



Ε.Γ.Μ.Ε.

Εταιρία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος

ΠΡΑΚΤΙΚΑ
5ου ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ
ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Συνεδριακό κέντρο ΤΕΙ Λάρισας
18-20 Οκτωβρίου 2007

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

5^ο ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ (ΕΓΜΕ)
Βόλος, 10 Οκτωβρίου 2007.

Επιμέλεια πρακτικών: Νικόλαος Κατσούλας,
Γ. Γραμματέας ΕΓΜΕ
Λέκτορας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
τηλ. 2421093249, e-mail: nkatsoul@uth.gr

Επιμέλεια εξώφυλλου πρακτικών και αφίσας συνεδρίου:
Δρ. Χρήστος Καβαλάρης,
ΙΔΑΧ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

**ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΛΛΑΔΟΣ (ΕΓΜΕ)
HELLENIC SOCIETY OF AGRICULTURAL
ENGINEERS (HelAgEng)**

**ΠΡΑΚΤΙΚΑ
5^ο ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

*«Η συμβολή των Γεωργικών Μηχανικών σε μια
ανταγωνιστική γεωργία»*

Λάρισα, 18-20 Οκτωβρίου 2007

Υπό την Αιγίδα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Συνδιοργάνωση: ΤΕΙ Λάρισας

5^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής

Οργανωτική Επιτροπή

Πρόεδρος:

Γέμτος Θ. Α., Καθηγητής Π.Θ.

Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Σακελλαρίου Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.

Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ

Κατσούλας Ν., Λέκτορας Π.Θ

Φουντάς Σ., Δρ. Π.Θ.

Καβαλάρης Χ., Δρ. Π.Θ.

Καραμούτης Χ., Δρ. Π.Θ.

Λέλλης Θ., Αν. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Ντιούδης Π., Αν. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Πατέρας Δ., Αν. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Γράβαλος Ι., Επ. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Γιαλαμάς Θ., Καθ. Εφαρμογών, ΤΕΙ Λάρισας

Τούλιος Λ., Ερευνητής, ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ

Καλφούντζος Δ., Ερευνητής, ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ

Επιστημονική Επιτροπή

Πρόεδρος:

Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Αναστασιάδου-Παρθενίου Ε., Καθηγήτρια Α.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.

Βουγιούκας Στ., Επικ. Καθηγητής ΑΠΘ

Γέμτος Θ., Καθηγητής Π.Θ.

Γεωργακάκης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Γιαννόπουλος Στ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Δημήρκου Ανθ., Αν. Καθηγήτρια Π.Θ.

Ζήσης Θ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Καλφούτζος Δ., ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ

Καραντούνιας Γ., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Κατσούλας Ν., Λέκτορας Π.Θ.

Κερκίδης Π., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.

Κυρίτσης Σ., Ομ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Λιακατάς Α., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Μαρτζόπουλος Γ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μισοπολινός Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπαρτζάνας Θ., Δρ. Π.Θ.
Μπριασούλης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Παναγάκης Π., Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παναγιωτόπουλος Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Πανώρας Α., Ερευνητής Ι.Ε.Β. ΕΘΙΑΓΕ
Παπαδάκης Γ., Αν. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παπαμιχαήλ Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Παρισόπουλος Γ., Δ/ντης Ι.ΓΕ.Μ.Κ., ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.
Πατέρας Δ., Αν. Καθηγητής ΤΕΙ Λάρισας
Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.
Συγριμής Ν., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Συλλαίος Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τούλιος Λ., ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ
Τσατσαρέλης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Φουντάς Σ., Δρ. Π.Θ.
Χουλιάρης Ν., Καθηγητής ΤΕΙ Λάρισας

Κατάλογος αξιολογητών των εργασιών

Αλεξανδρίδης Θ.	Μιμίδης Θ.
Αλεξίου Ι.	Μπαμπατζιμόπουλος Χ
Αντωνόπουλος Β.	Μπαρμπαγιάννης Ν.
Αργυροκαστρίτης Ι.	Μπαρτζάνας Θ.
Βουγιούκας Στ.	Μυγδάκος Ε.
Γέμτος Θ.	Μυστριώτης Α.
Γεωργίου Π.	Νάνος Γ.
Γιαννόπουλος Στ.	Παναγόπουλος Α.
Δομενικιώτης Ι.	Πανώρας Α.
Ελμαλόγλου Σ.	Παπαδάκης Γ.
Θεοχάρης Μ.	Παπαμιχαήλ Δ.
Καλφούντζος Δ.	Πατέρας Δ.
Καραθάνος Β.	Παυλάτου-Βε Α.
Καραμούζης Δ.	Προδρόμου Κ.
Καρυδάς Χ.	Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ.
Κατσούλας Ν.	Σταυρινός Ε.
Κερκίδης Π.	Συλλαίος Ν.
Κιοσέ-Καμπασακάλη Ε.	Τούλιος Λ.
Κίττας Κ.	Τσατσαρέλης Κ.
Κόκκορας Ι.	Τσιούρης Σ
Κωτσόπουλος Σπ.	Φουντάς Σπ.
Λουκάς Α.	Χαλκίδης Η.
Μαρτζοπούλου Χρ.	Ψιλοβίκος Α.
Ματσή Θεοδώρα	

5^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής

Χορηγοί του συνεδρίου

- Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων
- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.
- Κ/Ε ΒΕΡΜΙΟΝ ΑΤΕΕ – ΧΑΥΔΑΣ - ΩΡΟΛΟΓΟΠΟΥΛΟΣ ΑΤΕ,
Ρουπακιάς Ι.
- SCIENTACT Α.Ε.
- ΚΑΜΕΛΙΔΗΣ Α.Τ.Ε.
- ΚΑΡΑΤΖΟΥΝΗΣ ΑΤΕΒΕ
- ΑΓΡΕΚ Κ. ΣΑΜΑΝΤΟΥΡΟΣ Α.Ε.
- AGROMA, Σ. Πέtkος & ΣΙΑ Ο.Ε.
- Κέντρο Έρευνας Τεχνολογίας και Ανάπτυξης Θεσσαλίας (Κ.Ε.ΤΕ.Α.Θ.)
- TERRA Α.Ε.
- Ι. Εσκιάδης και ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε.
- Ένωση Κατασκευαστών Γεωργικών Μηχανημάτων Ελλάδος
(Ε.ΚΑ.ΓΕ.Μ.)
- Δαλακούρας Γ., Πολιτικός Μηχανικός
- Κούτη Ευτυχία – Κηποτεχνικά.



Πρόλογος

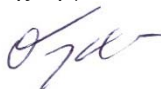
Το 5^ο Εθνικό Συνέδριο της Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας (ΕΓΜΕ) οργανώνεται στο ΤΕΙ Λάρισας με συνδιοργανωτές το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και το ΤΕΙ Λάρισας. Πολλές συζητήσεις έγιναν για την αναγκαιότητα του συνεδρίου καθώς στους επόμενους οκτώ μήνες θα διεξαχθεί το Ευρωπαϊκό συνέδριο της Ευρωπαϊκής Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών (Ιούνιος 2008 στην Κρήτη), την οργάνωση του οποίου έχει αναλάβει η ΕΓΜΕ. Επικράτησε όμως η άποψη ότι το Εθνικό συνέδριο έχει διαφορετικούς και αυτοτελείς σκοπούς, όπως τη γνωριμία των νέων Ελλήνων ερευνητών που θα τους δοθεί ένα φιλικό βήμα να παρουσιάσουν τις εργασίες, τη γνωριμία των ερευνητικών ομάδων και του έργου τους, στοιχεία ιδιαίτερα σημαντικά για των επίτευξη των στόχων της Εταιρείας.

Το φετινό συνέδριο πραγματοποιείται μετά από μια ιδιαίτερα ξηρή χρονιά και ένα ιδιαίτερα θερμό καλοκαίρι που προκάλεσε σημαντικές ζημιές στις γεωργικές καλλιέργειες αλλά και στα δασικά οικοσυστήματα πολλών περιοχών της χώρας. Οι κλιματικές αλλαγές κάνουν έντονη την παρουσία τους και στη χώρα μας. Η εταιρεία μας έχει να παίξει σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια της άμβλυνσης των αρνητικών τους επιπτώσεων. Η διαχείριση των υδάτινων και εδαφικών πόρων αποκτούν ιδιαίτερη σημασία και πολλές από τις εργασίες του συνεδρίου δίνουν νέες ιδέες και λύσεις. Η εκμηχάνιση της γεωργίας συμβάλλει στη διατήρηση μιας οικονομικά βιώσιμης γεωργίας στη χώρα μας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων, που τόσο ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα και αυξάνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σημαντική συμβολή στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της γεωργίας της χώρας, στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και στην καλύτερη αξιοποίηση των φυσικών πόρων προσφέρουν οι εφαρμογές των νέων τεχνολογιών στη γεωργία, η τεχνολογία των καλλιεργειών υπό κάλυψη και η συντήρηση και μεταποίηση των προϊόντων. Θεωρούμε ότι το 5^ο Συνέδριο θα συμβάλλει ουσιαστικά στην προώθηση κατάλληλων λύσεων στα παραπάνω θέματα.

Στο συνέδριο υπεβλήθησαν 137 περιλήψεις και τελικά έγιναν δεκτές 110 πλήρεις εργασίες που θα παρουσιαστούν προφορικά στις τρεις παράλληλες συνεδριάσεις του συνεδρίου. Πιστεύω ότι το συνέδριο θα ακολουθήσει την επιτυχία των προηγούμενων.

Με την ευκαιρία αυτή θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους αξιολογητές των εργασιών που υπεβλήθησαν και στους συντελεστές της οργάνωσης αυτού του συνεδρίου. Ο Λέκτορας του Π.Θ. κ. Ν. Κατσούλας και ο Δρ. κ. Σπ. Φουντάς διακαίονται τις περισσότερες, καθώς χάρη στην εργασία τους έγινε δυνατή η καλή οργάνωση του συνεδρίου. Ο Αν. Καθηγητής κ. Θ. Λέλλης και η ομάδα του ΤΕΙ Λάρισας είχαν σημαντική συμβολή. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους χορηγούς του συνεδρίου.

Ν. Ιωνία, 10 Οκτωβρίου 2007
Ο πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής



Καθηγητής Θ.Α. Γέμτος

Περιεχόμενα

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ – ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΙ19

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΡΙΕΤΟΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΝΕΟΤΕΡΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	21
Μυγδάκος Ε., Πατσιαλή Σ., Αυγουλάς Χ., Μυγδάκος Γ. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΜΙΑΣ ΒΑΜΒΑΚΟΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	31
Ε. Γρ. Μυγδάκος ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΤΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	44
Ι. Γράβαλος, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Α. Αυγουστής, Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Ζ. Τσιρόπουλος	44
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΣΕ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	52
Ε. Λάμπου, Κ. Ζάννης και Ε. Καραγιάννης ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΙΣΟΠΕΔΩΣΗΣ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	58
Κ. Ζάννης, Δ. Μπόχτης, Ε. Λάμπου και Αθ. Καραγιάννης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΗΣ ΕΛΞΗΣ ΚΑΙ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΜΕ ΟΜΟΙΩΜΑ ΤΡΟΧΟΦΟΡΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ	65
Θ.Α. Γιαλαμάς, Ι. Γράβαλος, Α. Ανδρέου, Σ. Τσάντζος, Δ. Κατέρης, Κ.Α. Τσατσαρέλης, Θ. Α. Γέμτος ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	73
Θ. Α. Γιαλαμάς, Ε. Παπαχρήστου, Ι. Γράβαλος, Δ. Κατέρης, Χ. Δημητριάδης, Κ.Α. Τσατσαρέλης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΘΑΛΑΜΟ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	80
Θ.Α. Γιαλαμάς, Ι. Γράβαλος, Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Κ.Α.Τσατσαρέλης, Θ.Α. Γέμτος ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΕΥΣΤΑΘΙΑΣ ΓΙΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	87
Θ.Α. Γιαλαμάς, Δ. Κατέρης, Ι. Γράβαλος, Π. Ξυραδάκης, Κ.Α. Τσατσαρέλης ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΟΥΣ ΤΗΣ ΛΕΒΑΝΤΑΣ.....	95
Χ. Ι. Δημητριάδης, J. L. Brighton, Ι. Κόκκορας, Ι. Γράβαλος, Θ.Α. Γιαλαμάς ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΟΠΗΣ ΠΕΡΙΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΧΟΡΤΟΥ	103
Χ.Κ. Κοτσακιώτη, Δ.Δ. Μπόχτης, Ι.Α. Σπανομήτρος, Ι.Γ. Αμπατζίδης και Κ.Α. Τσατσαρέλης ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΥΡΙΑΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ..	111
Α.Γ. Ντιρογιάννης, Ι.Γ. Αμπατζίδης, Δ.Δ. Μπόχτης, Ι.Α. Σπανομήτρος και Κ.Α. Τσατσαρέλης ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΚΡΑΔΑΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΑΦΙ.....	119
Θ.Α. Γέμτος, Σπ. Φουντάς, Χρ. Παπανικολάου, Ν. Νάνμος, Β. Βλάχος ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ, ΤΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	127
Καβαλάρης Χρ., Καραμούτης Χρ., Κ. Αγγελουπούλου, Θ.Α. Γέμτος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΗ ΕΝΟΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΙΣΧΥΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟΥ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟΥ.....	135

Χ. Καραμούτης, Χ. Καβαλάρης, Δ. Παράφορος, Ο. Παπαδοπούλου, Κ. Κολιπέτσας και Θ.Α. Γέμτος	
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΝΕΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΣΤΗ ΓΡΑΜΜΗ ΣΠΟΡΑΣ	143
Α. Π. Δεδούσης, R. J. Godwin	
Η ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	152
Α. Νάτσης, Θ. Γέμτος, Ε. Μυγδάκος, Η. Νάτσης	
ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	163
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΗΤΑ PROBE ML2 ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.....	165
Γ. Κάργας, Α. Σγουμποπούλου, Β. Φασούλη και Π. Κερκίδης	
ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΔΟΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	173
Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Χ. Παπανικολάου και Σ. Πατελοδήμου	
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ.....	181
Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Κ. Α. Δημοπούλου, Θ. Βούλγαρης	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ ΔΙΑΒΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΝΕΡΟΥ ΛΟΓΩ ΒΑΘΙΑΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ	189
Ε. Διαμαντόπουλος, Σ. Ελμαλόγλου	
ΑΠΛΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΗΘΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΑΚΟΡΕΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	196
Α. Λουκάς	
ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΧΕΣΕΩΝ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ – ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	205
Π.Ε. Γεωργίου και Δ.Μ. Παπαμιχαήλ	
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	213
Π. Βύρλας και Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη	
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΑΓΡΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΟΥ ΜΕ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΕΝΣΙΡΩΣΗΣ.....	221
Β. Αντωνόπουλος, Ε. Λεκάκης και Α. Παυλάτου-Βε	
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΟΡΥΖΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ GLEAMS	229
Β.Ζ. Αντωνόπουλος, Β.Γ. Ασχονίτης, Μ.Η. Rahil, Ε.Η. Λεκάκης	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΩΝ ΣΤΡΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	237
Β. Αντωνόπουλος, Β. Λίτσας, Β. Ασχονίτης και Σ. Τσιούρης	
ΜΟΝΙΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΟΥΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ.....	245
Μ. Θεοχάρης	
ΜΟΝΙΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΒΟΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ.....	253
Μ. Θεοχάρης	
ΤΕΧΝΗΤΗ ΕΠΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ ΦΡΕΑΤΙΚΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΦΡΕΑΤΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ	262
Δ.Ν. Καραμούζης και Π.Ε. Γεωργίου	

ΣΧΕΔΙΟ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ Ν. ΚΑΛΥΜΝΟΥ	270
Δ. Κ. Καρπούζος	
Η ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΩΣ ΜΕΤΡΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ	
ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΕ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΟΙΝΗΣ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	280
Ε. Σταυρινός	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ, ΣΤΡΕΣ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	
ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΜΕΝΗΣ ΜΕ GIS ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ	288
Αγ. Φιλίντας, Π. Ντιούδης, Θ. Λέλλης, Αρ. Παπαδόπουλος και Ι. Χατζόπουλος	
ΝΕΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΤΗΣ	
ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ	296
Β. Άμπας, Ε. Μπαλτάς και Δ. Παπαμιχαήλ	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ	
ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	304
Δ. Καλφούντζος, Ι. Αλεξίου, Σ. Κωτσόπουλος	
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΤΟΝ ΧΕΙΜΑΡΡΟ	
ΛΥΚΟΡΡΕΜΑ ΤΟΥ ΟΡΟΥΣ ΠΕΝΤΕΛΗΣ	312
Κ. Σούλης, Ν. Δέρκας, Ι. Δ. Βαλιάντζας	
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΤΟΥ Τ.Ο.Ε.Β. ΠΗΝΕΙΟΥ ΣΤΗΝ	
ΚΑΛΥΨΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ	320
Σ. Κωτσόπουλος, Ι. Αλεξίου, Φ. Λόκκας, Γ. Γραβάνης και Σ. Μαγαλιός	
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ	
ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60	328
Ν. Δέρκας, Π. Λόντρα και Α. Καραμάνος	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ WAVE	337
Ι. Αλεξίου, Δ. Παπαμιχαήλ και Β. Αντωνόπουλος	
PLEIADES –ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ	
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	345
Α. Μπλάντα, Χ. Δομενικιώτης και Ν. Δαλέζιος	
ΑΔΡΟΜΕΡΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ	
ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ RDI	353
Γ. Τσακίρης, Δ. Τίγκας	
ΕΝΟΤΗΤΑ 3: ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	362
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ ΦΩΤΟΔΙΑΣΠΩΜΕΝΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ...	364
Ι. Κυρίκου, Δ. Μπριασούλης και Μ. Χισκάκης	
ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΜΕ ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟ ΜΕ ΥΔΡΟΡΡΟΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ ..	372
Γ. Ντίνας, Π. Κούγιας, Χ. Νικήτα- Μαρτζοπούλου	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΜΕ CO ₂	
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ	380
Δ. Βαφειάδης, Μ. Μπότας, Χ. Παπαμάνθος και Χ. Νικήτα- Μαρτζοπούλου	
Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	
ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	387
Ι. Λυκοσκούφης, Γ. Μαυρογιαννόπουλος	
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΓΥΡΩ ΑΠΟ	
ΥΠΕΡΥΨΩΜΕΝΟ ΠΕΡΑΤΟ ΠΕΤΑΣΜΑ	395
Α. Γιαννούλης, Α. Μυστριώτης και Δ. Μπριασούλης	

