο τέλος της εμπορικής ζωής (shelf-life) (18 ημ.)

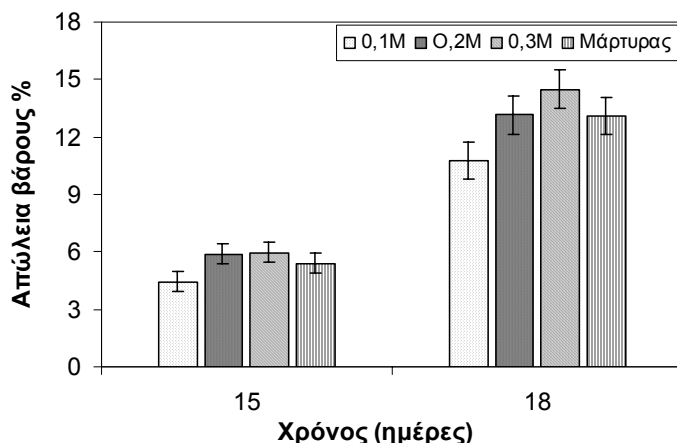
2.3.5 Φυσιολογικές ασθένειες και μυκητολογικές προσβολές: Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος γινόνταν συνεχής έλεγχος για τυχόν εμφάνιση μυκητολογικών προσβολών ή φυσιολογικών ασθενειών.

3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Το πείραμα επαναλήφθηκε τρεις φορές στην ίδια καλλιεργητική περίοδο. Οι τιμές είναι ο μ.ο. 30 μετρήσεων (3x10) στην περίπτωση της απώλειας του βάρους και του χρώματος ή 18 (3x6) στην περίπτωση της σκληρότητας, της παραμόρφωσης και της βιταμίνης C . Τα πειραματικά δεδομένα υπέστησαν στατιστική επεξεργασία με την ανάλυση της παραλλακτικότητας (ANOVA), το δε στατιστικό πακέτο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Statgraphics 4.0. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση των μέσων όρων ($p=0.05$).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η απώλεια βάρους, στο τέλος της συντήρησης (15 ημ) καθώς και στο τέλος της εμπορικής ζωής (18ημ) των καρπών πιπεριάς που υπέστησαν διάφορους χειρισμούς με χλωριούχο ασβέστιο.



Σχήμα 1. Επίδραση της συγκέντρωσης του χλωριούχου ασβεστίου στην απώλεια βάρους πιπεριάς ποικιλίας Spartakus F1, στο τέλος της συντήρησης (15 ημ) στους 10°C καθώς και στο τέλος της εμπορικής ζωής (18 ημ) στους 20 °C. (I=LSD)

Παρατηρούμε ότι η απώλεια βάρους επηρεάζεται από τη θερμοκρασία συντήρησης και τους χειρισμούς με χλωριούχο ασβέστιο. Έτσι στο τέλος της εμπορικής ζωής η απώλεια βάρους όλων των χειρισμών είναι σαφώς μεγαλύτερη σε σύγκριση με την απώλεια βάρους που παρουσιάζεται στο τέλος της συντήρησης στους 10°C. Οι καρποί που εμβάπτιστηκαν σε διάλυμα συγκέντρωσης 0.1M χλωριούχου ασβεστίου παρουσίασαν τη μικρότερη απώλεια βάρους τόσο στο τέλος της συντήρησης (15η ημ) όσο και στο τέλος της εμπορικής ζωής (18^η ημ). Η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική. Δεν παρατηρείται καμιά διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και των δύο άλλων χειρισμών.

Οι πιπεριές αμέσως μετά τη συγκομιδή χάνουν εύκολα υγρασία γεγονός που έχει σαν συνέπεια τη μείωση του χρόνου συντήρησης τους. Σύμφωνα με τους Lownds και Bonsland [10] μετά τρεις ημέρες στους 20°C οι πιπεριές χάνουν περίπου το 7-10% του βάρους τους, γεγονός που τις καθιστά μη εμπορεύσιμες γιατί η μέγιστη αποδεκτή απώλεια υγρασίας είναι 7% [13]. Στην περίπτωση της μελέτης μετά 15 ημέρες στους 10°C όλοι οι χειρισμοί παρουσίασαν απώλεια βάρους σαφώς μικρότερη του 7% και χαρακτηρίζονται εμπορεύσιμοι ως προς το κριτήριο αυτό. Στο τέλος της εμπορικής ζωής οι καρποί των διαφόρων χειρισμών παρουσίασαν απώλεια βάρους κυμαινόμενη μεταξύ 11 και 14%, αλλά οργανοληπτικά χαρακτηρίστηκαν εμπορεύσιμοι. Η εμβάπτιση της πιπεριάς σε 0,1 M διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου φαίνεται να ελαττώνει την υδατοπερατότητα του καρπού όπως ακριβώς συμβαίνει και στην περίπτωση της φράουλας [6].

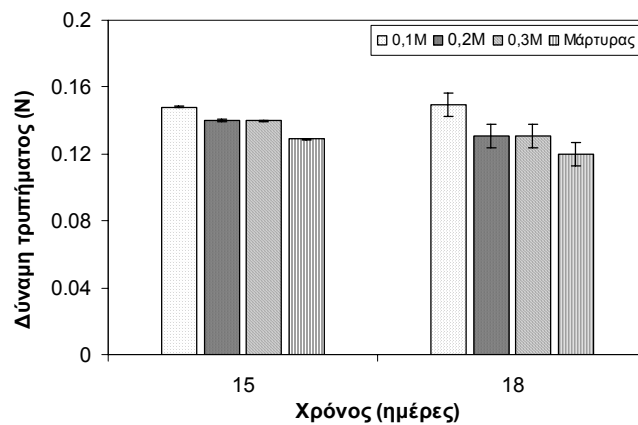
Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται η μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων L^* , a^* και b^* τόσο στο τέλος της συντήρησης στους 10°C όσο και στο τέλος της εμπορικής ζωής. Παρατηρούμε ότι το χρώμα μεταβάλλεται συναρτήσει της θερμοκρασίας γι' αυτό Πίνακας 1. Επίδραση της συγκέντρωσης του χλωριούχου ασβεστίου στη μεταβολή του χρώματος πιπεριάς που συντηρήθηκε 15 ημέρες στους 10°C και 3 ημέρες στους 20°C .