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ	403
I. Λ. Τσιρογιάννης, Ν. Κατσούλας, Κ. Κίττας και Δ. Σάββας	
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	411
Βέντζας Δ., Παναγιωτίδη Αικ.	
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΤΟΞΩΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	421
Κ. Μπαξεβάνου, Θ. Μπαρτζάνας, Δ. Φειδαρος, Κ. Κίττας	
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	429
N. Tadj, Θ. Μπαρτζάνας, B .Draoui και Κ. Κίττας	
ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	437
Θ. Μπαρτζάνας και Κ. Κίττας	
ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΧΕΙΜΩΝΑ	445
Κ. Κίττας, Γ. Δημόκας και Μ. Tchamitchian	
ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ	453
Γ. Δημόκας, Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας και Ν. Δημόκας	
ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΓΙΑ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ	462
Ν. Κατσούλας, Κ. Πεπονάκης, Δ. Πετσάνη, Κ. Κίττας	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΓΟΝΙΚΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΜΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ	469
Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας, Χ. Μανωλαράκη, Θ. Μπαρτζάνας	
ΕΝΟΤΗΤΑ 4: ΕΛΑΦΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ.....	478
ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΒΟΡΙΟΥ ΑΠΟ ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΑ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΜΑΓΓΑΝΙΟΥ	480
Κ. Π. Προδρόμου και Χ. Λάκης	
ΟΔΗΓΙΕΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟ ΜΕΣΩ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΔΗΜΩΝ Ν. ΚΟΖΑΝΗΣ	487
Φ. Παπαδόπουλος, Α. Παπαδόπουλος και Π. Τζιαχρή	
ΧΩΡΟ-ΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ Cd ΚΑΙ Cr ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΕΔΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	495
Ε. Ε. Γκόλια , Α. Δημήρκου, Στ. Α. Φλωράς, Κ. Παπαδήμας, Γ. Σκαμαγκούλης και Ι. Κ. Μήτσιος†	
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΜΑΚΡΟ- ΚΑΙ ΜΙΚΡΟ-ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΗ ΚΑΙ ΝΕΡΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ, ΝΟΜΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ.	503
Α. Δημήρκου, Ε. Ε. Γκόλια , Στ. Α. Φλωράς, Χ. Ηλιόπουλος, Γ. Σκαμαγκούλης και Ι. Κ. Μήτσιος†	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΡΙΓΑΝΗΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ ΣΤΙΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ	511
Ν. Χουλιαράς, Φ. Γραβάνης, Η. Αναστασόπουλος, Ι. Βασιλάκογλου, Ν. Γκουγκουλιάς, Ι. Βαγγέλας, Α. Τσιτσιγιάννης και Ε. Βογιατζή	

Η ΕΠΟΧΙΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (BioP), ΣΕ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ ΜΕ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ - ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ	519
Σιήμης Α. και Παυλάτου –Βε Α. Η ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΝΑΝ ΟΡΥΖΩΝΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	527
Αλαμάνου Μ., Παυλάτου-Βε Α., Ασκονίτης Β., Λίτσας Β. και Αντωνόπουλος Β. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ ΠΡΟΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ ALFISOL ΚΑΙ VERTISOL	535
Κ. Π. Παναγιωτόπουλος και Γ. Τσολάκη	
ΕΝΟΤΗΤΑ 5: ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ	542
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΜΕΣΩ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	544
Α. Άνθης, Ι. Βαφειάδης ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΙΘΑΝΟΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ Χ. Ζαραγκότας, Α. Λουκάς, Λ. Βασιλειάδης και Π. Μήτσιου ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗ ΔΡΙΜΥΤΗΤΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ	558
Γ.Τζαμπύρας, Α.Λουκάς και Λ.Βασιλειάδης	
ΕΝΟΤΗΤΑ 6: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	566
ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΞΥΛΟΥ ΜΕ ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ	568
Α. Καραγιάννης, Ε. Λάμπου και Π. Καραρίζος ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΕΥΑΙΣΘΗΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΠΡΕΣΠΩΝ	575
Γ. Σαπουντζάκης, Μ. Γιαμούρη , Α. Παπαγιαννοπούλου, Φ. Παπαδόπουλος και Γ. Παρισόπουλος ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΑΓΡΟ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΟ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΛΥΜΑΤΑ	583
Β. Ζ. Αντωνόπουλος και Μ. Η. Rahil ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	592
Γ. Τζιαφάς, Χ. Τοπάλογλου, Ο. Χρίστου και Ν. Συλλαίος ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΚΑΤΑΛΥΤΙΚΗΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΜΕ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟΤΙΚΟ ΤΟΜΕΑ	600
Ι. Πούλιος, Ι. Τρυπαναγνωστόπουλος ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ - ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΗΣ Ε.Ε.	607
Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος, Χ. Σακκάς ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΟΠΗΣ ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ	615
Δ. Φειδαρος, Α. Μπαξεβάνου, Α. Ζαγορίτης, Π.-Ε. Μπίσκα	
ΕΝΟΤΗΤΑ 7: ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ / ΜΕΤΑΣΥΓΚΟΜΙΣΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	626

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΑΖΑΣ ΨΥΧΡΟΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΜΗΛΩΝ <i>PILAF DELICIOUS</i> ΚΑΙ <i>GRANNY SMITH</i>	628
Θ. Θεοδωρίδης, Ε. Μανωλοπούλου, Γρ. Λαμπρινός και Ε. Αραβαντινός–Καρλάτος ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ» ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	634
Ε. Μανωλοπούλου, Ν. Καπετάνιος, Ν. Χαλασοχώρη, Γρ. Λαμπρινός ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ».....	642
Ε. Μανωλοπούλου, Θ. Σαμαράς, Ν. Χαλασοχώρη, Γρ. Λαμπρινός Η ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΜΗΛΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ <i>GRANNY SMITH</i> ΩΣ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ.....	651
Δ. Μητρόπουλος και Γ. Λαμπρινός ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΜΗΛΩΝ <i>DELICIOUS</i> <i>PILAF</i> ΣΕ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΣ	658
Δ. Μητρόπουλος και Γ. Λαμπρινός ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΑΣΥΣΚΕΥΑΣΤΩΝ ΟΠΩΡΟΛΑΧΑΝΙΚΩΝ	666
Γ. Ξανθόπουλος, Γρ. Λαμπρινός, Δ. Μητρόπουλος, Ε. Χατζής ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΜΗΛΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	675
Ν. Πεντάρης, Ε. Μανωλοπούλου, Γ. Ξανθόπουλος, Δ. Μητρόπουλος και Γρ. Λαμπρινός ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	682
Ε. Χατζής, Σ. Ψυχोगιού, Γ. Ξανθόπουλος και Γρ. Λαμπρινός	

ΕΝΟΤΗΤΑ 8: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ690

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ	692
Εσσάμι Μωχάμεντ, Γ. Παπαδάκης, Ε. Μαθιουλάκης και Β. Μπελεσσιώτης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΣΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ-ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ.....	699
Ι. Γράβαλος, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Α. Αυγουστής, Γ. Λιανός, Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Ζ. Τσιρόπουλος, Θ. Λέλλης ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΛΑΔΟΔΕΜΑΤΩΝ ΕΛΙΑΣ	707
Π. Ξένος–Κοκολέτσης, Ε. Χατζής και Γρ. Λαμπρινός ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ.....	716
Τσιάνος Ν., Θ. Γέμτος, Χ. Καβαλάρης και Χ. Καραμούτης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗΣ (<i>Brassica sp.</i>) ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ	723
Ι. Ραμνιώτης, Θ. Κωτσόπουλος, Γ. Μαρτζόπουλος ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗΣ ΣΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	731
Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Ι. Παναγιώτου και Π. Βύρλας ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΠΟΡΟΥ, ΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΠΙΤΑΣ ΔΥΟ ΥΒΡΙΔΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	738
Π. Α. Καλαβριώτου και Θ. Α. Γέμτος	

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΛΑΙΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	746
X. Καβαλάρης, X. Καραμούτης, Π. Καλαβρυώτου και Θ.Α. Γέμτος	
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ ΜΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ	754
Α. Μπαλαφούτης, Δ. Μελάς, Α. Νάτσης, Α. Παπαγιαννοπούλου και Γ. Παπαδάκης	
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΛΥΜΑΤΑ ΧΟΙΡΩΝ ΣΕ ΔΥΟ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ CSTR ΣΤΗ ΜΕΣΟΦΙΛΗ ΚΑΙ ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΦΙΛΗ ΖΩΝΗ.....	762
Ι. Φωτίδης, Ν. Τσολάκης, Θ. Κωτσόπουλος και Γ. Γ. Μαρτζόπουλος	

ΕΝΟΤΗΤΑ 9: ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ.769

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΚΡΟΦΥΣΙΩΝ ΕΚΝΕΦΩΣΗΣ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΜΕ ΦΘΟΡΙΣΜΟ	771
Μ. Βλαχογιάννης, Β. Ιακωβάκης, Θ. Τσιρίκογλου και Δ. Χάχαλης	
ΑΜΑΔΑ: ΜΙΑ ΠΟΛΥΧΡΗΣΤΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΑΓΡΩΝ.....	779
Ι. Γράβαλος, Ζ. Τσιρόπουλος, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Π. Ξυραδάκης, Δ. Κατέρης, Ε. Ντάφας, Θ. Λέλλης	
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΣΜΟΚΟΒΟΥ	787
Α. Αυγουστής, Μ. Σαπουντζής, Δ. Κατέρης, Ι. Γράβαλος, Π. Ξυραδάκης	
ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΝΤΟΣ ΑΓΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΟΠΩΡΟΦΟΡΩΝ ΔΕΝΔΡΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ RFID	795
Ι.Γ. Αμπατζίδης, Σ.Γ. Βουγιούκας και Δ.Δ. Μπόχτης	
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΤΟΠΙΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ ΤΗΣ ΕΝΙΑΙΑΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΤΗΝΟ	803
Νικόλαος Μαλάμος, Γεώργιος Παγανέλης	
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ SLURP ΚΑΙ GIS ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΛΜΩΠΑΙΟΥ	812
Π.Ε. Γεωργίου, Γ. Γεωργούλιας, Δ.Μ. Παπαμιχαήλ και Μ.Ι. Διαμαντοπούλου	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	821
Δ.Δ. Μπόχτης, Σ.Γ. Βουγιούκας, Ι.Γ. Αμπατζίδης και Κ.Α. Τσατσαρέλης	
ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΒΛΕΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΑΣΕΙ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΠΛΟΗΓΗΣΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	829
Σ. Γ. Βουγιούκας	
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ.....	835
Κατσαλής Κ., Ξενάκης Α., Σακαλλερίου Α., Κίικρας Π.	
ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΩΝ ΣΤΑΦΥΛΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	843
Ι.Γ. Αμπατζίδης, Γ.Σ. Τζελέπης και Σ.Γ. Βουγιούκας	
ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΕΛΛΗΝΩΝ ΑΓΡΟΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	850
Σ. ΜΟΥΡΤΖΙΝΗΣ, Σ. ΦΟΥΝΤΑΣ, Θ. ΓΕΜΤΟΣ	
ΜΕΛΕΤΗ ΧΩΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΟΠΩΡΩΝΕΣ ΜΗΛΙΑΣ.....	858
Α. Δ. Αγγελόπουλου, Σ. Blackmore, Σ. Φουντάς, Θ. Α. Γέμτος και Γ. Δ. Νάνος	

ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΧΑΡΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ	866
Α. Τάνος, Α. Αγγελοπούλου, Σ. Φουντάς, Θ.Α. Γέμτος, Γ.Δ. Νάνος και Α. Χατζηνίκος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΟΠΗΣ ΧΟΡΤΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ.....	874
Δ. Μπόχτης, H.W. Griepentrog, Σ. Βουγιούκας, N.A. Andersen ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ SPOT 5 ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΩΝ	882
Λ. Τούλιος, Δ. Δουδουμοπούλου, Μ. Τούλιος, και Δ. Χατζημιτσής ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΣΕ ΚΕΛΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΕΥΘΕΩΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ.....	890
Αικατερίνη Α. Μπαξεβάνου, Δημήτριος Κ. Φείδαρος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΧΑΜΗΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ.....	898
Τρέσσος Κ.Δ., Ανδρέου Ι.Α., Blackmore S. , Φουντάς Σ., Γέμτος Θ.Α.	

Κατάλογος Συγγραφέων

Αγγελοπούλου	A.	Δημοπούλου	K.
Αλαμάνου	M.	Διαμαντόπουλος	E.
Αλεξίου	Δ.	Διαμαντοπούλου	M.I.
Αλεξίου	I.	Δομενικιώτης	X.
Άμπας	B.	Δουδουμοπούλου	Δ.
Αμπατζίδης	I.Γ.	Ελμαλόγλου	Σ.
Αναστασόπουλος	H.	Εσσάμ	M.
Ανδρέου	A.	Ζαγορίτης	A.
Άνθης	A.	Ζάννης	K.
Αντωνόπουλος	B.	Ζαραγκότας	X.
Αραβαντινός-Καρλάτος	E.	Ηλιόπουλος	X.
Αραμπατζής	Γ.	Θεοδωρίδη	Θ.
Ασχονίτης	B.	Θεοχάρης	M.
Αυγουλάς	X.	Ιακωβάκης	B.
Αυγουστής	A.	Καβαλάρης	X.
Βαγγέλας	I.	Καλαβρυώτου	Π.
Βαλιάντζας	I.	Καλφούντζος	Δ.
Βασιλάκογλου	I.	Καπετάνιος	N.
Βασιλειάδης	Λ.	Καραγιάννης	A.
Βαφειάδης	Δ.	Καραγιάννης	E.
Βαφειάδης	I.	Καραμάνος	A.
Βέντζας	Δ.	Καραμούζης	Δ.N.
Βλαχογιάννης	M.	Καραμούτης	X.
Βλάχος	B.	Καραρίζος	Π.
Βογιατζή	E.	Κάργας	Γ.
Βουγιούκας	Σ.	Καρπούζος	Δ.
Βούλγαρης	Θ.	Κατέρης	Δ.
Βύρλας	Π.	Κατσαλής	K.
Γέμτος	Θ.	Κατσούλας	N.
Γεωργίου	Π.E.	Κερκίδης	Π.
Γεωργούλιας	Γ.	Κίκιρας	Π.
Γεωργούσης	X.	Κίττας	K.
Γιαλαμάς	Θ.	Κόκορας	I.
Γιαμούρη	M.	Κολιπέτσας	K.
Γιαννούλης	A.	Κοτσακιώτη	X.K.
Γκόλια	E.	Κούγιας	Π.
Γκουγκουλιάς	N.	Κουτσερής	E.
Γράβαλος	I.	Κουτσοφίτης	Z.
Γραβάνης	Γ.	Κυρίκου	I.
Γραβάνης	Φ.	Κωτσόπουλος	Θ.
Δαλέζιος	N.	Κωτσόπουλος	Σ.
Δεδούσης	A.	Λάκης	X.
Δέρκας	N.	Λάμπου	E.
Δημήρκου	A.	Λαμπρινός	Γ.
Δημητριάδης	X.	Λεκάκης	E.H.
Δημόκας	Γ.	Λέλλης	Θ.
Δημόκας	N.	Λιανός	Γ.

Λίτσκας	Β.	Παναγιωτίδη	Α.
Λόκκας	Φ.	Παναγιωτόπουλος	Κ.Π.
Λόντρα	Π.	Παναγιώτου	Ι.
Λουκάς	Α.	Πανώρας	Α.
Λυκοσκούφης	Ι.	Παπαγιαννοπούλου	Α.
Μαγαλιός	Σ.	Παπαδάκης	Γ.
Μαθιουλάκης	Ε.	Παπαδήμας	Κ.
Μαλάμος	Ν.	Παπαδόπουλος	Α.
Μανωλαράκη	Χ.	Παπαδόπουλος	Φ.
Μανωλοπούλου	Ε.	Παπαδοπούλου	Ο.
Μαρτζόπουλος	Γ.	Παπαμάνθος	Χ.
Μαυρογιαννόπουλος	Γ.	Παπαμιχαήλ	Δ.
Μελάς	Δ.	Παπανικολάου	Χ.
Μητρόπουλος	Δ.	Παπαχρήστου	Ε.
Μήτσιοις	Ι.Κ.	Παράφορος	Δ.
Μήτσιου	Π.	Παρισόπουλος	Γ.
Μουρτζίνης	Σ.	Πατελοδήμου	Σ.
Μουσουλιώτης	Α.	Πατσιαλή	Σ.
Μπαλαφουτης	Α.	Πατσιαλής	Κ.
Μπαλτάς	Ε.	Παυλάτου Βε	Α.
Μπαμπατζιμόπουλος	Χ.	Πεντάρης	Ν.
Μπαξεβάνου	Α.	Πεπονάκης	Κ.
Μπαρτζάνας	Θ.	Πετσάνη	Δ.
Μπελεσιώτης	Β.	Πούλιος	Ι.
Μπιλάλης	Δ.	Προδρόμου	Κ.Π.
Μπίσκα	Π.Ε.	Ραμινιώτης	Θ.
Μπλάντα	Α.	Σάββας	Δ.
Μπότας	Μ.	Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη	Μ.
Μπόχτης	Δ.	Σακκάς	Χ.
Μπριασούλης	Δ.	Σαμαράς	Θ.
Μυγδάκος	Γ.	Σαπουντζάκης	Γ.
Μυγδάκος	Ε.	Σαπουντζής	Μ.
Μυστριώτης	Α.	Σγουμποπούλου	Α.
Νάνμος	Ν.	Σήμης	Α.
Νάνος	Γ.Δ.	Σκαμαγκούλης	Γ.
Νάτσης	Α.	Σούλης	Κ.
Νάτσης	Η.	Σπανομήτρος	Ι.Α.
Νικήτα-Μαρτζοπούλου	Χ.	Σταμούλης	Γ.
Ντάφας	Ε.	Σταυρινός	Ε.
Ντίνας	Γ.	Συλλαίος	Ν.
Ντιούδης	Ι.Π.	Τάνος	Α.
Ντιρογιάννης	Α.Γ.	Τζαμπύρας	Γ.
Ξανθόπουλος	Γ.	Τζελέπης	Γ.Σ.
Ξενάκης	Απ.	Τζιαφάς	Γ.
Ξένος-Κοκολέτσης	Π.	Τζιαχρής	Π.
Ξυραδάκης	Π.	Τζιγκούρας	Ι.
Παγανέλης	Γ.	Τίγκας	Δ.

Τοπάλογλου	X.	Φουντάς	Σ.
Τούλιος	Λ.	Φωτίδης	I.
Τούλιος	M.	Χαλασοχώρη	N.
Τρέσσος	K.Δ.	Χατζηγιαννάκης	E.
Τρυπαναγνωστόπουλος	I.	Χατζημιτσής	Δ.
Τσακίρης	Γ.	Χατζής	E.
Τσάντζος	Σ.	Χάχαλης	Δ.
Τσατσαρέλης	K.A.	Χισκάκης	M.
Τσιάνος	N.	Χουλιάρας	N.
Τσιούρης	Σ.	Χρίστου	O.
Τσιρίκογλου	Θ.	Ψυχογιού	Σ.
Τσιρογιάννης	I.Λ.	Blackmore	S.
Τσιρόπουλος	Z.	Brighton	J.L.
Τσιτσιγιάννης	A.	Draoui	B.
Τσολάκη	Γ.	Godwin	R.
Τσολάκης	N.	Griepentrog	H.W.
Φασουλή	B.	Rahil	M.H.
Φεΐδαρος	Δ.	Tadj	N.
Φιλίντας	Θ.Αγ.	Tchamitchian	M.
Φλωράς	Στ.	Tillett	N.

Ενότητα 7:

Μετασυλλεκτική / Μετασυγκομιστική Τεχνολογία

(130)

**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ
ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΑΖΑΣ
ΨΥΧΡΟΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΜΗΛΩΝ *PILAF*
DELICIOUS ΚΑΙ *GRANNY SMITH***

**Θ. Θεοδωρίδης¹, Ε. Μανολοπούλου¹, Γρ. Λαμπρινός² και Ε.
Αραβαντινός–Καρλάτος²**

¹ΤΕΙ Καλαμάτας, Σχολή ΤΕ.Γ., Τμήμα Φ.Π., Τ.Κ. 24100, Αντικάλamos–Καλαμάτα, e-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Ιερά Οδός 75, Τ.Κ. 11855, Τηλ. 210 529 4031, Fax. 210 529 4032, e-mail: refrigenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη σε δύο ποικιλίες μήλων (*Pilafa Delicious* και *Granny Smith*) των απωλειών μάζας λόγω φυσιολογικής δραστηριότητας, καθώς και η ανάπτυξη σχέσεων μεταξύ των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των καρπών και της μάζας τους ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη απώλειας της τελευταίας με το χρόνο και τις συνθήκες συντήρησης. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι οι απώλειες της πρώτης, ήταν υπερεξαπλάσιες της δεύτερης, οι απώλειες μάζας από τη φυσιολογική δραστηριότητα ήταν 7–9% των συνολικών, ενώ η εκτίμηση των γεωμετρικών τους μεγεθών (επιφάνεια και όγκος) βάσει της μέσης διαμέτρου οδήγησε σε υποεκτιμήσεις από 6% για την πρώτη ποικιλία έως 12% για τη δεύτερη, επί των πραγματικών τιμών. Προτείνονται διορθωτικές σχέσεις επί των παραπάνω εκτιμήσεων.

**EXPERIMENTAL RELATIONS AND PREDICTION
DATA OF COLD–STORED *PILAF* *DELICIOUS* AND
GRANNY SMITH APPLES**

**T. Theodoridis¹, H. Manolopoulou¹, Gr. Lambrinos² and V.
Aravantinos–Karlatos²**

¹Technological Educational Institute of Kalamata, Dep. of Crop Science, Antikalamos, 24100, Kalamata–Greece, e-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

²Agricultural University of Athens, Dep. of Natural Resources & Agr. Eng., 75, Iera Odos Str., 118 55, Athens–Greece, Tel.+3 210 529 4029, Fax +3 210 529 4032

ABSTRACT

Aim of this work was to study the mass loss due to physiological activity of two apple varieties (*Pilafa Delicious* and *Granny Smith*). Relations were developed between the geometric characteristics and mass of the apples in order the last one be to predictable with time and storage conditions. The analysis revealed that mass losses of the first variety were sixfold of the second variety, the mass loss due to physiological activity were 7–9% of the respective ones and lastly the estimation of apples' surface and volume based on the mean diameter drove in sub–estimations from 6% (first ones) up to 12% (second ones) of the real ones. Correction relations have been also developed and are provided.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η απώλεια μάζας των συντηρούμενων μήλων, εξαρτώμενη τόσο από τη φυσιολογική δραστηριότητα τους όσο και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες αποθήκευσης (θερμοκρασία, σχετική υγρασία), υποβαθμίζει την ποιότητα τους. Η απώλεια μάζας των καρπών συνδέεται τόσο με μεταβολές στην εμφάνιση (ρυτίδωση), όσο και με απώλεια άλλων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (τραγανότητα) [1], [6].

Πέρα από τη φυσιολογική δραστηριότητα και τις συνθήκες αποθήκευσης, ο ρυθμός απώλειας μάζας εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ποικιλίας. Ορισμένες ποικιλίες όπως είναι και η *Pilafa Delicious* 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 στα μορφολογικά χαρακτηριστικά της επιδερμίδας (πάχος, πυκνότητα και μέγεθος στοματίων), όσο και στην ύπαρξη και δράση κεριών [2]. Στην εύκολα αφυδατούμενη ποικιλία *Pilafa Delicious*, η απώλεια μάζας οφείλεται κυρίως σε απώλεια νερού [3]. Υπάρχουν αρκετές ήδη αναφορές σχετικά με την αφυδάτωση της ποικιλίας *Pilafa Delicious* σε διάφορες συνθήκες αποθήκευσης, καθώς και συσχέτιση των απωλειών μάζας με τις συνθήκες συντήρησης [3, 4, 5]. Παρόλα αυτά δεν έχει μελετηθεί συστηματικά η μεταβολή της απώλειας μάζας που οφείλεται στη φυσιολογική δραστηριότητα των μήλων.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη αφ' ενός των απωλειών μάζας που οφείλονται στη φυσιολογική δραστηριότητα της ποικιλίας, αφ' ετέρου της δημιουργίας τράπεζας δεδομένων και σχέσεων που θα εκτιμούν διάφορα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (επιφάνεια, όγκο) των μήλων δύο ποικιλιών (*Pilafa Delicious* και *Granny Smith*) ώστε να διευκολύνονται οι εκτιμήσεις της αναπνευστικής δραστηριότητας και της πυκνότητας των καρπών, παράλληλα όμως να καθίσταται εύκολη και η πρόβλεψη των απωλειών μάζας ανάλογα με τις συνθήκες συντήρησης.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη αυτή ήταν μήλα ποικιλιών *Pilafa Delicious* και *Granny Smith* από την Τεγέα της Αρκαδίας, τα οποία μετά τη συλλογή μεταφέρθηκαν οδικώς στο εργαστήριο. Αφού απομακρύνθηκαν τα χτυπημένα και προσβεβλημένα μήλα, στη συνέχεια έγινε διαλογή ως προς το μέγεθος. Για κάθε ποικιλία δημιουργήθηκαν 6 ομάδες από 15 μήλα η κάθε μία. Τα μήλα των τριών πρώτων ομάδων συσκευάστηκαν σε ατομικές συσκευασίες από film πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (918 kg.m^{-3}), ενώ τα μήλα των τριών άλλων ομάδων έμειναν ασυσκευάστα για να χρησιμοποιηθούν ως μάρτυρες. Οι συσκευασίες έφεραν μια τρύπα 2 mm, γιατί σκοπός τους ήταν η δημιουργία υψηλού ποσοστού υγρασίας (κορεσμένη ατμόσφαιρα) και όχι η δημιουργία τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Στη συνέχεια μια ομάδα συσκευασμένων μήλων και μια ομάδα ασυσκευάστων, τοποθετήθηκαν σε κάθε θάλαμο 0, 10 και 20 °C.

Οι μέσες συνθήκες των ψυκτικών θαλάμων όπου συντηρήθηκαν τα μήλα ήταν οι εξής:

Θάλαμος 0 °C: θερμοκρασία 0.4 °C, σχετική υγρασία 79,5 %

Θάλαμος 10 °C: θερμοκρασία 10.2 °C, σχετική υγρασία 79,4%

Θάλαμος 20 °C: θερμοκρασία 19.6 °C, σχετική υγρασία 65%

Για την εκτίμηση των γεωμετρικών στοιχείων και τη συσχέτιση τους με τη μάζα των μήλων, χρησιμοποιήθηκαν ομάδες των 40 μήλων από κάθε ποικιλία. Σε κάθε μήλο, με

τη βοήθεια ψηφιακού μικρόμετρου, γινόταν κάθε φορά μέτρηση των τριών διαμέτρων του (σε τρισδιάστατο σύστημα αξόνων) και με ζυγό ακριβείας 0.02 g η μάζα του.

Παράλληλα για την εκτίμηση της ακριβείας των παραπάνω συσχετίσεων, έγινε και προσδιορισμός του όγκου των μήλων με εμβάπτιση σε ειδικό ογκομετρικό δοχείο, σε όλες τις ομάδες 40 μήλων κάθε ποικιλίας τόσο στην αρχή, όσο και στο τέλος της συντήρησης.

Για την επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο STATGRAPHICS Centurion XV Version 15.2.00.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

Οι τιμές του μέσου ρυθμού απωλειών μάζας συσκευασμένων και ασυσκευαστων μήλων των δύο ποικιλιών παρουσιάζονται στον πίνακα 1 και για τις τρεις συνθήκες συντήρησης.

Πίνακας 1. Μέσος Ρυθμός Απώλειας Μάζας (% ανά ημέρα) των συντηρηθέντων μήλων στις τρεις θερμοκρασίες (0, 10 και 20 °C) και οι αντίστοιχοι Ρυθμοί Αναπνοής.

Ποικιλία	Pilafa Delicious			Granny Smith		
	Ρυθμός Απωλειών Ασυσκ/των	Ρυθμός Απωλειών Συσκ/νων	Ρυθμός Αναπνοής mg kg ⁻¹ h ⁻¹	Ρυθμός Απωλειών Ασυσκ/των	Ρυθμός Απωλειών Συσκ/νων	Ρυθμός Αναπνοής mg kg ⁻¹ h ⁻¹
Θερμοκρασία Συντήρησης						
0 °C	0.059	0.011	3.00	0.017	0.007	1.50
10 °C	0.122	0.027	8.00	0.066	0.019	4.00
20 °C	0.272	0.084	23.00	0.149	0.070	15.00

Συγκρίνοντας τις τιμές του πίνακα συμπεραίνουμε ότι τα ασυσκευαστα μήλα *Pilafa Delicious* στους 0 °C έχουν 3.5 φορές μεγαλύτερη απώλεια μάζας απ' ό,τι τα *Granny Smith*, στους 10 °C έχουν περίπου διπλάσια απώλεια μάζας όπως περίπου και στους 20 °C. Οι μεταβολές των απωλειών μάζας μεταξύ 0 °C, 10 °C και 20 °C των συσκευασμένων μήλων και των δύο ποικιλιών συμφωνούν με αυτές της αναπνευστικής δραστηριότητας τους και επομένως μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αυτές αντιστοιχούν αποκλειστικά στο φυσιολογικό και μόνο φαινόμενο (αναπνοή-διαπνοή) και δεν οφείλονται στις εξωτερικές συνθήκες (έλλειμμα πίεσης υδρατμών) απ' όπου εξαρτώνται οι επιπλέον απώλειες των ασυσκευαστων καρπών.

Στους πίνακες 2 και 3 εμφανίζονται οι σχέσεις που δίνουν τον όγκο και την επιφάνεια του μήλου συναρτήσει της μάζας του και με τις δύο μεθόδους εκτίμησης (με μέση διάμετρο ή με ογκομέτρηση του καρπού). Ενώ οι διαφορές που οφείλονται στην απώλεια μάζας των καρπών (αρχή και τέλος πειράματος) είναι ασήμαντες, οι διαφορές μεταξύ των δύο μεθόδων είναι σημαντικές και μπορούν να κυμαίνονται από 8.90% έως 10.80% στα *Pilafa Delicious* και από 9.60% έως 14.00% στα *Granny Smith* ανάλογα με τη μάζα των μήλων. Η διαφορά αυτή αναφέρεται πάντοτε σε υποεκτίμηση της μεθόδου που βασίζεται στη μέση διάμετρο του καρπού και πρέπει να εξηγηθεί από το γεγονός ότι στον υπολογισμό το μήλο θεωρείται σφαιρικό. Ωστόσο οι συσχετίσεις με την πρώτη μέθοδο είναι απαραίτητες (με την απαραίτητη διόρθωση φυσικά) για τις διάφορες εκτιμήσεις και υπολογισμούς, διότι δεν συνιστάται τα συντηρούμενα μήλα να ογκομετρώνται με εμβάπτιση σε νερό. Χρησιμοποιώντας τις τιμές από τη συσχέτιση $S_0 = A \cdot m + B$ που προέκυψε από ογκομέτρηση (Πίνακας 3) υπολογίστηκε η μεταβολή της

μέσης πυκνότητας των απωλειών μάζας των μήλων και των δύο ποικιλιών για τις τρεις συνθήκες συντήρησης. Οι πίνακες 4 και 5 δίνουν τις σχέσεις μεταβολής του ρυθμού (MLR) και της πυκνότητας απώλειας μάζας (MLF) των μήλων των δύο ποικιλιών με το χρόνο συντήρησης, ενώ αντίστοιχα το σχήμα 1 απεικονίζει τη μεταβολή της πυκνότητας απώλειας μάζας (MLF) με το χρόνο συντήρησης για τις δύο ποικιλίες στους 0 °C.

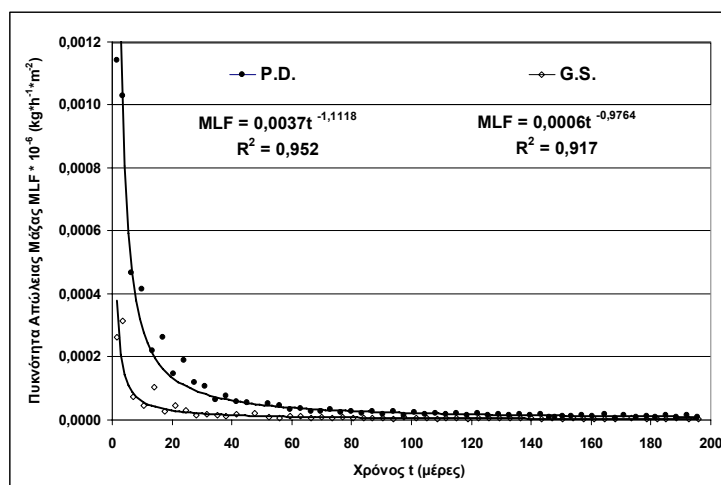
Παρατηρούμε ότι πρόκειται για μεταβολές γεωμετρικής μορφής $Y = A \cdot x^{-B}$. Κατά την πρώτη περίοδο του φαινομένου (10 έως 40 ημέρες ανάλογα με τη θερμοκρασία συντήρησης) ο ρυθμός και η πυκνότητα απώλειας μάζας μειώνονται ταχέως. Σταθεροποίηση του ρυθμού και της πυκνότητας απώλειας μάζας πρακτικά επιτυγχάνεται μόνο κατά τη συντήρηση στους 0 °C μετά την 100^η ημέρα συντήρησης. Όπως φυσικά αναμενόταν τόσο ο ρυθμός όσο και η πυκνότητα απώλειας μάζας αυξάνονται με τη θερμοκρασία συντήρησης. Επίσης τα δύο μεγέθη (MLR, MLF) που αφορούν τα μήλα *Granny Smith* υπολείπονται σημαντικά των αντίστοιχων της ποικιλίας *Pilafa Delicious*.

Πίνακας 2. Συσχέτιση Όγκου V (cm³) και μάζας m (g) μήλων μεγέθους από 140 έως 250 g

Ποικιλία	Pilafa Delicious	Granny Smith
Συνθήκες Εκτίμησης		
Υπολογισμός με μέση διάμετρο (έναρξη)	$V_o = 1.090 m + 0.144$ ($R^2 = 0.910$)	$V_o = 1.107 m - 2.067$ ($R^2 = 0.936$)
Υπολογισμός με μέση διάμετρο (τέλος)	$V = 1.049 m + 7.216$ ($R^2 = 0.894$)	$V = 1.111 m - 0.943$ ($R^2 = 0.926$)
Ογκομέτρηση στην έναρξη της συντήρησης	$V_o = 1.21 m - 1.923$ ($R^2 = 0.983$)	$V_o = 1.331 m - 16.514$ ($R^2 = 0.976$)
Ογκομέτρηση στο τέλος της συντήρησης	$V = 1.218 m - 2.045$ ($R^2 = 0.978$)	$V = 1.373 m - 22.085$ ($R^2 = 0.985$)

Πίνακας 3 : Συσχέτιση Επιφάνειας S (cm²) και μάζας m (g) μήλων μεγέθους από 140 έως 250 g

Ποικιλία	Pilafa Delicious	Granny Smith
Συνθήκες Εκτίμησης		
Υπολογισμός με μέση διάμετρο (έναρξη)	$S_o = 0.593 m + 56.279$ ($R^2 = 0.907$)	$S_o = 0.603 m + 55.969$ ($R^2 = 0.926$)
Υπολογισμός με μέση διάμετρο (τέλος)	$S = 0.587 m + 57.125$ ($R^2 = 0.891$)	$S = 0.598 m + 55.773$ ($R^2 = 0.934$)
Ογκομέτρηση στην έναρξη της συντήρησης	$S_o = 0.636 m + 59.214$ ($R^2 = 0.981$)	$S_o = 0.690 m + 53.295$ ($R^2 = 0.975$)
Ογκομέτρηση στο τέλος της συντήρησης	$S = 0.657 m + 56.017$ ($R^2 = 0.976$)	$S = 0.175 m + 49.792$ ($R^2 = 0.984$)



Σχήμα 1 Μεταβολή της πυκνότητας απώλειας μάζας των συντηρηθέντων μήλων *Pilafa Delicious* (πάνω) και *Granny Smith* (κάτω) κατά την συντήρησή τους στους 0 °C.