Συγκέντρωση Χλωριούχου ασβεστίου	Μεταβολές των χρωματικών παραμέτρων ^w					
	L^*		a^*		b^*	
	Χρόνος συντήρησης (ημέρες)		Χρόνος συντήρησης (ημέρες)		Χρόνος συντήρησης (ημέρες)	
	15	18	15	18	15	18
Μάρτυρας	-1,09 ^χ α	-1,38 α	-2,5 α	-4,33 α	0,22 α	0,86 α
0.1M	-1,09 α	-1,12 α	-1,12 α	-3,41 α	0,45 α	0,48 α
0.2M	-0,92 α	-0,8 α	-2,61 α	-5,29 α	0,72 α	0,91 α
0.3M	-1,10 α	-1,42 α	-1,49 α	-3,64 α	1,41 α	1,43 α

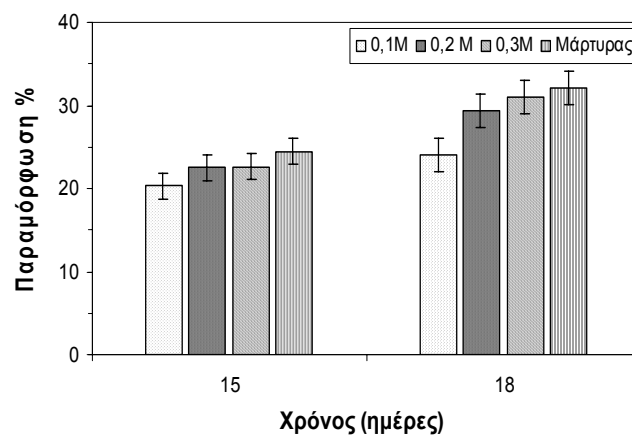
^w Οι τιμές των χρωματικών παραμέτρων είναι η διαφορά της τελικής τιμής μείον της αρχικής
^χ Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 18 (3x6) μετρήσεων. Μέσοι όροι της ίδιας στήλης που χαρακτηρίζονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά συγκρινόμενοι με το test της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD $p=0.05$)

η μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων αυξάνεται στο τέλος της εμπορικής ζωής. Οι χειρισμοί με το ασβέστιο δεν επηρέασαν τη μεταβολή του χρώματος. Χειρισμοί με ασβέστιο καθυστέρησαν την αλλαγή του χρώματος λεμονιών ποικιλίας Verna που συγκομίσθηκαν στο στάδιο αλλαγής του χρώματος [22]. Το χλωριούχο ασβέστιο σε συγκεντρώσεις 0,04M-0,08M καθυστερεί τη διαδικασία της ωρίμασης και της γήρανσης, την καταστροφή των χλωροπλαστών καθώς και την απώλεια του πράσινου χρώματος σε μήλα Golden Delicious [15] και σε πεπόνια [9]. Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις προκαλούν επιτάχυνση της αποικοδόμησης της χλωροφύλλης. Η εφαρμογή του ασβεστίου επηρεάζει το ρυθμό γήρανσης γιατί επιδρά άμεσα στην περατότητα της πρωτοπλασματικής μεμβράνης επηρεάζοντας πιθανώς την καταστροφή των λιπιδίων καθώς και στην οσμωτική πίεση του κυττάρου [9].

Στο τέλος της συντήρησης και της εμπορικής ζωής οι πιπεριές που εμβαπτίσθηκαν σε διάλυμα συγκέντρωσης 0.1M χλωριούχου ασβεστίου παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερη τιμή σκληρότητας (σχ.2) και μικρότερη τιμή παραμόρφωσης (σχ.3) σε σύγκριση με τους άλλους χειρισμούς. Οι πιπεριές που εμβαπτίσθηκαν σε διαλύματα 0.2M και 0.3M χλωριούχου ασβεστίου στο τέλος της συντήρησης ήταν πιο σκληρές από το μάρτυρα, η διαφορά αυτή όμως δεν διατηρήθηκε στο τέλος της εμπορικής ζωής. Ως προς την παραμόρφωση οι συγκεντρώσεις 0,2M και 0,3M χλωριούχου ασβεστίου δεν παρουσίασαν καμιά διαφορά από το μάρτυρα τόσο στο τέλος της συντήρησης όσο και της εμπορικής ζωής. Από τους χειρισμούς που εφαρμόσθηκαν μόνο η εμβάπτιση σε 0,1M διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου επηρέασε σημαντικά την σκληρότητα και την ελαστικότητα της πιπεριάς. Σε όλες τις περιπτώσεις η σκληρότητα διατηρήθηκε σχεδόν σταθερή καθ'όλη τη διάρκεια της εμπορικής ζωής ενώ η παραμόρφωση (ελαστικότητα) μεταβλήθηκε με το χρόνο. Η απώλεια βάρους μάλλον επηρεάζει την σκληρότητα και συμβάλλει σημαντικά στη αύξηση της ελαστικότητας των καρπών.



Σχήμα 2. Σκληρότητα καρπών πιπεριάς που εμβαπτίστηκαν σε διαλύματα χλωριούχου ασβεστίου συγκεντρώσεων 0.1M, 0.2M και 0.3M καθώς και του μάρτυρα, στο τέλος της συντήρησης (15 ημ) και στο τέλος της εμπορικής ζωής (18 ημ) (I=LSD $p=0.05$)



Σχήμα 3. Παραμόρφωση καρπών πιπεριάς που εμβαπτίστηκαν σε διαλύματα χλωριούχου σβεστίου συγκεντρώσεων 0.1M, 0.2M και 0.3M καθώς και του μάρτυρα στο τέλος της συντήρησης (15 ημ) και στο τέλος της εμπορικής ζωής (18 ημ) (I=LSD $p=0.05$)

Η συσχέτιση μεταξύ απώλειας βάρους και σκληρότητας ή παραμόρφωσης είναι γραμμική με $R^2 > 0.89$ στην περίπτωση των χειρισμών με διαλύματα 0,1M και 0,3 M, στην περίπτωση του μάρτυρα ο συντελεστής συσχέτισης έχει τιμή 0,80, ενώ δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση στην περίπτωση του χειρισμού με 0.2M.

Μετά 15 ημέρες συντήρησης στους 10°C παρουσιάζεται έντονη μείωση της βιταμίνης C (πίνακας 2) σε όλους τους χειρισμούς. Τη μεγαλύτερη όμως μείωση παρουσιάζουν ο

Πίνακας 2. Μεταβολή της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 10°C και υπέστη διάφορους χειρισμούς με χλωριούχο ασβέστιο.

Χρόνος (ημέρες)	Θ°C	Περιεκτικότητα σε βιταμίνη C (mg/100g)			
		0,1M	0,2M	0,3M	Μάρτυρας
15	10	105,27 a	85,13 b	66,95 c	64,5 c
18	20	91,17 a	80,67 ab	69,8 bc	57,2c

Αρχική μέτρηση 136 mg/100g
Οι τιμές είναι ο μέσος όρος 18 (3x6) μετρήσεων. Μέσοι όροι της ίδιας γραμμής που χαρακτηρίζονται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά συγκρινόμενοι με το test της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD p=0.05)

μάρτυρας και ο χειρισμός με 0.3M χλωριούχο ασβέστιο, ενώ τη μικρότερη οι καρποί που εμβάπτιστηκαν σε διάλυμα 0.1M χλωριούχου ασβεστίου. Στο τέλος της εμπορικής ζωής παρατηρείται μία περαιτέρω μείωση της περιεχομένης βιταμίνης αλλά όχι τόσο έντονη όσο στο τέλος της συντήρησης, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στη μεγαλύτερη απώλεια βάρους. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι χειρισμοί με χλωριούχο ασβέστιο επηρέασαν την περιεκτικότητα σε βιταμίνη C, γεγονός που συμφωνεί με τα αποτελέσματα των Abdelaziz et al [1] στα πορτοκάλια. Στην περίπτωση όμως των λεμονιών ποικιλίας “Verna” οι χειρισμοί με χλωριούχο ασβέστιο δεν επηρέασαν την περιεκτικότητα της βιταμίνης C. Η διατήρηση της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C που παρατηρήθηκε στους καρπούς της πιπεριάς που εμβάπτιστηκαν σε διαλύματα χλωριούχου ασβεστίου μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι το Ca μειώνει τη δράση των ενζύμων που είναι υπεύθυνα για την αποικοδόμησή της [12].