Πίνακας 4 : Συσχέτιση της μεταβολής του ρυθμού απώλειας μάζας MLR (kg h⁻¹) με το χρόνο συντήρησης t (ημέρες) για διάφορες θερμοκρασίες, $MLR = A t^{-B}$

Ποικιλία	Pilafa Delicious			Granny Smith		
	A	B	R ²	A	B	R ²
0 °C	0.7246	1.1352	0.953	0.1026	0.9858	0.922
10 °C	0.2350	0.7185	0.835	0.0639	0.5442	0.828
20 °C	1.2272	0.9169	0.789	0.3393	0.7120	0.784

Πίνακας 5: Συσχέτιση της μεταβολής της πυκνότητας απώλειας μάζας MLF (kg h⁻¹ m⁻²) με το χρόνο συντήρησης t (ημέρες) για διάφορες θερμοκρασίες, $MLF = A t^{-B}$

Ποικιλία	Pilafa Delicious			Granny Smith		
	A	B	R ²	A	B	R ²
0 °C	0.0037	1.1118	0.952	0.0006	0.9764	0.917
10 °C	0.0013	0.6982	0.823	0.0004	0.5331	0.824
20 °C	0.0069	0.8858	0.802	0.0019	0.7000	0.782

Βεβαίως η εξήγηση της διαφορετικής συμπεριφοράς των δύο ποικιλιών, όσον αφορά τις απώλειες μάζας, μπορεί να αποδοθεί τόσο στις διαφορές τους στην αναπνευστική δραστηριότητα [7, 8] όσο και στις διαφορές τους στη δομή της επιδερμίδας τους και την ύπαρξη ή όχι κεριού [2].

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι απώλειες μάζας εκφρασμένες είτε ως ρυθμός απωλειών είτε ως πυκνότητα απωλειών των μήλων *Granny Smith* υπολείπονται σημαντικά αυτών των *Pilafa Delicious*. Προτείνονται για κάθε ποικιλία και συνθήκη συντήρησης συσχετίσεις του

ρυθμού και της πυκνότητας απώλειας μάζας με το χρόνο συντήρησης ώστε σε κάθε συνθήκη αποθήκευσης να είναι προβλέψιμες οι απώλειες μάζας.

Οι αναπτυχθείσες σχέσεις που συνδέουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως τη διάμετρο, την επιφάνεια και τον όγκο των μήλων με τη μάζα είναι χρήσιμες για την εκτίμηση του ρυθμού αναπνοής, της πυκνότητας του καρπού και της πυκνότητας απώλειας μάζας. Πάντως τα γεωμετρικά μεγέθη που υπολογίζονται με βάση τη μέση μετρούμενη διάμετρο των μήλων, υποεκτιμώνται σε σύγκριση με τα πραγματικά και γι' αυτό πρέπει να προβαίνουμε σε διόρθωση με βάση την αντίστοιχη σχέση από την ογκομέτρηση.

Γνωρίζοντας τις απώλειες που οφείλονται στη φυσιολογική δραστηριότητα του μήλου και με βάση τις εκάστοτε συνθήκες συντήρησης (από καταγραφές) μπορούμε να προβλέψουμε τόσο τις επιμέρους, όσο και τις συνολικές απώλειες μάζας των αποθηκευμένων καρπών για οποιαδήποτε περίοδο συντήρησης.

5. 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., 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Κανάκη Μ., Λαμπρινός Γ., Μητρόπουλος Δ. και Μανωλοπούλου Ε. 2003. Μεταβολή του ρυθμού και της θερμότητας αναπνοής με τη θερμοκρασία συντήρησης δύο ποικιλιών μήλων. Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής. Θεσσαλονίκη. 174-179.
8. D. Mitropoulos, H. Manolopoulou, Gr. Lambrinos, G. Xanthopoulos & E. Chatzis, 2007. Physiological activity mass loss estimation of two apple varieties. CIGR Section VI, 3rd International Symposium. "Food and Agricultural products: processing and innovations", Naples, Italy 24-26 September 2007.

(131)

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ» ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ .

**Ε. Μανωλοπούλου¹, Ν. Καπετάνιος¹, Ν. Χαλασοχώρη¹, Γρ.
Λαμπρινός²**

¹ΤΕΙ Καλαμάτας, Σχολή ΤΕ.Γ., Τμήμα Φ.Π., Αντικάλamos, 24 100 Καλαμάτα, e-mail:
e.manolopoulou@teikal.gr

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα ΑΦΠ & ΓΜ Ιερά Οδός 75, Τ.Κ 11 855, Τηλ.
210 529 4035, e-mail: refrigenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας και της συσκευασίας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά «ελάχιστα επεξεργασμένου» μαρουλιού τύπου «*Romana*». Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι πλαστικές συσκευασίες μείωσαν αισθητά την απώλεια βάρους και διατήρησαν το χρώμα και την υφή. Το αέριο μίγμα 10% O₂-5% CO₂ διατήρησε και στις δύο μελετηθείσες θερμοκρασίες (0 °C, 5 °C) την ποιότητα του προϊόντος, παρουσιάζοντας τα μικρότερα ποσοστά καστανώσεων. Από τις δύο θερμοκρασίες αυτή των 0 °C κρίθηκε πιο αποτελεσματική στη διατήρηση της ποιότητας.

EFFECT OF TEMPERATURE AND PACKAGING ON QUALITY RETENTION OF FRESH-CUT LETTUCE

E. Manolopoulou¹, N. Kapetanios¹, N. Chalasochori¹, Gr. Lamprinos²

¹Technological Educational Institute of Kalamata, Faculty of Agricultural Technology,
Dep. of Crop Science, Antikalamos, 24 100 Kalamata, e-mail:
e.manolopoulou@teikal.gr

²Agricultural University of Athens, Dep. of Natural Resources Development and
Agricultural Engineering, 75 Iera Odos Str., Athens 11855 Tel. 210 529 4035, e-mail:
refrigenergy@aua.gr

Aim of this work was to study the influence of storage temperature and packaging on the quality characteristics of minimally processed *Romana* lettuce. The conducted experiments revealed that packaging significantly reduced mass loss and retained produce colour and texture. The employed gases' mixture for the MAP was 10% O₂-5% CO₂ and achieved to retain in both studied storage temperatures (0 °C, 5 °C) produce's quality exhibiting the lowest percentages of browning. Based on the previous finding the lower temperature of 0 °C is suggested as the most efficient for retention of produce quality.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αύξηση της κατανάλωσης των «ελάχιστα επεξεργασμένων» λαχανικών μπορεί να αποδοθεί αφενός μεν στην αυξανόμενη αντίληψη της ευεργετικής επίδρασης των φρέσκων προϊόντων στην υγεία του ανθρώπου, αφετέρου δε στην τάση των καταναλωτών να χρησιμοποιούν εύκολα προετοιμαζόμενα τρόφιμα [1].

Τα ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά είναι ζωντανοί ιστοί και ως εκ τούτου αντιδρούν στη διαδικασία προετοιμασίας τους καθώς και στους μετά την ετοιμασία χειρισμούς και κυρίως στις συνθήκες συντήρησής τους.

Ο τεμαχισμός διεγείρει την αναπνευστική δραστηριότητα και την παραγωγή αιθυλενίου [2]. Ένας μεγάλος αριθμός ελάχιστα επεξεργασμένων φυτικών οργάνων παρουσιάζει σημαντική αύξηση του ρυθμού αναπνοής στις υψηλές θερμοκρασίες [3]. Η αύξηση του ρυθμού αναπνοής λόγω τεμαχισμού μπορεί να αποδοθεί στην εύκολη ανταλλαγή των αερίων λόγω έλλειψης επιδερμίδας. Τα «ελάχιστα επεξεργασμένα» φυτικά όργανα είναι επιρρεπή στην αναερόβια αναπνοή όταν μέσα στη συσκευασία υπάρχουν υψηλά ποσοστά CO₂ και χαμηλά O₂, η ευαισθησία τους όμως στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα που δημιουργείται από τη συσκευασία είναι τελείως διαφορετική αυτής των ολόκληρων φυτικών οργάνων. Έτσι κομμένο μαρούλι είναι λιγότερο πιθανόν να παρουσιάσει αναερόβιο αναπνοή σε σύγκριση με τα ολόκληρα μαρούλια όταν εκτεθούν σε υψηλά ποσοστά CO₂ [4].

Η συσκευασία, τελευταίο στάδιο της προετοιμασίας των «ελάχιστα επεξεργασμένων» φυτικών οργάνων, παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του προϊόντος, καθώς και στη διάρκεια συντήρησής του. Σκοπός της είναι η δημιουργία μιας άριστης αναλογίας αερίων (O₂, CO₂, N₂) ώστε η αναπνευστική δραστηριότητα του προϊόντος να είναι όσο το δυνατόν χαμηλή. Η επίτευξη του σκοπού αυτού είναι δύσκολη διότι υπάρχουν λίγα κατάλληλα πλαστικά φύλλα με την επιθυμητή περατότητα, το πρόβλημα δε γίνεται οξύτερο όταν το προϊόν έχει υψηλή αναπνευστική δραστηριότητα.

Ο έλεγχος τέλος της θερμοκρασίας είναι πολύ αποτελεσματικός στη διατήρηση της ποιότητας του «ελάχιστα επεξεργασμένου» φυτικού οργάνου. Η θερμοκρασία των 0 °C είναι ιδανική όμως μία διακύμανση 0.0–2.0 °C είναι αποδεκτή. Η διάρκεια συντήρησης μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας συντήρησης καθώς και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (παθητικής ή ενεργητικής) στην ποιότητα και τη διάρκεια συντήρησης κομμένου μαρουλιού τύπου «*Romana*».

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Μαρούλια τύπου *Romana*, ποικιλίας *Paris Island*, συγκομίστηκαν στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας το Μάιο και τον Ιούνιο του 2006, στην περιοχή της Μεσσηνίας. Αμέσως μετά τη συγκομιδή μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου έγινε διαλογή ως προς το μέγεθος των κεφαλών. Χρησιμοποιήθηκαν μαρούλια που δεν παρουσίαζαν εξωτερικές βλάβες. Αφαιρέθηκαν τα εξωτερικά φύλλα και οι καρδιές τα δε υπόλοιπα φύλλα κόπηκαν με κοφτερό μαχαίρι σε μέγεθος 3 x 5 cm. Τα τεμάχια πλύθηκαν για δύο λεπτά με κρύο νερό βρύσης (5 °C) που περιείχε 100 ppm NaOCl, ξεβγάλθηκαν με κρύο νερό βρύσης (5 °C) για ένα λεπτό και στραγγίστηκαν με φυγοκέντριση.

Ποσότητα περίπου 120 g κομμένου έτοιμου προϊόντος τοποθετήθηκε σε σακούλες πολυαιθυλενίου και εφαρμόστηκαν οι εξής χειρισμοί:

1. Χειρισμός ΣΑ: σακούλες πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (PE-LD) πάχους 30 μm, γνωστής περατότητας, επιφάνειας 1025 cm². Έγχυση μίγματος αερίων 5% O₂–5% CO₂–90% N₂.

2. Χειρισμός **ΣΒ**: σακούλες πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας (PE-HD) πάχους 30 μm , πρακτικά αδιαπέρατες, επιφάνειας 1410 cm^2 . Έγχυση μίγματος αερίων 10% O_2 –5% CO_2 –90% N_2 .

3. Χειρισμός **ΣΓ**: σακούλες πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (PE-LD) πάχους 30 μm , γνωστής περατότητας, επιφάνειας 1025 cm^2 . Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα δημιουργήθηκε παθητικά.

4. Χειρισμός **Μάρτυρας**: Το δείγμα τοποθετήθηκε σε δισκάκια πολυστερίνης διαστάσεων 215 x 145 x 25 mm και καλύφθηκε με PVC (επιφάνεια 312 cm^2) στο οποίο έγιναν τρύπες για να μη δημιουργηθεί τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

Οι συσκευασίες συντηρήθηκαν στους 0 °C και 5 °C (90 % RH) και στο σκοτάδι για 14 ημέρες. Ακολούθως τοποθετήθηκαν στους 20 °C για 12 h για να δημιουργηθούν οι συνθήκες που επικρατούν συνήθως κατά την εμπορία. Η θερμοκρασία των 0 °C είναι η ενδεδειγμένη θερμοκρασία συντήρησης ενώ οι 5 °C είναι η θερμοκρασία που συνήθως επικρατεί στο εμπόριο. Ετοιμάστηκαν έξι συσκευασίες για κάθε μέτρηση, χειρισμό και θερμοκρασία, επί πλέον δε, δέκα συσκευασίες ανά χειρισμό και θερμοκρασία για την παρακολούθηση της μεταβολής των αερίων και του βάρους.

Η ανάλυση των αερίων της εσωτερικής ατμόσφαιρας γινόταν καθημερινά καθόλη τη διάρκεια της συντήρησης. Η ανάλυση γινόταν με αναλυτή αερίων (Check Mate 9000, PBI Densensor Co Denmark) εισάγοντας τη βελόνα μέσα στη συσκευασία μέσω ειδικής υποδοχής (septum).

Για τη μέτρηση της αναπνευστικής δραστηριότητας, μία κεφαλή μαρουλιού (~180 g) και κομμένο μαρούλι (~100 g) τοποθετούνταν σε στεγανές αναπνευστικές αίθουσες (5,600 ml για το ολόκληρο και 960 ml για το κομμένο). Η μέτρηση του παραγόμενου CO_2 γινόταν με τη βοήθεια διάταξης Rikclos [5].

Ο υπολογισμός της απώλειας βάρους γινόταν με βάση το αρχικό βάρος, παρουσιάζεται δε ως απώλεια επί τοις %. Η ανάλυση της υφής γινόταν με το όργανο Texture Analyzer Tx-2i χρησιμοποιώντας Kramer shear cell σε 10 g κομμένου μαρουλιού. Η μετρούμενη αντίσταση εκφράστηκε σε Newton.

Το χρώμα προσδιορίστηκε με τη βοήθεια ενός χρωματομέτρου Minolta CR-300 στο σύστημα CIE L^* , a^* , b^* . Το όργανο ρυθμίστηκε με μία λευκή πλάκα που είχε τα χαρκτηριστικά ($Y=92.6$ $x=0.3135$ $y=0.3193$). Οι χρωματικοί παράμετροι a^* και b^* μετατράπηκαν σε $C^*_{ab}=(a^{*2}+b^{*2})^{0.5}$ και $h^*_{ab}=\tan^{-1}(b^*/a^*)$ [6].

Τα τεμάχια του μαρουλιού των συσκευασιών διαλέχθηκαν βάσει της παρουσίας νεκρωτικών κηλίδων (δείκτης καστάνωσης). Τα τεμάχια με νεκρωτικές κηλίδες μεγαλύτερες από 0.5 cm^2 ζυγίστηκαν και έγινε αναγωγή τους στο συνολικό βάρος κάθε συσκευασίας. Ο προσδιορισμός γινόταν σε έξι συσκευασίες ανά χειρισμό και θερμοκρασία. Η μέθοδος αυτή προσδιορισμού των αποχρωματισμών είναι λιγότερο υποκειμενική συγκριτικά με τον προσδιορισμό της ποιότητας οργανοληπτικά [7]. Δείγματα με τιμή υψηλότερη από 3% συνήθως δεν είναι αποδεκτά από τον καταναλωτή.

Το συντηρημένο «ελαφρά τεμαχισμένο» μαρούλι αξιολογήθηκε από 6 άτομα (2 άνδρες και 4 γυναίκες) χρησιμοποιώντας τις παρακάτω παραμέτρους: Συνολική οπτική ποιότητα: με κλίμακα από 9 έως 1 όπου 9=εξαιρετική φρέσκια εμφάνιση, 7=καλή, 5=μέτρια, 3=υποφερτή (χρησιμοποιήσιμη αλλά όχι εμπορεύσιμη), 1=μη εμπορεύσιμη. Η τιμή 6 είναι το όριο της δυνατότητας εμπορίας (τέλος συντήρησης). Για την καστάνωση των τομών χρησιμοποιήθηκε μία κλίμακα από 1 έως 5 όπου: 1=χωρίς καστάνωση, 2=ελαφριά καστάνωση, 3=μέτρια καστάνωση (μόλις εμπορεύσιμο), 4=σοβαρή καστάνωση, 5=πολύ σοβαρή καστάνωση.

Η εκτίμηση της απώλειας βάρους, της υφής, του χρώματος και της ποιοτικής αξιολόγησης έγιναν την 0^η, 4^η, 7^η, 11^η και 14^η ημέρα καθώς και στο τέλος του shelf-life, σε δέκα συσκευασίες ανά χειρισμό και θερμοκρασία στην περίπτωση της απώλειας βάρους και σε έξι συσκευασίες χωριστά για τις άλλες ποιοτικές αναλύσεις

Το πείραμα ήταν παραγοντικό με κύριους παράγοντες τη θερμοκρασία, τους χειρισμούς και τη διάρκεια συντήρησης. Τα πειραματικά δεδομένα αναλύθηκαν με ANOVA χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο Statgraphics Plus 5.1. Η σύγκριση των Μ.Ο έγινε με την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0.05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Αναπνευστική δραστηριότητα κομμένου μαρουλιού

Η αναπνευστική δραστηριότητα (παραγωγή CO_2) του κομμένου μαρουλιού στους 0 °C δεν επηρεάστηκε από τη διαδικασία της προετοιμασίας και κυρίως από τον τεμαχισμό καθόλη τη διάρκεια της συντήρησης. Το κομμένο όμως μαρούλι που συντηρήθηκε στους 5 °C παρουσίασε στατιστικά υψηλότερη αναπνευστική δραστηριότητα συγκριτικά με το ολόκληρο στην ίδια θερμοκρασία. Το ποσοστό της μεταβολής κυμαίνεται γύρω στο 64%. Η έντονη αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας την 10^η ημέρα μπορεί να αποδοθεί και σε ανάπτυξη μικροοργανισμών. Η αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας του κομμένου μαρουλιού μπορεί να αποδοθεί στην αύξηση της επιφάνειας των ιστών. Πολλά «ελάχιστα τεμαχισμένα» φυτικά όργανα παρουσιάζουν αύξηση της αναπνευστικής τους δραστηριότητας η οποία είναι εντονότερη στις υψηλές θερμοκρασίες [3] γεγονός που συμφωνεί με τα αποτελέσματά μας.

3.2 Σύνθεση των αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών

Όσον αφορά τη μεταβολή του O_2 , ο χειρισμός ΣΒ (πολυαιθυλένιο πρακτικά αδιαπέρατο) παρουσιάζει από τις πρώτες κιόλας ημέρες μία πτώση εντονότερη στους 5 °C, πιο αργή στους 0 °C. Έτσι στους 0 °C την 14^η ημέρα παρουσιάζει συγκέντρωση της τάξης του 1% ενώ στους 5 °C την 8^η ημέρα έχει πρακτικά μηδενισθεί.

Οι χειρισμοί ΣΑ και ΣΓ στους 0 °C την 7^η ημέρα παρουσιάζουν συγκέντρωση O_2 της τάξης του 13% και ο μεν χειρισμός ΣΓ τη διατηρεί περίπου σταθερή μέχρι το τέλος της συγκέντρωσης (14%), ο δε χειρισμός ΣΑ παρουσιάζει μία ελαφριά άνοδο, έτσι ώστε στο τέλος της συντήρησης η συγκέντρωση του O_2 να είναι της τάξης του 17%. Στους 5 °C οι χειρισμοί ΣΑ και ΣΓ την 7^η ημέρα παρουσιάζουν συγκέντρωση O_2 της τάξης του 13% και 11.6% αντίστοιχα την οποία και διατηρούν σταθερή μέχρι το τέλος της συντήρησης.

Όσον αφορά το CO_2 ο χειρισμός ΣΒ παρουσιάζει ανοδική τάση και στις δύο θερμοκρασίες (0 °C και 5 °C) και στο τέλος της συντήρησης στους 0 °C φθάνει στο 13% ενώ στους 5 °C στο 17%. Οι χειρισμοί ΣΑ και ΣΓ τόσο στους 0 °C όσο και στους 5 °C από τη 2^η κιόλας ημέρα ισορροπούν γύρω στο 2.0–2.5% CO_2 μέχρι το τέλος της συντήρησης.

Σύμφωνα με το Gorny (2001) [8], η ιδανική σύνθεση της ατμόσφαιρας για τη συντήρηση κομμένου μαρουλιού τύπου *Romana* είναι 0.5–3.0% O_2 και 5–10% CO_2 . Η σύνθεση αυτή μειώνει το ποσοστό των καστανώσεων στις τομές και αυξάνει το χρόνο συντήρησης.

Η ευαισθησία του κομμένου μαρουλιού στη χαμηλή συγκέντρωση O_2 και την υψηλή CO_2 είναι τελείως διαφορετική συγκριτικά με το ολόκληρο μαρούλι. Έτσι ο μεταβολισμός του μαρουλιού μπορεί να διατηρηθεί αερόβιος ακόμα και σε συγκέντρωση O_2 μικρότερη από 1% [7]. Η συνεχιζόμενη αύξηση της συγκέντρωσης του CO_2 στην περίπτωση του χειρισμού ΣΒ τόσο στους 0 °C όσο και στους 5 °C μπορεί να αποδοθεί σε μία βαθμιαία αλλαγή του μεταβολισμού από αερόβιο σε αναερόβιο. Η εμφάνιση καστανών κηλίδων στα φύλλα επηρεάζεται από τη συγκέντρωση του CO_2 στις συσκευασίες. Υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ συγκέντρωσης CO_2 και συνολικής αξιολόγησης του προϊόντος καθώς και εμφάνισης καστανώσεων που εμφανίζονται σε

συγκεντρώσεις CO₂ γύρω στο 10%. Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ συγκέντρωσης CO₂ και συνολικής αξιολόγησης του προϊόντος στους 0 °C είναι R²=0.70, στους 5 °C R²=0.73, ενώ μεταξύ συγκέντρωσης CO₂ και καστανώσεων στους 0 °C είναι R²=0.78 και στους 5 °C R²=0.79. Οι τιμές αυτές δείχνουν μία σχετικά στενή σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας CO₂ και εμφάνισης του κομμένου μαρουλιού.

3.3 Απώλεια βάρους

Η απώλεια υγρασίας στα λαχανικά επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, ο πιο σημαντικός των οποίων είναι η αντίσταση της επιδερμίδας ή της εφυμενίδας στην κίνηση του νερού [9]. Ο τεμαχισμός αυξάνει την ελεύθερη επιφάνεια των ιστών και αυξάνει τη διαπνοή. Η συσκευασία όμως σε πλαστικές συσκευασίες εξασφαλίζει υψηλή σχετική υγρασία και έτσι μειώνεται αισθητά η απώλεια βάρους.

Στην εργασία αυτή το κομμένο μαρούλι μετά από 14 ημέρες στους 0 °C παρουσίασε απώλεια βάρους μικρότερη από 1% στην περίπτωση των χειρισμών ΣΑ, ΣΒ, ΣΓ και 3% στην περίπτωση του μάρτυρα. Μετά από 12 h στους 20 °C η απώλεια βάρους των ΣΑ, ΣΒ, ΣΓ ανήλθε περίπου στο 1% ενώ του μάρτυρα στο 4%. Στους 5 °C οι χειρισμοί ΣΑ και ΣΓ παρουσίασαν απώλεια βάρους $\approx$ 0.9%, ο ΣΒ 0.6% και ο μάρτυρας 6%. Μετά από 12 h στους 20 °C οι χειρισμοί ΣΑ και ΣΓ παρουσίασαν απώλεια της τάξης του 1.2 %, ο ΣΒ 1% και ο μάρτυρας 6.8%.

Σύμφωνα με τον Burton (1982)[10] η μέγιστη επιτρεπτή απώλεια υγρασίας για το ολόκληρο μαρούλι είναι 5%.

3.4 Υφή

Η υφή στους 0 °C παρέμεινε στα αρχικά της επίπεδα χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων χειρισμών. Στους 5 °C μετά την 7^η ημέρα ο μάρτυρας και ο χειρισμός ΣΑ παρουσίασαν υψηλότερη τιμή η οποία όμως στο τέλος της συντήρησης δεν διέφερε στατιστικά από αυτές των άλλων χειρισμών. Σε όλες τις περιπτώσεις στο τέλος της συντήρησης παρατηρήθηκε ελαφρά μείωση της υφής.

3.5 Χρώμα

Πίνακας 1. Μεταβολή του L*, του a*, του κορεσμού (C*_{ab}) και της χροιάς (h*_{ab}) του κομμένου μαρουλιού

Χρωματική Παράμετρος και Θερμοκρασία	Αρχ. τιμές	ΣΑ		ΣΒ		ΣΓ		Μάρτυρας	
		14 ^η ημ	SL	14 ^η ημ	SL	14 ^η ημ	SL	14 ^η ημ	SL
L*									
0 °C	42.97	47.14	49.38	48.57	49.97	46.43	47.02	46.82	50.57
5 °C	42.97	49.55	52.17	48.40	49.23	47.05	45.72	51.53	52.84
a*									
0 °C	-16.25	-15.88	-16.98	-16.08	-16.74	-15.34	-15.81	-16.21	-17.03
5 °C	-16.25	-15.97	-16.25	-16.29	-15.86	-14.78	-15.69	-15.10	-16.37
C*_{ab}									
0 °C	32.71	33.05	35.40	32.61	35.30	32.43	33.89	33.21	35.55
5 °C	32.71	35.43	37.55	33.12	34.21	32.22	33.46	35.66	37.54
h*_{ab}									
0 °C	119.76	118.84	118.73	119.61	118.40	116.63	115.99	119.26	118.65
5 °C	119.76	118.91	115.75	119.5	117.60	115.41	117.70	117.33	115.90

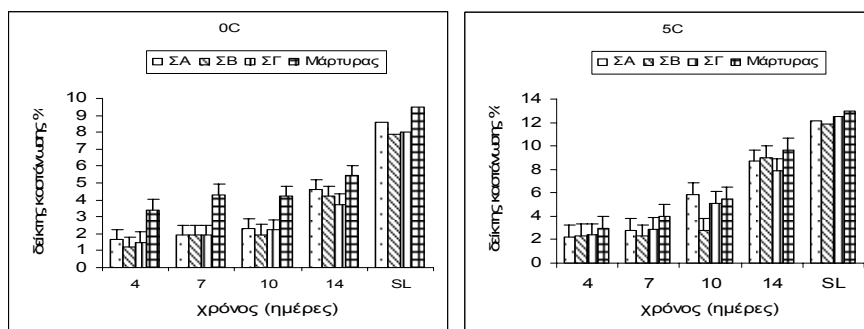
LSD=0 °C : L*=4.36 a*=0.165 C*_{ab}=0.289 h*_{ab}=0.19

5 °C: L*=3.27 a*=0.24 C*_{ab}=0.32 h*_{ab}=0.511

Από τον πίνακα προκύπτει ότι: η φωτεινότητα (L^*) του κομμένου μαρουλιού δεν άλλαξε ουσιαστικά καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης στους 0 °C ενώ στους 5 °C παρουσιάζει μία ελαφριά αύξηση. Η χρωματική παράμετρος a^* παρουσιάζει πάντα αρνητικές τιμές πολύ κοντά στις αρχικές και στις δύο θερμοκρασίες γεγονός που αποδεικνύει ότι διατηρήθηκε το πράσινο χρώμα των τεμαχίων. Οι τιμές του C^*_{ab} διατηρήθηκαν στα αρχικά επίπεδα, ενώ οι τιμές τέλος του h^*_{ab} διατηρήθηκαν πολύ κοντά στα αρχικά επίπεδα, γεγονός που μαρτυρά ότι σε όλες τις περιπτώσεις διατηρήθηκε το έντονο πράσινο χρώμα. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι η θερμοκρασία των 0 °C διατήρησε καλλίτερα το χρώμα των κομμένων φύλλων.

3.6 Δείκτης καστάνωσης

Η μεταβολή του δείκτη καστάνωσης συναρτήσει του χρόνου συντήρησης στις διάφορες συσκευασίες, στη θερμοκρασία των 0 °C και 5 °C παρουσιάζεται στο σχήμα 3. Αν θέσουμε σαν όριο εμπορευσιμότητας το 3% μπορούμε να συμπεράνουμε τα εξής: στους 0 °C οι χειρισμοί ΣΑ, ΣΒ & ΣΓ διατήρησαν το κομμένο μαρούλι εμπορεύσιμο μέχρι και τη 10^η ημέρα, ενώ στους 5 °C την 7^η ημέρα ήταν εμπορεύσιμο μόνο το προϊόν της συσκευασίας ΣΒ



Σχήμα 3. Μεταβολή του δείκτη καστάνωσης (επί % φρέσκου βάρους) «ελαφρά τεμαχισμένου μαρουλιού» συντηρουμένου στους 0 °C και 5 °C, σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, συναρτήσει του χρόνου συντήρησης (N=12).

Ο δείκτης καστάνωσης εκφράζεται ως γραμμική συνάρτηση του χρόνου συντήρησης με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,92$ στους 0 °C και $R^2=0,95$ στους 5 °C. Συγκρίνοντας το δείκτη καστάνωσης (τρόπος εκτίμησης λιγότερο υποκειμενικός) με την υποκειμενική αξιολόγηση του προϊόντος προέκυψε ότι υπάρχει γραμμική συνάρτηση του δείκτη καστάνωσης και της συνολικής εκτίμησης ($R^2=0,865$ στους 0 °C, $R^2=0,967$ στους 5 °C).

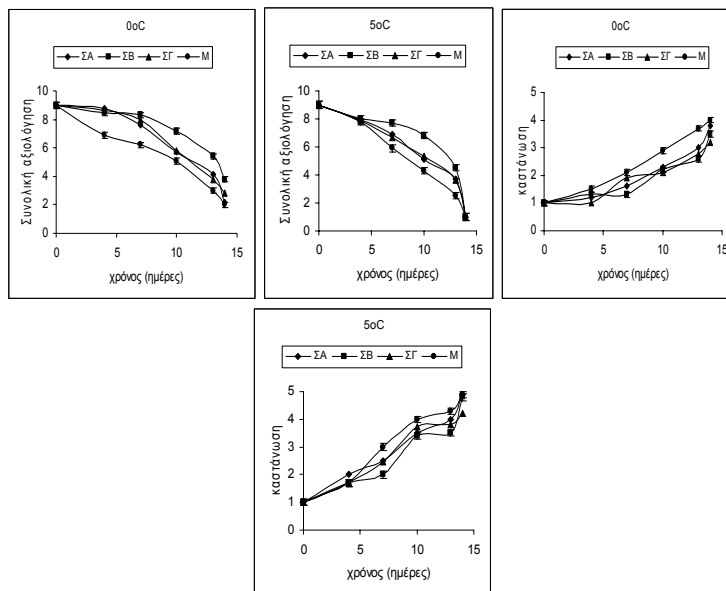
3.7 Ποιοτική αξιολόγηση

Ο χειρισμός ΣΒ διατήρησε καλλίτερα τη συνολική εμφάνιση του προϊόντος τόσο στους 0 °C όσο και στους 5 °C. Την 10^η ημέρα το κομμένο μαρούλι του χειρισμού ΣΒ παρουσίασε τιμές υψηλότερες της οριακής τιμής εμπορίας ενώ οι άλλοι χειρισμοί εμπορικά δεν ήταν αποδεκτοί (οριακή τιμή 6) (σχήμα 4).

Οι χειρισμοί ΣΑ και ΣΓ δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους γεγονός που σημαίνει ότι δεν υπήρξε διαφορά μεταξύ ενεργούς και παθητικής τροποποιημένης ατμόσφαιρας στην προκειμένη περίπτωση.

Στους 0 °C την 7^η ημέρα ο μάρτυρας είχε οριακή τιμή, ενώ οι χειρισμοί ΣΑ, ΣΒ και ΣΓ παρουσίασαν τιμές πολύ κοντά στην αρχική. Στους 5 °C η ποιότητα του μαρουλιού παρουσίασε πτώση και μετά την 7^η ημέρα μόνο ο χειρισμός ΣΒ ήταν εμπορεύσιμος.

Όσον αφορά την καστάνωση στους 0 °C ο μάρτυρας την 10^η ημέρα είχε οριακή τιμή εμπορίας ενώ οι άλλοι χειρισμοί (ΣΑ, ΣΒ, ΣΓ) ήταν εμπορεύσιμοι μέχρι και την 14^η ημέρα. Στους 5 °C την 7^η ημέρα ο μάρτυρας είχε οριακή τιμή ενώ την 10^η ημέρα όλοι οι χειρισμοί ήταν ακατάλληλοι για εμπορία.



Σχήμα 4. Μεταβολή της συνολικής εκτίμησης και της καστάνωσης κομμένου μαρουλιού τύπου *Romana* που συντηρήθηκε στους 0 °C και 5 °C σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

Κάθε σημείο αποτελεί το Μ.Ο 6 δειγμάτων x 6 κριτές x 2 επαναλήψεις (N=72)

Η καστάνωση των φύλλων και των τομών είναι ένας περιοριστικός παράγοντας εμπορίας των «ελάχιστα επεξεργασμένων προϊόντων» που επηρεάζεται από τη συσκευασία (αέριο μίγμα), τη θερμοκρασία και το χρόνο συντήρησης. Η καστάνωση επηρεάζει τις τιμές της χρωματικής παραμέτρου a^* καθώς και του h_{ab}^* . Υπάρχει μία γραμμική συσχέτιση αφενός μεν μεταξύ υποκειμενικής αξιολόγησης της καστάνωσης και παραμέτρου a^* ($R^2=0.867$) αφετέρου δε μεταξύ υποκειμενικής αξιολόγησης για την καστάνωση και του h_{ab}^* ($R^2=0.865$)

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αναπνευστική δραστηριότητα του κομμένου μαρουλιού τύπου *Romana* στους 0 °C δεν διαφέρει αυτής του ολόκληρου, στους 5 °C όμως είναι στατιστικά υψηλότερη. Η εσωτερική ατμόσφαιρα των συσκευασιών αφενός μεν λόγω αναπνοής αφετέρου δε λόγω περατότητας των μεμβρανών συσκευασίας, διαμορφώθηκε σε επίπεδα πολύ χαμηλού O₂ 1% ή 0.1% και υψηλού CO₂ 13% ή 17% (χειρισμός ΣΒ) ανάλογα με τη θερμοκρασία, ή σε επίπεδα σχετικά υψηλού O₂ 14% ή 16% και χαμηλού CO₂ 1–2 % (χειρισμοί ΣΑ, ΣΓ). Οι δείκτες ποιότητας του κομμένου μαρουλιού διατηρήθηκαν καλλίτερα στην περίπτωση του χειρισμού ΣΒ (μίγμα πολύ φτωχό σε O₂ και πλούσιο σε CO₂), από δε τις μελετηθείσες θερμοκρασίες οι 0 °C διατήρησαν καλλίτερα και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα την ποιότητα του μαρουλιού.

Από τη μελέτη αυτή προκύπτει ότι μία ατμόσφαιρα φτωχή σε O₂ (κάτω από 1%) και μετρίως πλούσια σε CO₂ (10–15%) στη θερμοκρασία των 0 °C επιτρέπει την εμπορία του κομμένου μαρουλιού για ένα διάστημα 10 ημερών.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο το προγράμματος «Αρχιμήδης» που συγχρηματοδοτήθηκε από την ΕΕ (ΕΚΤ) και Εθνικούς Πόρους (ΕΠΕΑΕΚ II).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Stella M. Alzamora, Aurelia Lopez-Malo and Maria S. Tapia. 2000. *Minimally processed fruits and vegetables*. Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland.
2. Brecht, J.K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* (30):18–22
3. Watada, A.E, Ko, N.P and Minott, D.A. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biol. Technol.* (9): 115–125.
4. Mateos, M., Ke, D., Cantwell, M. and Kader, A.A. 1993. Phenolic metabolism and ethanolic fermentation of intact and cut lettuce exposed to CO₂ enriched atmospheres. *Postharvest Biol. Technol.* (3): 225–233.
5. Μητρόπουλος, Δ., Κοζής, Γ., Μανωλοπούλου, Ε., Λαμπρινός, Γ. 2000. Εκτίμηση του χρόνου συλλογής με μέτρηση αναπνοής στον αγρό. *Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργ. Μηχανικής*, 425–432.
6. Clydesdale, F.M 1984. Color measurements. In: *Food Analysis principles and Techniques, Vol. I. D.W. Gruenwedwi and J.R. Whitaker.* ed. Marcel Dekker, N. York and Basel, 95-150.
7. Varoquaux, P., Mazollier, J., Albagnac, G. 1996. The influence of raw material characteristics on the storage life of fresh-cut butterhead lettuce. *Postharvest Biol. Technol.* (9): 127–139.
8. Gorny, R.J. 2001. *A summary of C.A and M.A recommendation for selected fresh-cut fruits and vegetables.* In: *Optimal C.A for Horticultural perishables.* U.C Davis Postharvest Horticultural Series, No 22A: 104–139
9. Ben-Yehoshua, S. 1987. Transpiration water stress and gas exchange. In: *Postharvest Physiology of vegetables*, ed. J. Weichmann, Marcel Dekker, Inc, N.York, 113–170.
10. Burton, W.G. 1982. *Postharvest Physiology of Food Crops*, Longman Publishing, Co, London and New York.