Τέλος δεν εμφανίστηκαν φυσιολογικές ασθένειες, γεγονός το οποίο αποδεικνύει ότι η θερμοκρασία των 10°C είναι ιδανική για τη συντήρηση της πράσινης πιπεριάς. Όσον αφορά την εμφάνιση μυκητολογικών προσβολών μόνο ο μάρτυρας παρουσίασε ένα ποσοστό της τάξης του 3% στο τέλος της συντήρησης και 5% στο τέλος της εμπορικής ζωής.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη αυτή προκύπτει ότι η εμβάπτιση της πιπεριάς σε μικρή συγκέντρωση χλωριούχου ασβεστίου (0.1M) μπορεί να επηρεάσει θετικά την απώλεια βάρους, το μαλάκωμα και την περιεκτικότητα σε βιταμίνη C. Υψηλές συγκεντρώσεις (0.3M) δεν ήταν αποτελεσματικές ίσως λόγω δημιουργίας stress. Όλες όμως οι συγκεντρώσεις εμπόδισαν την εμφάνιση μυκητολογικών προσβολών.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abdelaziz, F.H., Ahmed, F.F., Ebrahiem, T.A. 2000. Effect of postharvest treatment of some calcium salts on shelf-life and quality of Valencia orange fruits during cold storage .Improving Postharvest Technology of Fruits Vegetables and Ornamentals. Eds. F.Artes, M.I., Gill, M.A Conesa, V.1, 54-60

2. Bush, D.S.1995. Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, V.46, 95-122.
3. Conway,W.S. Sams,C.E..1985. Calcium infiltration of Golden Delicious apples and its effect on decay. *Phytopathology*, V.73, 1068-1071.
4. Conway,W.S. Sams,C.E..Kelman, A.1994. Enhancing the natural resistance of plant tissue to postharvest diseases through calcium applications. *HortScience*, V.29, 751-754.
5. Ferguson,I.B..Drobak,B.K. 1988. Calcium and the regulation of plant growth and senescence. *HortScience*, V.23, 262-266.
6. Garcia,M.J..Herrera,S. and Ana Morilla.1996. Effects of Postharvest dips in calcium chloride on strawberry. *J. Agric. Food Chem.*,V.44,30-33
7. Irene Luna- Guzman, Diane, M. Barrett.2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology*, V.19, 61-72.
8. Izumi, H. and Watada, A.E. 1994. Calcium treatments affect storage quality on shredded carrots. *J. Food Science*, V.59(1),106-109.
9. Lester, G.1996.Calcium alters senescence rate of postharvest muskmelon fruits disks. *Postharvest Biology and Technology*, V.7, 91-96.
10. Lownds, N.K and P.W. Bosland 1988. Studies on postharvest storage. *HortScience*, V.23, 71-74
11. Mohammed,M..Wilson, L.A and Gomes.1991. Effects of postharvest dips on the storage quality of fruit from two hot pepper cultivars. *Trop. Agric. (Trinidad)*, V.68 (1), 81-87.
12. Nijjar, G.S.1985. Nutrition of fruits trees. Kalayani Publishers, New Delhi Ludhiana, 73-270.
13. Passam, X. 1994. Μετασυλλεκτική Φυσιολογία και Τεχνολογία των Κηπευτικών. Σημειώσεις Γεωργικού Πανεπιστημίου.
14. Perera, A.N.. Karnnaratne, A.M. 2002. Postharvest calcium chloride treatments do not help to increase shelf-life of bananas. *Fruits*, V. 57(2),87-93.
15. Picchioni, G.A..Watada ,A.E. Conway, W.S..Whitaker, B.D and Sams, C.E. 1995. Phospholipid, galactolipid and steryl lipid composition of apple fruit cortical tissue following postharvest CaCl_2 infiltration. *Phytochemistry*, V.39, 763-769.
16. Picchioni, G.A..Watada ,A.E. Conway, W.S..Whitaker, B.D and Sams, C.E. 1998. Postharvest calcium infiltration delays membrane lipid catabolism in apple fruit. *J. of Ag. And Food Chemistry*, V.46, 2452-7.
17. Poovaiah, B.W.1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology*, V.40, 86-89.
18. Poovaiah, B.W.1988. Calcium and fruit softening. *Physiology and Biochemistry. Horticultural Reviews*, V.10, 107-152.
19. Rajapakse, N.C.Hewett, E.W..Banks, N.H..Cleland, D.J.1992.Vacuum infiltration with calcium chloride influences oxygen distribution in apple fruit flesh. *Postharvest Biol. Technol.*, V.1, 221-229.
20. Saftner, R.A..Conway, W.S and Sams, C.E. 1998. Effects of postharvest calcium chloride treatments on tissue water relations, cell wall calcium levels and postharvest life of "Golden Delicious"apples. *J. Amer. Soc. for Horticultural Science*, V.123, 893-897.
21. Saftner,A.R..Conway,S.W..Sams,E.C. 1999.Postharvest Calcium infiltration alone and combined with surface coating treatments influence volatile levels,

- respiration, ethylene production and internal atmospheres of "Golden Delicious" apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., V.124 (5), 553-558.
22. Valero, D., Martinez-Romero, D., Serrano, M and Riquelme, M. 1998. Influence of postharvest treatment with putrescine and calcium on endogenous polyamines, firmness and abscisic acid in lemon. J. of Agr. And Food Chemistry, V.46, 2102-9.
 23. Wills, R.B.H and S.I.H. Tirmazi. 1982. Effect of postharvest application of calcium on ripening rates of pears and bananas. J. of Hort. Science, V. 57(4), 431-435.

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΙ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΜΑΝΤΑΡΙΝΙΟΥ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ “ENCORE”

Γ. Λύχνος*, Γ. Λαμπρινός*, Ε. Μανωλοπούλου** και Ι. Συκιώτης*

*Γ.Π.Α, Τμήμα Α.Φ.Π. – ΓΜ, Εργαστήριο Γ. Μηχ/γίας, Ιερά Οδός 75, 11855 Αθήνα

**ΤΕΙ Καλαμάτας, Σχολή Τ.Ε.Γ, Τμήμα Φ.Π., 24100 Αντικάλamos, Καλαμάτα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η συμπεριφορά ασυσκευάστου και συσκευασμένου μανταρινιού ποικιλίας ‘Encore’ κατά τη συντήρηση σε θερμοκρασία 6°C και σχετική υγρασία 90%RH. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν οι εξής: η απώλεια βάρους, το χρώμα του φλοιού, τα ολικά διαλυτά στερεά (Brix), το pH, η ογκομετρούμενη οξύτητα, το ασκορβικό οξύ, η απόδοση σε χυμό % και οι μυκητολογικές προσβολές. Μελετήθηκε επίσης η συγκέντρωση των αερίων O₂ και CO₂ μέσα στις συσκευασίες και η αναπνοή των μανταρινιών. Η διάρκεια συντήρησης του ασυσκευάστου μανταρινιού ξεπερνάει το μήνα, ενώ το συσκευασμένο σε σάκκους πολυαιθυλενίου συντηρείται δύο μήνες χωρίς κανένα χειρισμό με μυκητοστατικές ουσίες. Η χρησιμοποίηση πλαστικών συσκευασιών περιορίζει σημαντικά τις απώλειες μάζας των μανταρινιών.

THE EFFECT OF FILM PACKAGING ON RESPIRATION AND QUALITY PARAMETERS OF *ENCORE* MANDARINS

G. Lichnos*, G. Lambrinos*, H. Manolopoulou** και I. Sykiotis*

* Agricultural University of Athens, Dept. of Agricultural Engineering, 75 Iera Odos street – 11855 Greece

** TEI of Kalamata, Dept. of Crop production - 24100 Antikalamos, Kalamata, Greece

ABSTRACT

This study investigates the effect of thin medium polyethylene film packaging on respiration, quality deterioration and storage life of *Encore* mandarins. The quality parameters that were investigated are the following: amount of juice expressed as percent age of fruit weight, juice soluble solid content, juice total titratable acidity, juice pH, juice ascorbic acid content, peel colour change, fungal infection. The changes in O₂ and CO₂ concentration inside the packages were also studied as well as the respiration of mandarins. Storage of the unpackaged fruits can be satisfactory for a period of more than 4 weeks, while the packaged fruits can be well stored for a period up to 8 weeks without any fungicide application.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διάρκεια της μετασυλλεκτικής ζωής των καρπών των εσπεριδοειδών εξαρτάται εκτός από τους χειρισμούς πριν και μετά τη συγκομιδή και από τις συνθήκες συντήρησης. Η υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών των εσπεριδοειδών μετά την συγκομιδή τους οφείλεται κυρίως στην αναπνοή και στη διαπνοή τους. Εξαιτίας της διαπνοής τα φρούτα χάνουν τη σπαργή τους, συρρικνώνονται, μαλακώνουν και παραμορφώνονται [1]. Οι Ben – Yehoshua [2,3,4] και Λαμπρινός [6] κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι πλαστικές συσκευασίες λεπτού φιλμ πολυαιθυλενίου διπλασιάζουν την διάρκεια συντήρησης των εσπεριδοειδών. Ειδικότερα ο χρόνος συντήρησης του μανταρινιού 'Encore' στους 5°C σε πλαστικές συσκευασίες λεπτού φιλμ πολυαιθυλενίου μπορεί να ανέλθει έως και 10 εβδομάδες [7].

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα φρούτα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα προέρχονταν από την Πελοπόννησο, το Ν. Αργολίδας και συγκεκριμένα από τη Π. Επίδαυρο, η δε συγκομιδή τους έγινε κατά το πρώτο δεκαήμερο του Απριλίου. Μετά την άφιξή τους στο εργαστήριο έγινε διαλογή και απομάκρυνση των τραυματισμένων φρούτων. Εν συνεχεία χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες : τρεις ομάδες με διαφορετική συσκευασία, ανα τέσσερα φρούτα, σε σάκους πολυαιθυλενίου μέσης πυκνότητας που διέφερε ως προς το πάχος, και μία ομάδα ασυσκευαστων καρπών ως μάρτυρα. Δεν υπέστησαν χειρισμό με μηχανοστατικές και αντιδιαπνευστικές ουσίες (κέρωμα).

Η πρώτη ομάδα (μάρτυρας) συντηρήθηκε χωρίς χρήση συσκευασίας, η δεύτερη ομάδα συντηρήθηκε συσκευασμένη σε φιλμ πολυαιθυλενίου μέσης πυκνότητας πάχους 20μm (PEMD-20), η τρίτη ομάδα συντηρήθηκε συσκευασμένη σε φιλμ πολυαιθυλενίου μέσης πυκνότητας πάχους 30μm (PEMD-30) και τέλος η τέταρτη ομάδα συντηρήθηκε συσκευασμένη σε φιλμ πολυαιθυλενίου μέσης πυκνότητας πάχους 40μm (PEMD-40).

Οι πλαστικές συσκευασίες και τα μανταρίνια, πριν αρχίσει η διαδικασία της συσκευασίας, τοποθετήθηκαν στον ψυκτικό θάλαμο για να αποκτήσουν τη θερμοκρασία του θαλάμου. Στη συνέχεια τα μανταρίνια συσκευάστηκαν εντός του ψυκτικού θαλάμου. Οι συσκευασίες σφραγίστηκαν αεροστεγώς χρησιμοποιώντας μηχανήμα θερμικής συγκόλλησης. Ο ψυκτικός θάλαμος συντήρησης είχε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας 6°C και 90% αντίστοιχα. Σε κάθε συσκευασία τοποθετήθηκαν τέσσερα φρούτα, οι δε διαστάσεις των σάκων συσκευασίας που κατασκευάστηκαν ήταν 18 X 16cm. Κάθε είκοσι μέρες γινόταν άνοιγμα ορισμένων συσκευασιών και λήψη τυχαίου δείγματος δέκα μανταρινιών από κάθε ομάδα. Ακολουθούσαν οι μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Η εμπορική ζωή των μανταρινιών (shelf-life) διαρκούσε έξι μέρες και στο τέλος πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών.

Οι παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν οι εξής : η απώλεια μάζας, το χρώμα του φλοιού, τα ολικά διαλυτά στερεά (Brix), το pH, η ογκομετρούμενη οξύτητα, το ασκορβικό οξύ, η απόδοση σε χυμό % και τέλος οι μυκητολογικές προσβολές. Επίσης μελετήθηκε η συγκέντρωση των αερίων O₂ και CO₂ μέσα στις συσκευασίες, καθώς και η αναπνοή των μανταρινιών τόσο μέσα στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα όσο και εκτός των συσκευασιών πριν τη συσκευασία και μετά το άνοιγμα αυτής. Τέλος μετρήθηκε η

αναπνοή των ασυσκεύαστων καρπών σε τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασίες (6° , 10° , 17° , 20°).