(132)

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ»

Ε. Μανωλοπούλου¹, Θ. Σαμαράς¹, Ν. Χαλασοχώρη¹, Γρ. Λαμπρινός²

¹ΤΕΙ Καλαμάτας, Σχολή ΤΕ.Γ., Τμήμα Φ.Π., Αντικάλamos, 24 100 Καλαμάτα, e-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ. Ιερά Οδός 75, Τ.Κ 118 55, Τηλ. 210 5294035, e-mail: refrigerenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της επίδρασης της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) στα ποιοτικά χαρακτηριστικά κομμένης πράσινης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0 °C και 5 °C. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η MAP διατήρησε το χρώμα, την υφή και τη θρεπτική αξία του προϊόντος στα αρχικά επίπεδα. Τα μίγματα 5% O₂-10% CO₂ και 5% O₂-15% CO₂ διατήρησαν καλλίτερα τη συνολική εμφάνιση του προϊόντος και στις δύο θερμοκρασίες μειώνοντας αισθητά τον αποχρωματισμό της τομής. Από τις δύο θερμοκρασίες οι 0° C αποδείχθηκαν πιο αποτελεσματικοί στη διατήρηση της οργανοληπτικής ποιότητας του προϊόντος.

INFLUENCE OF PACKAGING ON THE QUALITY OF MINIMALLY PROCESSED GREEN BELL PEPPER

E. Manolopoulou¹, Th. Samaras¹, N. Chalasochori¹, Gr. Lamprinos²

¹Technological Educational Institute of Kalamata, Faculty of Agricultural Technology, Dep. of Crop Science, Antikalamos, 24 100 Kalamata, e-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

²Agricultural University of Athens, Dep. of Natural Resources Development and Agricultural Engineering, 75 Iera Odos Str., Athens 11855 Tel. 210 529 4035, e-mail: refrigerenergy@aua.gr

ABSTRACT

In this work the influence of modified atmosphere packaging on the quality characteristics of fresh-cut green bell pepper stored at 0 °C and 5 °C was studied. The experimental results revealed that MAP managed to retain the colour, texture and nutritional value of the produce close to the initial ones. The employed gas mixtures of 5% O₂-10% CO₂ and 5% O₂-15% CO₂ retained the overall produce appearance in both storage temperatures reducing considerably the discoloration of the cut area. From the two tested storage temperatures, 0 °C proved to be more efficient, retaining the organoleptic quality of the produce.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα «ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά» είναι προϊόντα τα οποία διατηρούν τα χαρακτηριστικά τους και ποιοτικά θεωρούνται όμοια με τα φρέσκα. Έχουν υποστεί ελαφρά επεξεργασία (πλύσιμο, κόψιμο) είναι 100% χρησιμοποιήσιμα, έχουν υψηλή θρεπτική αξία, διατηρούν το άρωμα και τη φρεσκάδα τους και είναι εύκολα στη χρήση τους.

Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα που δημιουργείται από τη συσκευασία (MAP) χρησιμοποιείται ευρέως στην κατηγορία των προϊόντων αυτών, για την αύξηση του χρόνου συντήρησης, λόγω περιορισμού της απώλειας υγρασίας, της αναπνευστικής δραστηριότητας, της καστανώσης των τομών, της βιοσύνθεσης και δράσης του αιθυλενίου και τέλος της ανάπτυξης των μικροοργανισμών.

Η πιπεριά είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο λαχανικό λόγω της μοναδικής της γεύσης, του έντονου χρώματος της και της υψηλής περιεκτικότητάς της σε βιταμίνη C. Είναι ευαίσθητη στις χαμηλές θερμοκρασίες και δε συντηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η «ελάχιστα επεξεργασμένη πράσινη πιπεριά» κομμένη σε δαχτυλίδια ή κομμάτια πρέπει να διατηρεί τη φρεσκάδα και τη διατροφική της αξία, ο δε χρόνος της εμπορικής της ζωής πρέπει να είναι επαρκής ώστε να ικανοποιεί τις ανάγκες της βιομηχανίας και του καταναλωτή.

Η διαδικασία προετοιμασίας (πλύσιμο, απομάκρυνση σπόρων, κόψιμο) καταστρέφει ιστούς και καθιστά το προϊόν πιο ευαίσθητο σε σύγκριση με ολόκληρο τον καρπό [1], για το λόγο αυτό θα πρέπει να συντηρηθεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία συγκριτικά με αυτόν, ώστε να προστατευθεί το έτοιμο προϊόν από τη γρήγορη υποβάθμιση (ποιοτική και θρεπτική). Η θερμοκρασία συντήρησης της ολόκληρης πράσινης πιπεριάς είναι οι 8 °C ενώ της κομμένης 0–5 °C [2].

Υπάρχουν αρκετές εργασίες σχετικά με τη συμπεριφορά της ολόκληρης πράσινης πιπεριάς στην ελεγχόμενη ή τροποποιημένη ατμόσφαιρα [3] λίγες όμως σχετικά με την επίδραση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά και στο χρόνο συντήρησης της «ελάχιστα επεξεργασμένης» πράσινης πιπεριάς.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι: α) η μελέτη της επίδρασης της τομής στην αναπνευστική δραστηριότητα της πράσινης πιπεριάς, β) η επίδραση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας και της θερμοκρασίας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά (αφυδάτωση, χρώμα, υφή, περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, βιταμίνη C, οργανοληπτικά χαρακτηριστικά) κομμένης πράσινης πιπεριάς.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Πιπεριές πράσινες, ποικιλίας Twingo F1 συγκομίστηκαν στο στάδιο της «εμπορικής ωριμότητας» στη Μεσσηνία, τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 2005. Μετά τη συγκομιδή μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο “Μετασυλλεκτικών – Μετασυγκομιστικών Χειρισμών” του ΤΕΙ Καλαμάτας και προετοιμάστηκαν την ίδια ημέρα.

Έγινε διαλογή ως προς το μέγεθος και απομακρύνθηκαν οι ελαττωματικές πιπεριές. Στη συνέχεια απομακρύνθηκε το εσωτερικό της πιπεριάς και οι πιπεριές κόπηκαν με κοφτερό μαχαίρι σε δαχτυλίδια πάχους 0.5 cm. Ακολούθησε πλύσιμο με κρύο νερό (5 °C) που περιείχε 100 ppm NaOCl και στη συνέχεια ξέβγαλμα με κρύο νερό (5 °C) βρύσης. Τα δαχτυλίδια της πιπεριάς σκουπίστηκαν με χαρτί κουζίνας και συσκευάστηκαν.

Ποσότητα περίπου 100 g κομμένης πιπεριάς τοποθετήθηκε σε σακούλες πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας (PE–HD) πρακτικά αδιαπέρατες. Οι συσκευασίες είχαν επιφάνεια 1200 cm². Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα δημιουργήθηκε ενεργά με

έγχυση αερίων μιγμάτων επιθυμητής σύνθεσης με τη βοήθεια κλειστικής μηχανής κενού Multivac A300/16. Οι χειρισμοί που εφαρμόστηκαν ήταν οι εξής:

Χειρισμός **ΣΑ**: έγχυση μίγματος 5% O₂–10% CO₂

Χειρισμός **ΣΒ**: έγχυση μίγματος 5% O₂–15% CO₂

Χειρισμός **ΣΓ**: αέρας, η συσκευασία έφερε τρύπα 3 mm

Χειρισμός **Μάρτυρας**: Το δείγμα τοποθετήθηκε σε δισκάκια πολυστερίνης διαστάσεων 120 x 215 x 15 mm και καλύφθηκε με PVC (επιφάνεια 258 cm²) στο οποίο έγιναν τρύπες για να μη δημιουργηθεί τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

Οι συσκευασίες συντηρήθηκαν στους 0 °C και 5 °C και σχετική υγρασία 90% στο σκοτάδι για 14 ημέρες (μέγιστη διάρκεια συντήρησης). Ετοιμάστηκαν έξι συσκευασίες για κάθε ημέρα μέτρησης ανά χειρισμό και θερμοκρασία και επί πλέον δέκα συσκευασίες ανά χειρισμό και θερμοκρασία για την ανάλυση των αερίων και την απώλεια βάρους.

Η ανάλυση των αερίων της εσωτερικής ατμόσφαιρας γινότανε καθημερινά καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης. Δέκα συσκευασίες ανά χειρισμό και θερμοκρασία αναλύθηκαν χωριστά. Η ανάλυση γινότανε με ένα αναλυτή αερίων Check Mate 9000, (PBI Dsnsensor Co Denmark) εισάγοντας τη βελόνα δειγματοληψίας μέσα στη συσκευασία μέσω ειδικά προετοιμασμένης θέσης (septum).

Για τη μέτρηση της αναπνευστικής δραστηριότητας, ολόκληρες πιπεριές (≈120 g) και κομμένες (≈ 200g) τοποθετήθηκαν σε στεγανές αναπνευστικές αίθουσες (670 ml για την ολόκληρη και 1100 ml για την κομμένη). Η παραγωγή του CO₂ μετρήθηκε με τη βοήθεια της διάταξης Rikclos [4].

Ο υπολογισμός της απώλειας βάρους γινότανε με βάση το αρχικό βάρος, παρουσιάζεται δε σαν απώλεια επί τοις %. Η υφή προσδιοριζόταν με το όργανο Texture Analyzer Tx-2i χρησιμοποιώντας Kramer shear cell σε 10 g κομμένης πιπεριάς. Η αντίσταση εκφράστηκε σε Newton.

Το χρώμα προσδιορίστηκε με τη βοήθεια ενός χρωματόμετρου Minolta CR-300 στο σύστημα CIE L*, a*, b*. Το όργανο ρυθμίστηκε με μία λευκή πλάκα που είχε τα χαρακτηριστικά Y=92.6 x=0.3135 y=0.3193. Οι χρωματικοί παράμετροι a* και b* μετατράπηκαν σε C*_{ab}=(a*² + b*²)^{1/2} και h*_{ab}=tan⁻¹(b*/a*) [5].

Η περιεκτικότητα των ιστών σε ασκορβικό οξύ προσδιορίστηκε στην αρχή της συντήρησης (ημέρα 0^η) και στο τέλος της συντήρησης (ημέρα 14^η). Ο προσδιορισμός έγινε ογκομετρικά με δείκτη 2, 6 διχλωροφαινόλ-ινδοφαινόλης. Η περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ εκφράστηκε σε mg ανά 100g βάρους.

Τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (brix) προσδιορίστηκαν στην αρχή και στο τέλος της συντήρησης (14^η ημέρα) με τη βοήθεια ψηφιακού οργάνου SR 400 (περιοχή μέτρησης 0–40 %) με διακριτική ικανότητα 0.1 Brix, ακρίβεια ±0.2% και αυτόματη διόρθωση στους 20 °C.

Η συντηρημένη «ελαφρώς επεξεργασμένη» πράσινη πιπεριά αξιολογήθηκε από 6 άτομα (2 άνδρες και 4 γυναίκες) χρησιμοποιώντας τις παρακάτω παραμέτρους: Για τη συνολική οπτική ποιότητα χρησιμοποιήθηκε μία κλίμακα από το 9 έως το 1 όπου 9=εξαιρετική φρέσκια εμφάνιση, 7=καλή, 5=μέτρια, 3=υποφερτή (χρησιμοποιήσιμη αλλά όχι εμπορεύσιμη), 1=μη εμπορεύσιμη. Η τιμή 6 είναι το όριο της δυνατότητας εμπορίας (τέλος συντήρησης). Για την αφυδάτωση των τομών χρησιμοποιήθηκε μία κλίμακα από το 1 έως το 5 όπου: 1=χωρίς αφυδάτωση, 2=ελαφριά, 3=μέτρια (μόλις εμπορεύσιμη), 4=σοβαρή, 5=πολύ σοβαρή.

Η εκτίμηση της απώλειας βάρους, της υφής, του χρώματος και της ποιοτικής αξιολόγησης έγιναν την 0^η, 4^η, 7^η, 11^η και 14^η ημέρα, σε δέκα συσκευασίες ανά χειρισμό και θερμοκρασία στην περίπτωση της μέτρησης απώλειας βάρους και σε έξι συσκευασίες χωριστά για τις άλλες περιπτώσεις.

Το πείραμα ήταν παραγοντικό με κύριους παράγοντες τη θερμοκρασία, τους χειρισμούς και τη διάρκεια συντήρησης. Τα πειραματικά δεδομένα αναλύθηκαν με ANOVA χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο Statgraphics Plus 5.1. Η σύγκριση των Μ.Ο έγινε με την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας $p=0.05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Αναπνευστική δραστηριότητα κομμένης πράσινης πιπεριάς

Ο ρυθμός της αναπνευστικής δραστηριότητας (εκπομπή CO_2) της κομμένης σε δαχτυλίδια πράσινης πιπεριάς στους 0°C δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τον τεμαχισμό. Κατά τη διάρκεια των δέκα πρώτων ημερών δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0.05$) μεταξύ ολόκληρης και κομμένης πιπεριάς και μόνο μετά τη δέκατη ημέρα παρατηρείται σημαντική αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας της κομμένης πιπεριάς πιθανώς λόγω ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών.

Στους 5°C η αναπνευστική δραστηριότητα της κομμένης πράσινης πιπεριάς παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά συγκριτικά με την ολόκληρη. Ο τραυματισμός προκαλεί αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας των ιστών η οποία μπορεί να αποδοθεί στην ενίσχυση της αερόβιας αναπνοής των μιτοχονδρίων. Ο τραυματισμός προκαλεί αλλαγές στη δομή των μιτοχονδρίων και αυξάνει τη δράση τους [6].

3.2 Σύνθεση αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών

Όσον αφορά τη σύνθεση των αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0.05$) μεταξύ των χειρισμών τόσο στη συγκέντρωση του O_2 όσο και του CO_2 και στις δύο θερμοκρασίες (σχήμα 1). Η περιεκτικότητα του O_2 στους χειρισμούς ΣΑ και ΣΒ τόσο στους 0°C όσο και στους 5°C παρουσιάζει πτώση για να καταλήξει στους 0°C , στο 0.5% ενώ στους 5°C στο 0.0%.

Ο χειρισμός ΣΓ τόσο στους 0°C όσο και στους 5°C παρουσίασε υψηλή περιεκτικότητα O_2 της τάξης του 18% στους 0°C και 15% στους 5°C . Η συσκευασία με PVC διατήρησε το O_2 στα επίπεδα της ατμόσφαιρας. Τόσο στους 0°C όσο και στους 5°C δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των χειρισμών ΣΑ και ΣΒ αλλά και οι δύο χειρισμοί παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά στην περιεκτικότητα O_2 από το χειρισμό ΣΓ. Όσον αφορά τη συγκέντρωση του CO_2 τόσο στους 0°C όσο και στους 5°C παρατηρείται διαφορά ($p=0.05$) μεταξύ των τριών χειρισμών ΣΑ, ΣΒ και ΣΓ. Στους 0°C ο χειρισμός ΣΑ παρουσίασε μία συγκέντρωση της τάξης του 12% την 6^η ημέρα, η οποία και διατηρήθηκε μέχρι το τέλος της συντήρησης, ενώ ο χειρισμός ΣΒ την ίδια ημέρα παρουσίασε συγκέντρωση 16.5% η οποία στο τέλος της συντήρησης έφθασε στο 15.5%. Στους 5°C ο χειρισμός ΣΑ την 6^η ημέρα παρουσίασε μία συγκέντρωση της τάξης του 14% και η οποία στο τέλος της συντήρησης έφθασε το 17%, ενώ ο χειρισμός ΣΒ την 7^η ημέρα παρουσίασε συγκέντρωση CO_2 19% η οποία στο τέλος της συντήρησης έφθασε στο 20%.

Όσον αφορά το χειρισμό ΣΓ στους 0°C παρουσίασε συγκέντρωση CO_2 της τάξης του 3%, ενώ στους 5°C παρουσίασε συγκέντρωση της τάξης του 7,5%. Σύμφωνα με τον Gorny (2001) [2] η ιδανική σύνθεση της ατμόσφαιρας για τη συντήρηση της κομμένης πράσινης πιπεριάς είναι 3% O_2 και 5–10% CO_2 .

Υψηλότερη συγκέντρωση CO_2 μπορεί να προκαλέσει βλάβες (καστάνωση, μαλάκωμα ιστών), όμως η ευαισθησία στις βλάβες επηρεάζεται πολύ από την ποικιλία. Χαμηλές συγκεντρώσεις O_2 και υψηλές CO_2 μπορεί να προκαλέσουν αναερόβια αναπνοή. Η χαμηλότερη συγκέντρωση του O_2 που μπορεί να διατηρήσει την αερόβια αναπνοή σε ολόκληρα λαχανικά κυμαίνεται γύρω στο 1–3% [7]. Η ευαισθησία των

κομμένων λαχανικών στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα είναι τελείως διαφορετική σε σύγκριση με τα ολόκληρα προϊόντα. Έτσι κομμένο μαρούλι είναι λιγότερο επιρρεπές στην αναερόβια αναπνοή από το ολόκληρο όταν συντηρηθεί σε υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ [8]. Στην περίπτωση της κομμένης πιπεριάς δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις προσδιορισμού της συγκέντρωσης της αιθανόλης και ακεταλδεϋδης όμως το προϊόν δεν παρουσίασε ξένες οσμές ούτε βλάβες (καστανώσεις).

3.3 Απώλεια βάρους

Ο τεμαχισμός που υπέστησαν οι ελαφρά επεξεργασμένες πράσινες πιπεριές, ελάττωσε την αντίσταση της επιδερμίδας στην απώλεια υγρασίας λόγω διαπνοής. Η αύξηση της επιφάνειας σε σχέση με τον όγκο ευνοεί την απώλεια υγρασίας. Όμως η συντήρηση της κομμένης πιπεριάς σε πλαστικές συσκευασίες δημιουργεί μία ατμόσφαιρα κεκορεσμένη που μειώνει αισθητά την απώλεια υγρασίας. Στην παρούσα εργασία η απώλεια υγρασίας που παρατηρήθηκε στο τέλος της συντήρησης (14^η ημέρα) στους 0 °C ήταν: χειρισμός ΣΑ 0.6%, χειρισμός ΣΒ 0.5%, χειρισμός ΣΓ 0.4%, Μάρτυρας 2%. Στους 5 °C η απώλεια βάρους στο τέλος της συντήρησης ήταν: χειρισμός ΣΑ 0.6%, χειρισμός ΣΒ 0.4%, χειρισμός ΣΓ 0.4% , Μάρτυρας 3.4%. Η απώλεια βάρους είναι συνάρτηση του χρόνου με $R^2 > 90\%$ σε όλες τις περιπτώσεις.

Σύμφωνα με τον Burton (1982) [9] η μέγιστη επιτρεπτή απώλεια υγρασίας για την ολόκληρη πιπεριά είναι 7%. Τα κομμένα όμως προϊόντα είναι πιο ευαίσθητα στην απώλεια υγρασίας. Η απώλεια υγρασίας που σημειώθηκε ακόμα και στους μάρτυρες και στις δύο θερμοκρασίες είναι πολύ πιο χαμηλή και έτσι δεν δημιουργεί κάποιο πρόβλημα στην ποιότητα του προϊόντος ακόμα και μετά από 14 ημέρες συντήρησης.