Η μέτρηση του βάρους (για τον προσδιορισμό της απώλειας μάζας) γινόταν με τη χρήση ζυγού ακριβείας της εταιρείας AND μοντέλο FA-2000 με ακρίβεια 0,01g. Τα συσκευασμένα μανταρίνια σε PEMD-20, PEMD-30, PEMD-40 και ο μάρτυρας ζυγίζονταν κάθε δέκα ημέρες. Η απώλεια βάρους % υπολογίζεται αφαιρώντας από την αρχική μέτρηση την τελευταία με αναγωγή στην αρχική, δηλαδή $(B_a - B_t) / B_a \times 100$.

Οι μετρήσεις του χρώματος του φλοιού πραγματοποιούνταν με φορητό χρωματόμετρο MINOLTA μοντέλο CR 300 χρησιμοποιώντας το διεθνές σύστημα Lab τρισδιάστατης μέτρησης των παραμέτρων L^* , a^* , b^* . Σε κάθε συσκευασία τα δύο από τα τέσσερα μανταρίνια είχαν αριθμηθεί και μαρκαριστεί έτσι ώστε οι μετρήσεις να γίνονται πάντοτε στο ίδιο φρούτο και στην ίδια κυκλική επιφάνεια του φρούτου.

Οι μετρήσεις των ολικών διαλυτών στερεών πραγματοποιούνταν με επιτραπέζιο διαθλασίμετρο της εταιρείας A.S.T μοντέλο SR400. Οι μετρήσεις λαμβάνονται σε Brx.

Οι μετρήσεις του pH πραγματοποιούνταν με πεχάμετρο Messgerate Bischof. Η μέτρηση της οξύτητας γινόταν με ογκομέτρηση N/10 NaOH και δείκτη φαινολοφθαλίνη 1%. Η μέτρηση του ασκορβικού οξέος (βιταμίνη C) γινόταν με ογκομέτρηση με 2,6-διχλωροφαινόλ-ινδοφαινόλη.

Η απόδοση σε χυμό % των μανταρινιών υπολογιζόταν από τη σχέση

$$A\% = M_x / M_\mu \times 100,$$

όπου A είναι η απόδοση σε χυμό %, M_x = μάζα χυμού, M_μ = μάζα μανταρινιού.

Οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων των αερίων O_2 και CO_2 εντός των συσκευασιών πραγματοποιούνταν με χρωματογράφο αερίων PERKIN ELMER 8700 αφού πρώτα είχαν τοποθετηθεί septa σιλικόνης σε κάθε πλαστική συσκευασία. Μ' αυτόν τον τρόπο κατέστη δυνατή η λήψη αερίου δείγματος με σύριγγα χωρητικότητας 1ml χωρίς επικοινωνία του εσωτερικού περιβάλλοντος της συσκευασίας με το εξωτερικό περιβάλλον. Συνεπώς οι μεταβολές της ατμόσφαιρας του αέρα εντός των συσκευασιών ήταν αποκλειστικά συνάρτηση της αναπνευστικής λειτουργίας των μανταρινιών και της περατότητας των συσκευασιών.

Οι μετρήσεις της αναπνοής πραγματοποιούνταν με τη διάταξη RICKLOS [8] με ανακύκλωση του αέρα του αναπνευστικού θαλάμου. Η αναπνοή των μανταρινιών μέσα σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα μετριόταν τοποθετώντας κάθε συσκευασία (μετά τη σταθεροποίηση της σύστασής της) στον αναπνευστικό θάλαμο (πλαστικό δοχείο) της διάταξης RICKLOS. Μετά το σφράγισμα του αναπνευστικού θαλάμου καταγράφεται η αρχική ένδειξη της οθόνης και μετά από χρονικό διάστημα Δt καταγράφεται η τελική ένδειξη. Ο ρυθμός αναπνοής δίνεται από τη σχέση :

$$q_R = (\Delta C / \Delta t) \times (V / m) \times 10^{-4} \quad (1)$$

Όπου :

q_R : ρυθμός αναπνοής σε ml CO_2 /h/100g καρπού.

$\Delta C = C_f - C_i$: Μεταβολή της συγκέντρωσης CO_2

$V = V_c - V_{fr}$: Όγκος αέρα κυκλώματος σε ml

C : Συγκέντρωση CO_2 σε ppm

t : Χρόνος σε h

m : Μάζα του καρπού σε g

i : Αρχική κατάσταση

f : Τελική κατάσταση

c : κύκλωμα διάταξης

fr : καρπός

$V_c = V_{\delta\sigma\chi} - V_{\sigma\omega\lambda}$

Η κλίση της ευθείας $\kappa = f(t) = (\Delta C / \Delta t)$ υπολογίζεται με τη μέθοδο της ευθείας των ελαχίστων τετραγώνων. Τελικά ο ρυθμός αναπνοής υπολογίζεται από τη σχέση :

$$q_R = \kappa \times (V/m) \times 10^{-4} \quad (2)$$

Όπου κ η κλίση της ευθείας σε ppm/h [8]

Η αναπνοή των μανταρινιών μετά το άνοιγμα των συσκευασιών (πρόκειται για τις ίδιες συσκευασίες που μετρήθηκαν προηγουμένως) μετρήθηκε με τη διάταξη RICKLOS. Η διαδικασία μέτρησης σε ασυσκευάστα μανταρινία ήταν ίδια με τη προηγούμενη όπως και ο υπολογισμός της αναπνοής που γίνεται από τους τύπους (1), (2), αλλά η διαδικασία επιδίωκε τελική μείωση και σταθεροποίηση του ρυθμού αναπνοής.

Τα χαρακτηριστικά των φρούτων στην αρχή του πειράματος ήταν τα ακόλουθα :

βάρος 128,458g	Brix 10,011
απόδοση σε χυμό 29,7%	ογκομ. οξ. 0,7694g κίτρ./100ml χυμού
pH 3,395	ασκορβικό οξύ 20,54mg/100ml χυμού
χρώμα L^* 56,791 a^* 0,8042	

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΧΟΛΙΑ

3.1 Συγκέντρωση αερίων εντός των συσκευασιών

Στο σχήμα 1, παρουσιάζονται οι μεταβολές της ατμόσφαιρας με το χρόνο συντήρησης. Οι αρχικές συγκεντρώσεις των αερίων εντός των συσκευασιών είναι ίδιες με αυτές του περιβάλλοντος (21% για το O_2 και 0% για το CO_2). Παρατηρούνται τα εξής :

1) Η μεταβολή των αερίων αρχικά είναι έντονη, η δε σταθεροποίηση επέρχεται πρακτικά μετά το πρώτο δεκαήμερο.

2) Οι ατμόσφαιρες που τελικά δημιουργούνται μέσα στις συσκευασίες για κάθε φιλμ πολυαιθυλενίου είναι :

- Για τη συσκευασία PEMD-20 15-16% O_2 και γύρω στο 2% CO_2 .

- Για τη συσκευασία PEMD-30 18% O_2 και γύρω στο 2% CO_2 .

- Για τη συσκευασία PEMD-40 17-19% O_2 και γύρω στο 2,5% CO_2 .

Συνεπώς οι ατμόσφαιρες που δημιουργήθηκαν σε όλες τις πλαστικές συσκευασίες παρέμειναν πλούσιες σε οξυγόνο (15-19%) ενώ δεν εμπλουτίστηκαν σημαντικά σε διοξείδιο του άνθρακα (2-2,5%).

3.2 Αναπνοή των μανταρινιών μέσα σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα

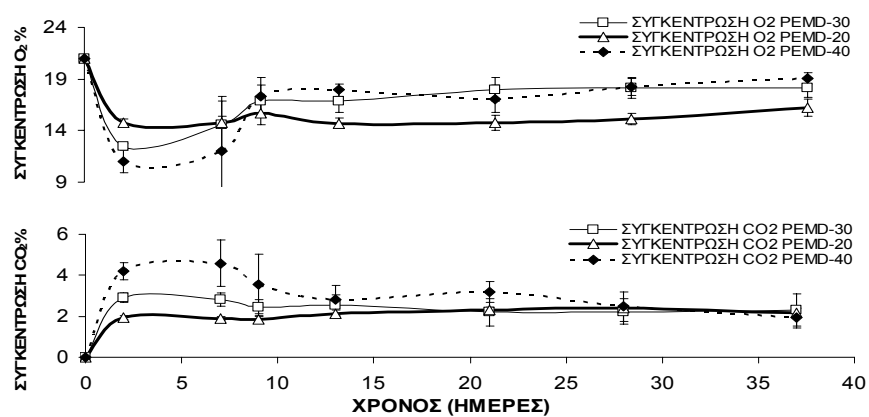
Οι μετρήσεις της αναπνοής των συσκευασμένων μανταρινιών μετά από 43 ημέρες συντήρησης και σταθεροποίηση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Παρατηρείται ότι ο ρυθμός αναπνοής στα συσκευασμένα μανταρινία σε PEMD-20 είναι μεγαλύτερος σχετικά με αυτόν της αναπνοής των συσκευασμένων μανταρινιών σε PEMD-30 και των συσκευασμένων μανταρινιών με PEMD-40, δηλαδή ισχύει $RR_{PEMD-20} > RR_{PEMD-30} > RR_{PEMD-40}$.

3.3 Αναπνοή των μανταρινιών εκτός των συσκευασιών

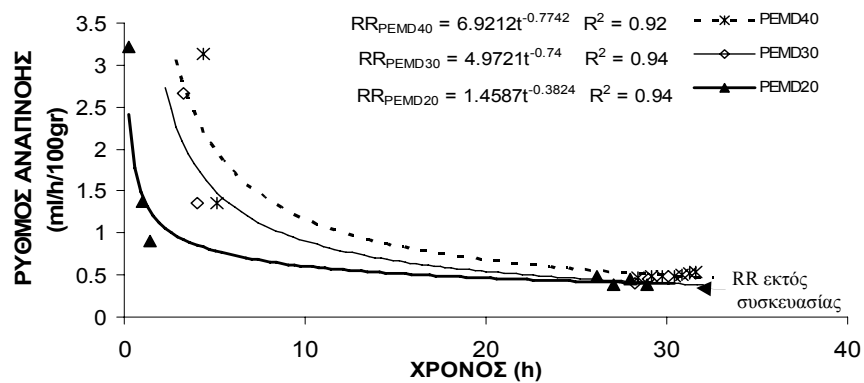
Οι μετρήσεις της αναπνοής των μανταρινιών μετά το άνοιγμα των συσκευασιών και μέχρι τη σταθεροποίησή της παρουσιάζονται στο σχήμα 2 και στον πίνακα 1. Το συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι η αναπνοή όλων των μανταρινιών τελικά σταθεροποιείται γύρω από τιμές 0,4-0,5 ml/h/100g που είναι μεγαλύτερες από τις αρχικές και απ' αυτές στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

Πίνακας 1. Αναπνευστική δραστηριότητα πριν, κατά και μετά τη συσκευασία.

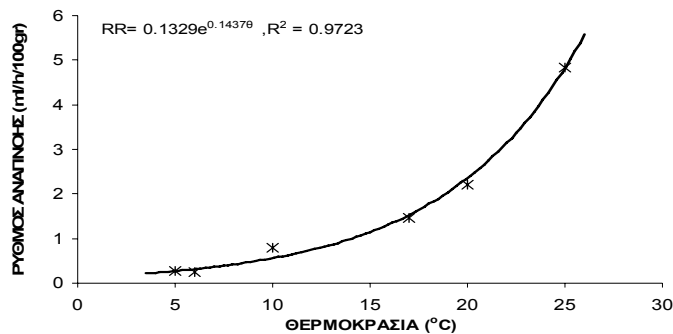
$\Theta = 6^{\circ}\text{C}$	ΑΝΑΠΝΟΗ (ml/h/100gr)		
	PEMD-20	PEMD-30	PEMD-40
ΠΡΙΝ ΤΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ	0.2465	0.2465	0.2465
ΜΕΤΑ ΤΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ και ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ	0.4375	0.3198	0.2016
ΜΕΤΑ ΤΟ ΑΝΟΙΓΜΑ και ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ	0.3921	0.4492	0.533



Σχήμα 1. Μεταβολές της ατμόσφαιρας εντός των συσκευασιών με το χρόνο συντήρησης



Σχήμα 2. Μεταβολές της ατμόσφαιρας εκτός των συσκευασιών με το χρόνο συντήρησης



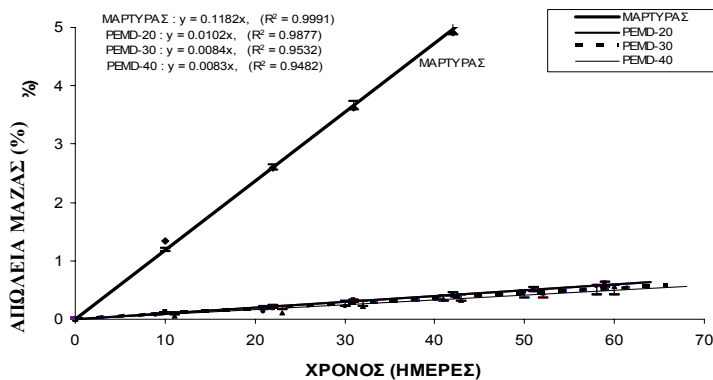
Σχήμα 3. Μεταβολή του ρυθμού αναπνοής των μανταρινιών encore με τη θερμοκρασία συντήρησης

3.4 Απώλειες μάζας

Η απώλεια μάζας είναι ένας από τους σημαντικότερους περιοριστικούς παράγοντες της συντήρησης των εσπεριδοειδών που επηρεάζεται τόσο από το χειρισμό όσο και από τη θερμοκρασία. Τα φρούτα που υπόκεινται σε χειρισμό με αντιδιαπνευστικές ουσίες παρουσιάζουν μικρότερες απώλειες μάζας από αυτά που δεν υπόκεινται σε χειρισμό με αντιδιαπνευστικό στην ίδια θερμοκρασία [6].