3.4 Υφή

Η υφή διατηρήθηκε σε υψηλά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης (14^η ημ.) τόσο στους 0 °C όσο και στους 5 °C . Στους 0 °C οι χειρισμοί ΣΑ και ΣΒ διατήρησαν την υφή κοντά στα αρχικά επίπεδα, ενώ στους 5 °C ο μάρτυρας παρουσιάζει υψηλότερες τιμές λόγω αφυδάτωσης.

Οι υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ μπορεί να ευνοούν τη διατήρηση της υφής των «ελαφρά επεξεργασμένων» φυτικών οργάνων [10, 11], γεγονός που συμβαίνει και στην παρούσα περίπτωση ή να οδηγούν σε μαλάκωμα των ιστών όπως στην περίπτωση της κομμένης κόκκινης πιπεριάς [12].

3.5 Χρώμα

Από τον πίνακα 1 προκύπτει ότι η φωτεινότητα L* της κομμένης πιπεριάς δεν επηρεάστηκε από τη θερμοκρασία συντήρησης, επηρεάστηκε όμως από τους χειρισμούς και το χρόνο συντήρησης. Οι χαμηλές τιμές του L* και οι υψηλές τιμές του Hue* που διατηρήθηκαν χωρίς σημαντικές μεταβολές μέχρι το τέλος της συντήρησης μαρτυρούν τη διατήρηση του έντονου πράσινου χρώματος που μπορεί να συνδυασθεί με παρεμπόδιση της αποικοδόμησης της χλωροφύλλης. Το φαινόμενο είναι εντονότερο στους 0 °C και στους χειρισμούς ΣΑ, ΣΒ και ΣΓ. Θα μπορούσε επομένως να πει κανείς ότι η χαμηλή θερμοκρασία και η υψηλή συγκέντρωση CO₂ διατήρησε καλλίτερα το χρώμα γεγονός που συμφωνεί με παρατηρήσεις άλλων ερευνητών [13].

Πίνακας 1. Μεταβολή του χρώματος πράσινης κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε για 14 ημέρες στους 0 °C και 5 °C.

Χρωματική παράμετρος	0 ^η ημ		3 ^η ημ.		6 ^η ημ.		10 ^η ημ		14 ^η ημ	
	0 °C	5 °C	0 °C	5 °C	0 °C	5 °C	0 °C	5 °C	0 °C	5 °C
L*										
ΣΑ	32.53	32.53	29.08	32.37	28.87	30.72	29.20	30.37	29.38	30.46
ΣΒ	32.53	32.53	33.62	31.32	29.78	30.40	27.90	32.82	28.33	31.06
ΣΓ	32.53	32.53	33.22	32.59	31.52	33.88	32.90	31.33	34.01	31.68
Μάρτυρας	32.53	32.53	30.94	31.54	31.49	31.39	30.82	32.06	33.05	33.15
C*_{ab}										
ΣΑ	25.82	25.82	21.54	23.73	23.16	22.65	23.90	23.17	23.90	24.48
ΣΒ	25.82	25.82	25.54	24.06	24.13	23.95	23.58	25.86	24.60	26.65
ΣΓ	25.82	25.82	24.42	21.91	22.90	21.40	22.90	20.32	22.87	22.03
Μάρτυρας	25.82	25.82	22.40	20.82	22.39	20.50	21.40	20.40	22.72	20.55
h*_{ab}										
ΣΑ	117.53	117.53	118.95	116.51	118.57	118.16	117.30	117.97	118.30	116.93
ΣΒ	117.53	117.53	118.09	116.04	117.70	117.41	117.52	117.31	116.77	116.67
ΣΓ	117.53	117.53	118.12	116.03	117.41	117.41	118.40	115.75	118.72	115.87
Μάρτυρας	117.53	117.53	118.03	117.13	118.07	116.67	118.50	117.34	118.26	114.33

0 °C: L* LSD=0.963, C*_{ab} LSD=0.565, h*_{ab} LSD=0.456

5 °C: L* LSD=0.96, C*_{ab} LSD=0.55, h*_{ab} LSD=0.708

3.6 Brix

Τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (Brix) στο τέλος της συντήρησης (14^η ημ.) διατηρήθηκαν σε υψηλότερα ποσοστά σε όλους τους χειρισμούς στους 0 °C συγκριτικά με τους 5 °C (πίνακας 2). Στο τέλος της συντήρησης στους 0 °C όλοι οι χειρισμοί παρουσίασαν υψηλότερες τιμές συγκριτικά με την αρχική ενώ στους 5 °C δεν παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά σχετικά με την αρχική τιμή.

Πίνακας 2. Μεταβολή των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών (Brix) κομμένης πράσινης πιπεριάς ποικιλίας Twingo F1 μετά από 14 ημέρες συντήρησης σε MAP στους 0 °C και 5 °C

		ΣΑ	ΣΒ	ΣΓ	Μάρτυρας
0 °C	Αρχή	3.75 ^a	3.75 ^a	3.75 ^a	3.75 ^a
	Τέλος	4.09 ^{bA}	4.12 ^{bAB}	4.27 ^{bBC}	4.59 ^{bC}
5 °C	Αρχή	3.75 ^a	3.75 ^a	3.75 ^a	3.75 ^a
	Τέλος	3.44 ^{aA}	3.87 ^{aAB}	4.03 ^{aBC}	4.07 ^{aC}

Τιμές με διαφορετικά πεζά γράμματα στην ίδια στήλη παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά, p=0.05; Τιμές με διαφορετικά κεφαλαία γράμματα στην ίδια σειρά παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά, p=0.05.

Σύμφωνα με τους Lopez *et al.* [12], τα σάκχαρα στην κομμένη πράσινη πιπεριά ελαττώνονται ελαφρά στους 5 °C, όμως είναι θέμα ποικιλίας γιατί σε ορισμένες ποικιλίες η μείωση παρουσιάζεται μετά τη 12^η ημέρα.

3.7. Ασκορβικό οξύ

Η βιταμίνη C που περιείχε η κομμένη πράσινη πιπεριά στην αρχή της συντήρησης ήταν 128.53 mg/100 g φρέσκου βάρους, τιμή που συμφωνεί με τη βιβλιογραφία [11]. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C επηρεάστηκε από το χρόνο συντήρησης (πίνακας 3).

Πίνακας 3. Μεταβολή της βιταμίνης C, κομμένης πράσινης πιπεριάς ποικιλίας Twingo F1 μετά από 14 ημέρες συντήρησης σε MAP στους 0 °C και 5 °C

		ΣΑ	ΣΒ	ΣΓ	Μάρτυρας
	Αρχή	128.53 ^a	128.53 ^a	128.53 ^a	128.53 ^a
0 °C	Τέλος (14 ^η ημ)	122.02 ^{b AB}	115.68 ^{b A}	126.35 ^{a AB}	129.02 ^{a B}
5 °C	Τέλος (14 ^η ημ)	177.78 ^{c AB}	166.22 ^{c A}	168.0 ^{c AB}	204.44 ^{c B}

Τιμές με διαφορετικά πεζά γράμματα στην ίδια στήλη παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά, $p=0.05$; Τιμές με διαφορετικά κεφαλαία γράμματα στην ίδια σειρά παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά, $p=0.05$

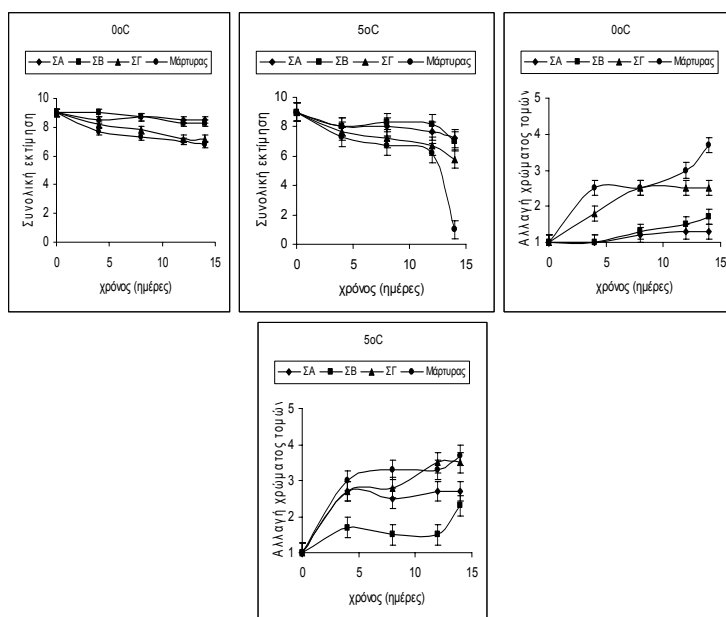
Στο τέλος της συντήρησης στους 0 °C οι χειρισμοί ΣΑ και ΣΒ παρουσίασαν μία ελαφρά μείωση της περιεκτικότητας, ενώ οι χειρισμοί ΣΓ και και μάρτυρας δεν παρουσίασαν απόκλιση από τις αρχικές τιμές. Στο τέλος της συντήρησης στους 5 °C όλοι οι χειρισμοί παρουσίασαν υψηλότερες τιμές από την αρχική. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι οι χειρισμοί που εφαρμόστηκαν διατήρησαν τα αρχικά επίπεδα της βιταμίνης C. Η αύξηση της περιεκτικότητας στην περίπτωση της συντήρησης στους 5 °C μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι η θερμοκρασία και η τομή επηρέασαν το στάδιο ωριμότητας της πιπεριάς. Η διατήρηση της βιταμίνης C στην κομμένη πράσινη πιπεριά συμφωνεί και με παρατηρήσεις άλλων ερευνητών [11], απαιτεί όμως περαιτέρω έρευνα διότι διάφοροι παράγοντες όπως η ποικιλία, οι καλλιεργητικές συνθήκες, το στάδιο ωριμότητας και οι συνθήκες συντήρησης επηρεάζουν το αποτέλεσμα.

3.8. Ποιοτική Αξιολόγηση

Η συνολική εκτίμηση της κομμένης πράσινης πιπεριάς διατηρήθηκε καλλίτερα στους 0 °C παρά στους 5 °C (σχ.2). Οι χειρισμοί ΣΑ και ΣΒ διατήρησαν την ποιότητα της κομμένης πιπεριάς σχεδόν στα αρχικά επίπεδα. Στο τέλος της συντήρησης στους 0 °C οι πιπεριές όλων των χειρισμών είχαν τιμές υψηλότερες της οριακής τιμής εμπορίας.

Στους 5 °C ο μάρτυρας την 12^η ημέρα ήταν μόλις εμπορεύσιμος ενώ ο χειρισμός ΣΓ στο τέλος της συντήρησης (14^η ημέρα) παρουσίασε οριακή τιμή. Οι χειρισμοί ΣΑ και ΣΒ παρουσίασαν υψηλότερες τιμές και ήταν εμπορικά αποδεκτοί μέχρι το τέλος της συντήρησης. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα που δημιουργήθηκε στην περίπτωση των χειρισμών ΣΑ και ΣΒ τόσο στους 0 °C όσο και στους 5 °C με τις πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις του O₂ και τις υψηλές συγκεντρώσεις του CO₂ διατήρησαν το χρώμα, την υφή και τη γενική εμφάνιση της κομμένης πιπεριάς. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τις παρατηρήσεις των Weichmann (1987)[6], Herner (1987) [12] και Lopez (1997) [12].

Όσον αφορά την αλλαγή του χρώματος στις τομές, παρατηρούμε ότι στους 0 °C οι χειρισμοί ΣΑ, ΣΒ και ΣΓ τη διατήρησαν σε πολύ χαμηλά επίπεδα και μέχρι το τέλος της συντήρησης (14^η ημέρα) οι πιπεριές ήταν εμπορεύσιμες (όριο η τιμή 3), πιο αποτελεσματικοί ήταν οι χειρισμοί ΣΑ και ΣΒ. Ο μάρτυρας από την 12^η ημέρα κρίθηκε μη εμπορεύσιμος. Στους 5 °C μόνο οι χειρισμοί ΣΑ και ΣΒ διατήρησαν την κομμένη πιπεριά εμπορεύσιμη μέχρι το τέλος της συντήρησης, ενώ ο μάρτυρας από την 4^η ημέρα και ο χειρισμός ΣΓ από την 9^η ημέρα ήταν μη εμπορεύσιμοι.



Σχήμα 2. Μεταβολή της συνολικής εκτίμησης και της αλλαγής χρώματος των τομών κομμένης πράσινης πιπεριάς ποικιλίας Twing F1, που συντηρήθηκε σε MAP στους 0 °C και 5 °C. Η κάθε τιμή είναι ο Μ.Ο 6 δειγμάτων x 6 κριτές x 3 επαναλήψεις (N=108)

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη προκύπτουν τα εξής:

Η αναπνευστική δραστηριότητα της κομμένης πιπεριάς είναι πιο υψηλή συγκριτικά με αυτή της ολόκληρης στις υψηλές θερμοκρασίες.

Μετά από 14 ημέρες συντήρησης τόσο στους 0 °C όσο και στους 5 °C η εσωτερική ατμόσφαιρα των συσκευασιών ήταν πολύ φτωχή σε O₂ και πλούσια σε CO₂.

Οι δείκτες ποιότητας της κομμένης πιπεριάς διατηρήθηκαν σε υψηλά επίπεδα κυρίως στην περίπτωση της συντήρησης στους 0 °C.

Η μελέτη αυτή επιβεβαιώνει το γεγονός ότι η πράσινη πιπεριά είναι ένα λαχανικό επιδεκτικό για παραγωγή «ελαφρά επεξεργασμένου» προϊόντος. Εάν η κομμένη πιπεριά συντηρηθεί στους 0 °C μπορεί να έχει διάρκεια εμπορικής ζωής περίπου 14 ημέρες. Περιοριστικός παράγοντας συντήρησης είναι η μικροβιολογική κατάσταση του προϊόντος η οποία πρέπει να εξετάζεται.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος «Αρχιμήδης» που συγχρηματοδοτήθηκε από την ΕΕ (ΕΚΤ) και Εθνικούς Πόρους (ΕΠΕΑΕΚ II).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Watada, A.E, Ko, N.P. and Minott, D.A. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biol. Technol.*, 9 : 115–125.
2. Gorny, R.J. 2001. *A summary of C.A and M.A recommendation for selected fresh-cut fruits and vegetables*. In: *Optimal C.A for Horticultural perishables*. U.C Davis Postharvest Horticultural Series, No 22A: 104–139.

3. Luo, Y. and Miktzel, L.J. 1996. Extension of postharvest life of bell peppers with low oxygen. *J. Sci. Food Agric.* 70: 115–120.
4. Μητρόπουλος, Δ., Κοζής, Γ., Μανωλοπούλου, Ε., Λαμπρινός, Γ. 2000. Εκτίμηση του χρόνου συλλογής με μέτρηση αναπνοής στον αγρό. *Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργ. Μηχανικής*, 425–432.
5. Clydesdale, F.M. 1984. Color measurements. In: *Food Analysis principles and Techniques*, Vol. I. D.W. Gruenwedwi and J.R. Whitaker. ed. Marcel Dekker, N. York and Basel, 95-150.
6. Asahi, T. 1978. Biogenesis of cell organelles in wounded plant storage tissue cells. In: *Biochemistry of Wounded Plant Tissues*, ed. G. Kahi, Walter de Gruyter, Berlin, 391–419.
7. Weichmann, J. 1987. Low oxygen effects. In: *Postharvest physiology of vegetables*, ed. J. Weichmann, Marcel Dekker, Inc.: 231–237.
8. Mateos, M., Ke, D., Cantweel, M. and Kader, A.A. 1993. Phenolic metabolism and ethanolic fermentation of intact and cut lettuce exposed to CO₂ enriched atmospheres. *Postharvest Biol. Technol* 3:225–233.
9. Burton, W.G. 1982. *Postharvest Physiology of Food Crops*, Longman Publishing, Co, London and New York.
10. Madrid, M. and Cantwell, M. 1993. Use of high CO₂ atmosphere to maintain quality of intact and fresh-cut melon. *Proc. of 6th Intern. C.A Res. Confer.*, June 15–17, pp.736–745.
11. Senesi, E., Prinzivall, M., Sala, M. And Gennari, M. 2000. Physicochemical and Microbiological changes in fresh-cut Green bell peppers as affected by packaging and storage. *Italian J. Food Sci.* 12(1): 55–64.
12. Lopez-Galvez, G., Peiser, G., Nie, X. and Cantwell, M. 1997. Quality of red and green fresh-cut peppers stored in controlled atmospheres. *Proc. of 7th Int. Controlled Atmosphere Conf.*, July 13–18, 5:152–157.
13. Herner, R. 1987. High CO₂ effects on plant organs. In: *Postharvest physiology of vegetables*, ed. J. Weichman, Marcel Dekker, Inc. : 239–253.

(133)

Η ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΜΗΛΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ GRANNY SMITH ΩΣ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ

Δ. Μητρόπουλος και Γ. Λαμπρινός

Γ.Π.Α., Τμήμα ΑΦΠ–ΓΜ, Ιερά οδός 75, 11855, Αθήνα. Τηλ.: 210 5294035

E-mail: refrigenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η μεταβολή της πυκνότητας μήλων ποικιλίας *Granny Smith* κατά την συντήρησή τους σε θαλάμους 0 °C και 10 °C καθώς και σε αποθήκη μέσης θερμοκρασίας 16 °C για μια καλλιεργητική περίοδο. Στα αρχικά στάδια της αποθήκευσης ο ρυθμός μεταβολής είναι εντονότερος ενώ στην συνέχεια μειώνεται. Η μεταβολή της πυκνότητας φαίνεται να εξαρτάται περισσότερο από τον χρόνο αποθήκευσης παρά από τον βαθμό απώλειας μάζας. Αναπτύχθηκαν επίσης σχέσεις, μέσω παλινδρόμησης, που περιγράφουν την πυκνότητα των μήλων τόσο σε σχέση με τον χρόνο αποθήκευσης όσο και με τον βαθμό απώλειας μάζας.

GRANNY SMITH APPLE DENSITY AS CRITERION OF QUALITY ASSESSMENT DURING STORAGE.