Στο συγκεκριμένο πείραμα δεν έγινε χρήση κάποιας αντιδιαπνευστικής ουσίας. Στο σχήμα 3 παρουσιάζονται οι απώλειες μάζας % σε σχέση με το χρόνο συντήρησης που αφορούν το μάρτυρα και τις συσκευασίες PEMD-20, PEMD-30, PEMD-40. Παρατηρούνται τα εξής :

- Ο μάρτυρας, ο οποίος ήταν ασυσκευαστα και ακέρωτα μανταρινία τα οποία συντηρήθηκαν στους 6°C στον ίδιο ψυκτικό θάλαμο με τα συσκευασμένα, παρουσίασε τις μεγαλύτερες απώλειες μάζας σε όλη τη χρονική περίοδο συντήρησής του συγκριτικά με τα συσκευασμένα.
- Συνολικά και οι τρεις συσκευασίες παρουσίασαν, σε σχέση με το μάρτυρα, υποδεκαπλάσιες απώλειες μάζας γιατί μέσα στις συσκευασίες δημιουργούνται σχεδόν κορεσμένες σε υδρατμούς ατμόσφαιρες, με αποτέλεσμα η αφυδάτωση των φρούτων να είναι ελάχιστη. Οι διαφορές απώλειας μάζας των μανταρινιών των τριών τύπων συσκευασίας ήταν ασήμαντες.



Σχήμα 4. Οι απώλειες μάζας % σε σχέση με το χρόνο συντήρησης

3.5 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Οι μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών παρουσιάζονται στον πίνακα 2. Από τις τιμές αυτές συμπεραίνονται τα εξής : α) το pH παρουσιάζει μια μικρή σχετικά αύξηση, β) τα ολικά διαλυτά στερεά δεν παρουσιάζουν αξιόλογη μεταβολή, γ) η απόδοση σε χυμό αυξάνεται σημαντικά κατά 32-36% (το φαινόμενο εξηγείται και λόγω της αφυδάτωσης και συνεπώς των απωλειών μάζας που επισυμβαίνουν στο φλοιό), δ) η βιταμίνη C κυρίως στα shelf-life παρουσιάζει αύξηση γιατί ο χυμός έχει γίνει πυκνότερος λόγω αφυδάτωσης, ε) η οξύτητα παρουσιάζει μικρή αύξηση.

Τελικά κανένας χειρισμός δεν παρουσιάζει σημαντικές στατιστικές διαφορές σε κάποιο ποιοτικό χαρακτήρα καθ' όλη τη περίοδο συντήρησης.

Πίνακας 2. Μέσοι όροι και όρια εμπιστοσύνης των ποιοτικών χαρακτηριστικών

			ΧΡΟΝΟΣ		PH	Ολ. Διαλυτά Στερεά (Brix)	Απόδοση σε χυμό %	Οξύτητα gΚίτρ.οξέος/100ml	Vit C mg/100ml
			ΑΦ	ΜΟ					
ΑΝΟΙΓΜΑ	ΑΡΧΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ			ΜΟ	3.4	9.8	29.67	0.77	20.54
				ΟΕ	3.35-3.45	9.06-10.55	28.03-32.32	0.72-0.82	19.28-21.81
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	60		ΜΟ	3.79	10.30	43.91	0.60	23.11
				ΟΕ	3.72-3.86	9.28-11.32	39.42-48.40	0.56-0.65	21.84-24.39
	PEMD-20	60		ΜΟ	3.76	10.10	44.73	0.69	20.26
				ΟΕ	3.65-3.87	8.79-11.50	41.35-48.10	0.58-0.79	16.98-23.54
	PEMD-30	60		ΜΟ	3.81	10.50	44.61	0.58	21.82
				ΟΕ	3.71-3.91	9.43-11.57	42.36-46.86	0.53-0.62	20.85-22.79
	PEMD-40	60		ΜΟ	3.69	9.32	45.06	0.65	22.18
				ΟΕ	3.62-3.76	7.81-10.83	41.57-48.56	0.62-0.69	19.24-25.12
SHELF LIFE	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	66		ΜΟ	4.05	10.54	44.58	0.57	23.37
				ΟΕ	3.96-4.14	9.52-11.57	42.38-46.77	0.47-0.66	20.91-25.84
	PEMD-20	66		ΜΟ	3.84	9.81	45.40	0.64	24.15
				ΟΕ	3.70-3.98	8.03-11.60	42.05-48.75	0.59-0.69	21.83-26.47
	PEMD-30	66		ΜΟ	4.00	7.80	46.81	0.58	23.63
				ΟΕ	3.62-4.38	1.45-14.15	46.23-47.38	-	-
	PEMD-40	66		ΜΟ	4.04	11.00	46.45	0.51	20.91
				ΟΕ	3.40-4.68	5.45-11.15	45.49-47.40	-	-

3.6 Χρώμα

Οι μετρήσεις του χρώματος παρουσιάζονται στον πίνακα 3. Ειδικότερα παρουσιάζεται ο λόγος a^* / b^* σε σχέση με το χρόνο συντήρησης όπως επίσης και ο λόγος $\Delta L^* / L_0^*$ σε

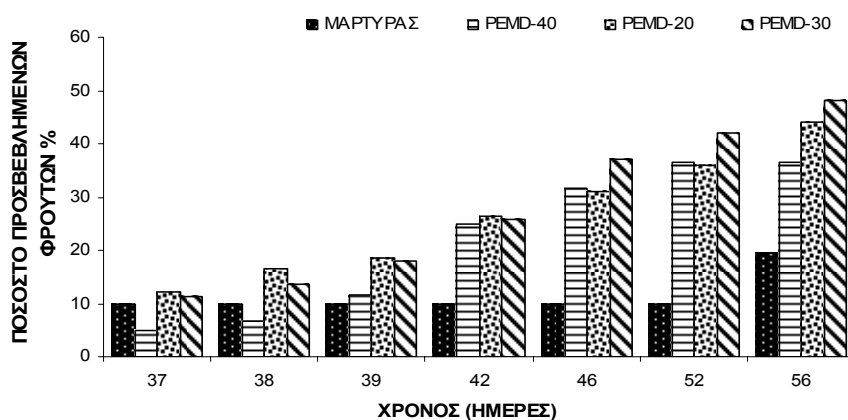
σχέση με το χρόνο συντήρησης. Το χρώμα δεν παρουσίασε αξιόλογη μεταβολή καθόλη τη διάρκεια συντήρησης.

3.7 Μυκητολογικές προσβολές

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα κατά τη συντήρηση των μανταρινιών είναι οι απώλειες από μυκητολογικές προσβολές, ειδικά όταν δεν έχει προβλεφθεί προστασία από μυκητοστατικό. Από το σχήμα 5, συνάγεται το συμπέρασμα ότι οι μυκητολογικές προσβολές στα μανταρινία που συσκευάστηκαν σε PEMD-20, PEMD-30, PEMD-40 ήταν μεγαλύτερες σε σχέση με τις προσβολές στα μανταρινία που δεν συσκευάστηκαν (Μάρτυρας). Η αυξημένη υγρασία εντός των συσκευασιών ευνόησε την ανάπτυξη των μυκήτων και κατά συνέπεια την αύξηση των απωλειών. Η χρησιμοποίηση μυκητοστατικών προϊόντων επιβάλλεται στην περίπτωση που επιδιώκεται μεγάλος χρόνος συντήρησης.

Πίνακας 3. Μέσοι όροι και όρια εμπιστοσύνης των μετρήσεων του χρώματος

		ΧΡΟΝΟΣ		a' / b'		ΔL' / L'	
				SL 18°C		SL 18°C	
1ο ΑΝΟΙΓΜΑ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	20	MO	0.7810		0.0002	
			OE	0.7225-0.7785		0.0031-0.0108	
	PEMD-20	20	MO	0.6851	0.7056	-0.0452	-0.0066
			OE	0.6414 - 0.8169	-	-0.0052-0.0269	
	PEMD-30	20	MO	0.7573	0.8930	-0.0463	0.0049
			OE	0.6742 - 0.7866	-	-0.0213-0.0473	
	PEMD-40	20	MO	0.6835	0.7050	-0.034	-0.0214
			OE	0.4442 - 0.9803	-	-0.0025-0.0185	
	2ο ΑΝΟΙΓΜΑ	40	MO	0.7178		44.58	
			OE	0.7477-0.6894		42.38-46.77	
		40	MO	0.6907	0.6370	45.40	-0.0078
			OE	0.5907 - 0.7748	-	42.05-48.75	
		40	MO	0.6430	0.8800	46.81	-0.0185
			OE	0.5816 - 0.6966	-	46.23-47.38	
		60	MO	0.5930		46.45	
			OE	0.1491 - 1,0161		45.49-47.40	
3ο ΑΝΟΙΓΜΑ	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	60	MO	0.6954		0.0218	
			OE	0.7374-0.6471		0.0092-0.0308	
	PEMD-20	60	MO	0.6540	0.6385	0.0192	0.038
			OE	0.508 - 0.7773	-	-0.0146-0.0767	
	PEMD-30	60	MO	0.5503		-0.0038	
			OE				



Σχήμα 5. Ποσοστό % των προσβεβλημένων φρούτων από μύκητες σε σχέση με το χρόνο συντήρησης

3.8 Εμφάνιση και γεύση των φρούτων

Στο τέλος της συντήρησης έγινε οργανοληπτικός έλεγχος των φρούτων για να διαπιστωθεί η ύπαρξη ξένων οσμών ή αλλοίωση της γεύσης τους. Όλα τα φρούτα των συσκευασιών είχαν πολύ καλή γεύση χωρίς την ύπαρξη ξένων οσμών. Αντίθετα τα ασυσκευαστα είχαν κακή εμφάνιση, ήταν ζαρωμένα και εμφανώς αφυδατωμένα ενώ η γεύση τους ήταν όχι ευχάριστη με χαρακτηριστικά γηρασμένου φρούτου και ίχνη αλκοόλης.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα σπουδαιότερα προβλήματα κατά τη συντήρηση των μανταρινιών, όπως και των άλλων εσπεριδοειδών, είναι δύο : η απώλεια βάρους, και οι απώλειες από μυκητολογικές προσβολές. Για τον περιορισμό των απωλειών βάρους πρέπει να χρησιμοποιούνται ατμόσφαιρες με υγρασία της τάξεως του 88–92% και θερμοκρασία 5–7°C. Η χρήση αντιδιαπνευστικού (κέρωμα) κρίνεται απαραίτητη όταν επιδιώκεται μακροχρόνια συντήρηση και το φρούτο δεν είναι συσκευασμένο με Μ.Α.Ρ.

Η χρησιμοποίηση μυκητοστατικών προϊόντων κρίνεται επίσης απαραίτητη για την παρεμπόδιση της ανάπτυξης μούχλων.

Η χρησιμοποίηση πλαστικών συσκευασιών και τροποποιημένης ατμόσφαιρας (Μ.Α.), ενώ δεν επηρεάζει τη φυσιολογία και τους ποιοτικούς χαρακτήρες των καρπών, περιορίζει σημαντικά τις απώλειες βάρους των μανταρινιών.

Η διάρκεια συντήρησης του μανταρινιού “Encore” ασυσκευάστου και ακέρωτου και χωρίς μυκητοστατικό ξεπερνάει τον μήνα. Επομένως με μυκητοστατικό και αντιδιαπνευστικό (κερί) μπορεί να παραταθεί περισσότερο η διάρκεια συντήρησης. Η συντήρηση με πλαστικές συσκευασίες ξεπερνάει τους δύο μήνες όταν χρησιμοποιηθεί και μυκητοστατικό [7].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Albrigo L.G. and Ismail M. A. (1983) "Potential and problems of film-wrapping citrus in Florida", *Proc. Fla State Hort. Sci.* **94**: 524-528.
- [2] Ben-Yehoshua S. (1985) "Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film. A new postharvest technique. *Hort.Science* **20**: 32-37.
- [3] Ben-Yehoshua S., Kobiler I. and Shapiro B. (1979) "Some physiological effects of delaying deterioration of citrus fruits by individual seal – packaging in high – density polyethylene film", *J.Amer.Soc. Hort. Sci.* **104**: 868-872.
- [4] Ben-Yehoshua S., Kobiler I. and Shapiro B. (1981) "Effects of cooling versus, seal-packaging with high-density polyethylene on keeping qualities of various citrus cultivars", *J.Amer.Soc.Hort.Sci* **106**: 536-540.
- [5] Grierson W. (1968) "Consumer packaging of citrus fruits", *Proceedings of the 1st International Citrus Symposium (Riverside, California) Vol. III.*
- [6] Lambrinos G., Manolopoulou H. (2000) "Effects of film thickness and storage temperature on water loss and internal quality of film-packaged oranges", *Improving Postharvest Technologies of Fruits*, (Ed.) F.Artes, M.I Gil, M.A. Conesa, IIR, Murcia, pp.565-572
- [7] Manolopoulou H., Lychnos G., Lambrinos G., Xanthopoulos G., (2004) "Effect of polyethylene film packaging on quality parameters of Encore mandarins", *European Agricultural Engineering Conference*, Leuve, Belgium
- [8] Μητρόπουλος Δ., Κοζής Γ., Μανωλοπούλου Ε. και Λαμπρινός Γρ. (2000) "Εκτίμηση του χρόνου συλλογής με μέτρηση αναπνοής στον αγρό", *Πρακτικά Τρίτου Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής*, Αθήνα, Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος, σ. 425-431.