D. Mitropoulos and G. Lambrinos

A.U.A., Department of Natural Resources and Agricultural Engineering, Iera Odos 75,
11855, Athens. Tel.: 210 5294035 e-mail: refrigenergy@aua.gr

ABSTRACT

Density changes of *Granny Smith* apples were studied during storage. Apples were stored at 0 and 10 °C, as well as at a common warehouse at 16 °C mean temperature. The study extended in a single cultivation period. The rate of density variation was found to be higher at the beginning of storage and reduced at late stages. The study revealed that density change is mainly storage time dependent while mass loss influence seems to be of lesser degree. Correlations between apples' density and storage time or mass loss were also derived.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συντήρηση των μήλων για μεγάλο χρονικό διάστημα, είναι απαραίτητη προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση που εμφανίζεται όλο το χρόνο. Η απλή συντήρηση με ψύξη, η συντήρηση με ελεγχόμενη ατμόσφαιρα (C.A.) και η συντήρηση σε συσκευασίες με τροποποιημένη ατμόσφαιρα (M.A.P.) είναι τεχνικές που μπορούν να εφαρμοστούν με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Σε ορισμένες παραγωγικές ημιορεινές περιοχές με σχετικά ψυχρό κλίμα, όπου υπάρχει έλλειψη ψυκτικών θαλάμων, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και απλές αποθήκες για συντήρηση μικρού χρονικού διαστήματος 8–12 εβδομάδων [1].

Ένα σημαντικό ζήτημα που σχετίζεται γενικότερα με την συντήρηση των αγροτικών προϊόντων, είναι η ανάπτυξη μεθόδων για τον ποιοτικό τους έλεγχο. Αυτό είναι αναγκαίο γιατί τα προϊόντα πρέπει να πληρούν ένα ελάχιστο όριο ποιοτικών προδιαγραφών κατά την κατανάλωση. Έτσι είναι δυνατό με τη μεγιστοποίηση του χρόνου συντήρησης, να επιτευχθεί ένας διπλός στόχος, δηλαδή τόσο η διατήρηση της ποιότητας του προϊόντος στην αγορά όσο και η οικονομική ωφέλεια του παραγωγού.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των μήλων, που επηρεάζουν την αποδοχή τους από τον καταναλωτή, είναι το σχήμα, το χρώμα, η σκληρότητα και η αφυδάτωση.

Όπως είναι φυσικό, η απόφαση του καταναλωτή για την αγορά μήλων στηρίζεται κυρίως σε υποκειμενική εκτίμηση των παραπάνω χαρακτηριστικών. Σε εμπορική όμως κλίμακα ο έλεγχος και η εκτίμηση της ποιοτικής εξέλιξης των συντηρούμενων μήλων πρέπει να γίνεται με όσο το δυνατό πιο αντικειμενική μεθοδολογία, προκειμένου να επιτυγχάνεται το μέγιστο δυνατό διάστημα συντήρησης και το καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα. Η έλλειψη τέτοιων αντικειμενικών μεθόδων πρακτικά εφαρμόσιμων καθιστά επιτακτική την ανάγκη ανάπτυξης μιας σχετικής μεθοδολογίας.

Η πυκνότητα (ή το ειδικό βάρος) είναι χαρακτηριστικό που έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για τον προσδιορισμό της ποιοτικής κατάστασης ορισμένων προϊόντων. Η περιεκτικότητα της πατάτας σε άμυλο έχει βρεθεί να συσχετίζεται με την πυκνότητα των κονδύλων [2]. Επίσης υπάρχουν πολλές αναφορές που συσχετίζουν την περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία με την πυκνότητα [3], καθώς επίσης τη μηχανική αντοχή των κονδύλων με την πυκνότητα [4]. Το στάδιο ωριμότητας πολλών φρούτων και λαχανικών (βερίκοκα, φράουλες, τομάτα, αρακάς κλπ) έχει βρεθεί ότι συσχετίζεται με την πυκνότητά τους [5], [6].

Στο βοτρυόκαρπο (grape fruit) έχει βρεθεί ότι υπάρχει συσχέτιση του πάχους του φλοιού και του σχήματος με την πυκνότητα των φρούτων [7]. Σημαντική είναι επίσης η συσχέτιση μεταξύ της ζημιάς από παγετό και της πυκνότητας των εσπεριδοειδών όπως επίσης και του ποσοστού περιεχόμενου χυμού με την πυκνότητα [6]. Η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία των ακτινιδίων συνδέεται επίσης με την πυκνότητα τους [8].

Σε ορισμένες περιπτώσεις οι διαφορές πυκνότητας έχουν χρησιμοποιηθεί για το διαχωρισμό προσβεβλημένων από έντομα σπόρων [9]. Επίσης έχουν γίνει προσπάθειες ανάπτυξης μεθοδολογιών και τεχνικών για τον διαχωρισμό φρούτων και λαχανικών σε ποιοτικές κλάσεις με βάση τις διαφορές πυκνότητας [6].

Παρόλο ότι υπάρχουν εκτενείς αναφορές σχετικά με τη συσχέτιση ποιοτικών χαρακτηριστικών και πυκνότητας, δεν βρέθηκαν αρκετές που να αφορούν τα μήλα. Ο Vincent [10] αναφέρει ότι σε κάποιες ποικιλίες μήλων παρατηρείται διαφοροποίηση της τοπικής πυκνότητας της σάρκας σε σχέση με το βάθος από την επιδερμίδα. Σε ορισμένες ποικιλίες μάλιστα υπάρχει συσχέτιση μεταξύ πυκνότητας και σκληρότητας (stiffness).

Η μέση πυκνότητα των μήλων *Delicious pilafa* συσχετίζεται πολύ καλά με το ποσοστό απώλειας μάζας κατά την αποθήκευση ανεξάρτητα των συνθηκών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα ποιοτικό κριτήριο αξιολόγησης των φρούτων [11]. Όμως η

ποικιλία *Delicious pilafa* σε αντίθεση με την *Granny Smith* χαρακτηρίζεται από έντονους ρυθμούς αφυδάτωσης κατά την αποθήκευση.

Σκοπός λοιπόν της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της μεταβολής της πυκνότητας των μήλων *Granny Smith* κατά την αποθήκευση καθώς και η διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης της πυκνότητας ως ποιοτικό κριτήριο αξιολόγησης των συντηρούμενων φρούτων.

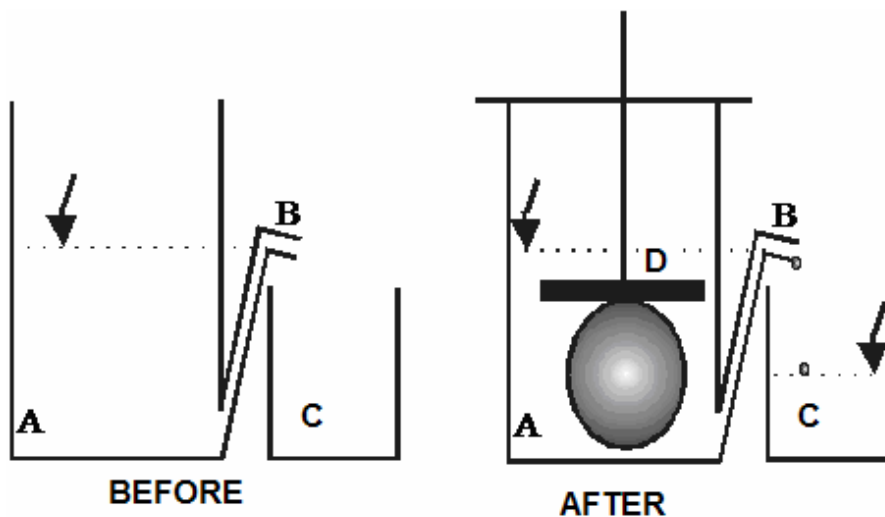
2. ΥΛΙΚΑ και ΜΕΘΟΔΟΙ

Χρησιμοποιήθηκαν μήλα ποικιλίας *Granny Smith*. Η συλλογή έγινε στις αρχές Νοεμβρίου και τα μήλα αποθηκεύτηκαν σε δύο θαλάμους σταθερών συνθηκών 0 και 10°C καθώς και σε αποθήκη μέσης θερμοκρασίας 16°C. Χρησιμοποιήθηκαν 30 φρούτα ανά χειρισμό και στους υπολογισμούς έχουν ληφθεί υπόψη δεδομένα που αφορούν απώλεια μάζας όχι μεγαλύτερης από το 10% της αρχικής.

Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία στο εσωτερικό κάθε χώρου καταγραφόταν σε τακτά χρονικά διαστήματα με την βοήθεια φορητών καταγραφικών συσκευών (Hobo 8E, Onset Computer Corporation, Bourne, USA).

Η απώλεια μάζας (ML) των φρούτων εκτιμήθηκε με διαδοχικές ατομικές ζυγίσσεις των φρούτων σε τακτά χρονικά διαστήματα και εκφράστηκε ως ποσοστό % της αρχικής μάζας. Για τις ζυγίσσεις των φρούτων χρησιμοποιήθηκε ένας ηλεκτρονικός ζυγός AND FY2000 (AND, Tokyo, Japan) ακρίβειας 0,02 g.

Ο υπολογισμός της πυκνότητας του κάθε φρούτου έγινε με εκτίμηση του όγκου του αντίστοιχου εκτοπιζόμενου νερού με τη βοήθεια της διάταξης που φαίνεται στο σχήμα 1. Τα φρούτα των οποίων επρόκειτο να μετρηθεί η πυκνότητά, μεταφέρονταν κάθε φορά σε θερμοκρασία δωματίου (εργαστηρίου). Πριν την ογκομέτρηση τα φρούτα ζυγίζονταν, ενώ μετά την ογκομέτρηση στεγνώνονταν με απορροφητικό χαρτί και τοποθετούνταν πάλι στο χώρο συντήρησης.



Σχήμα 1. Πειραματική διάταξη εκτίμησης όγκου.

Τελικά η πυκνότητα των μήλων υπολογίστηκε από την σχέση:

$$D_{\mu} = \frac{m_{\mu} \times D_v}{m_v - V_{\delta} \times D_v} \quad (9)$$

όπου: D_{μ} : πυκνότητα μήλου, [g/cm³]

m_{μ} : μάζα μήλου, [g]

D_v : πυκνότητα νερού, [g/cm³]

m_v : μάζα εκτοπιζόμενου νερού, [g]

V_{δ} : όγκος διάτρητου δίσκου (σταθερός) [cm³]

Η ακρίβεια και η επαναληψιμότητα της παραπάνω διαδικασίας υπολογισμού του όγκου των μήλων εκτιμήθηκε με επανειλημμένες (με διαφορά λίγων λεπτών) μετρήσεις τόσο του όγκου συγκεκριμένου φρούτου όσο και του όγκου μεταλλικής σφαίρας. Από τις δοκιμές αυτές προέκυψε ότι η μέθοδος εκτίμησης του όγκου είναι εξαιρετικά αξιόπιστη, και η αβεβαιότητα του σφάλματος $\pm 0,5\%$ [11]. Ο χρόνος αποθήκευσης (t) έχει εκφραστεί σε μέρες.

Για την στατιστική επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Stagraphics 4.0 και SPSS 8.0.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον πίνακα 1 φαίνονται τα αποτελέσματα παλινδρόμησης μεταξύ πυκνότητας (D) και χρόνου αποθήκευσης (t). Για τη στατιστική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκαν οι μέσοι όροι των μετρήσεων των τριάντα φρούτων. Η επιλογή του μοντέλου παλινδρόμησης έγινε, ύστερα από δοκιμή διάφορων απλών μοντέλων (γραμμικό, εκθετικό κλπ), με βάση το τετράγωνο του συντελεστή συσχέτισης (R^2). Από τις αναλύσεις που έγιναν επιλέχθηκε τελικά το μοντέλο της μορφής $y=a+b \cdot x^{-1/2}$.

Πίνακας 1. Αποτελέσματα παλινδρόμησης μεταξύ πυκνότητας (D) – χρόνου αποθήκευσης (t) και πυκνότητας – απώλειας μάζας (ML) για τις τρεις συνθήκες συντήρησης.

$D=a+b \cdot t^{-1/2}$					
Θερμοκρασία συντήρησης	a		b		R^2
	MEAN	*CL _(0,95)	MEAN	*CL _(0,95)	
0	0,8396 ¹	0,0119	-0,0043 ³	0,0018	0,946
10	0,8399 ¹	0,0106	-0,0046 ³	0,0017	0,959
W	0,8385 ¹	0,0183	-0,0043 ³	0,0029	0,873
$D=c+f \cdot (ML)^{-1/2}$					
Θερμοκρασία συντήρησης	c		f		R^2
	MEAN	*CL _(0,95)	MEAN	*CL _(0,95)	
0	0,8404 ²	0,0107	-0,0269 ⁴	0,0101	0,958
10	0,8408 ²	0,0116	-0,0149 ⁵	0,0058	0,954
W	0,8391 ²	0,0193	-0,0142 ⁵	0,0100	0,865

* Όριο εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0,95

Ίδιος εκθέτης σημαίνει ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ο συντελεστής b σχετίζεται άμεσα με την ημερήσια μεταβολή της πυκνότητας. Η μορφή του μοντέλου και οι τιμές του συντελεστή b δείχνουν ότι η πυκνότητα μειώνεται με το χρόνο αποθήκευσης και μάλιστα ο ρυθμός μείωσης ελαττώνεται με την πάροδο

του χρόνου. Όπως φαίνεται στον πίνακα 1 δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων θερμοκρασιακών χειρισμών. Όμοια δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές του συντελεστή a , ο οποίος είναι μια στατιστική εκτίμηση της αρχικής πυκνότητας όπου λαμβάνεται υπόψη η συνολική μεταβολή της πυκνότητας με το χρόνο αποθήκευσης. Με βάση τα παραπάνω και μετά από παλινδρόμηση όλων των δεδομένων, προέκυψε η σχέση 2 που περιγράφει την μεταβολή της πυκνότητας με το χρόνο συντήρησης, ανεξάρτητα των συνθηκών.

$$D = (0,839 \pm 0,007) - (0,004 \pm 0,001) \cdot t^{-1/2}, R^2 = 0,924 \quad (2)$$

Ο συντελεστής f συσχετίζει την μεταβολή της πυκνότητας με τη μεταβολή του ποσοστού απώλειας μάζας ενώ ο συντελεστής c είναι μια άλλη στατιστική εκτίμηση της αρχικής πυκνότητας. Όπως φαίνεται στον πίνακα 1 δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές του c μεταξύ των θερμοκρασιακών χειρισμών. Αντίθετα παρατηρούνται διαφορές στις τιμές του συντελεστή f , όπου η συνθήκη των 0°C διαφέρει στατιστικά από τις άλλες δύο. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι δυνατή η δημιουργία μιας ενιαίας σχέσης που να περιγράφει την μεταβολή της πυκνότητας με την μεταβολή της απώλειας μάζας για όλους τους θερμοκρασιακούς χειρισμούς. Με βάση τα δεδομένα του πίνακα 1 και μια νέα παλινδρόμηση, προκύπτουν δύο σχέσεις. Η πρώτη (3) αφορά την θερμοκρασία συντήρησης των 0°C και η δεύτερη (4) τις υψηλές θερμοκρασίες συντήρησης (10 °C και W).

$$D = (0,840 \pm 0,011) - (0,027 \pm 0,010) \cdot (ML)^{-1/2} (0^\circ C), R^2 = 0,958 \quad (3)$$

$$D = (0,840 \pm 0,009) - (0,015 \pm 0,005) \cdot (ML)^{-1/2} (10-16^\circ C), R^2 = 0,909 \quad (4)$$

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στα αποτελέσματα του πίνακα 1 αλλά και στις σχέσεις 2–4, γίνεται στατιστική εκτίμηση της αρχικής πυκνότητας λαμβάνοντας υπόψη τη συνολική εξέλιξη της μεταβολής της πυκνότητας. Υπολογίστηκε όμως ότι η μέση αρχική πυκνότητα των φρούτων όλων των χειρισμών ήταν $0,8381 \pm 0,0065 \text{ g/cm}^3$. Με βάση αυτό το δεδομένο έγιναν παλινδρομήσεις και προέκυψαν οι σχέσεις σταθερής αρχικής πυκνότητας που φαίνονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Παλινδρόμηση πυκνότητας (D)–χρόνου αποθήκευσης (t) αφενός και πυκνότητας–απώλειας μάζας (ML) αφετέρου, με δεδομένη την αρχική μετρηθείσα μέση πυκνότητα, για τις τρεις συνθήκες συντήρησης.

$D = 0,8381 + g \cdot t^{-1/2}$			
Θερμοκρασία συντήρησης	MEAN	*CL _(0,95)	R ²
0	-0,0041 ¹	0,0008	0,943
10	-0,0044 ¹	0,0007	0,956
W	-0,0043 ¹	0,0012	0,873
$D = 0,8381 + h \cdot (ML)^{-1/2}$			
0	-0,0249 ²	0,0044	0,951
10	-0,0137 ³	0,0026	0,946
W	-0,0137 ³	0,0041	0,864

*Όριο εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0,95

¹Ιδιος εκθέτης σημαίνει ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Οι συντελεστές g και h του πίνακα 2 είναι ανάλογοι των συντελεστών b και f του πίνακα 1. Ανάλογα επίσης είναι τα αποτελέσματα όσον αφορά την ύπαρξη στατιστικά

σημαντικών διαφορών. Η μεταβολή της πυκνότητας με το χρόνο αποθήκευσης μπορεί να αποδοθεί με μια ενιαία σχέση (5) αφού δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των θερμοκρασιακών χειρισμών.

$$D = (0,0042 \pm 0,0005) \cdot t^{-1/2}, R^2 = 0,922 \quad (5)$$

Για την μεταβολή της πυκνότητας με την απώλεια μάζας προέκυψαν επίσης δύο σχέσεις. Η πρώτη (6) αφορά τη θερμοκρασία των 0°C και η δεύτερη (7) τις υψηλότερες θερμοκρασίες.

$$D = (0,025 \pm 0,004) \cdot (ML)^{-1/2} (0^\circ C), R^2 = 0,951 \quad (6)$$

$$D = (0,014 \pm 0,002) \cdot (ML)^{-1/2} (10-16^\circ C), R^2 = 0,906 \quad (7)$$

Από τα αποτελέσματα που εκτέθηκαν παραπάνω φαίνεται ότι η μεταβολή της πυκνότητας εξαρτάται κυρίως από το χρόνο αποθήκευσης και λιγότερο από τις συνθήκες αποθήκευσης και το ποσοστό απώλειας μάζας. Φαίνεται λοιπόν ότι οι δομικές και μορφολογικές αλλαγές που συμβαίνουν στους ιστούς των φρούτων και οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη μεταβολή του όγκου, και συνεπώς της πυκνότητας, εξαρτώνται κυρίως από το χρόνο συντήρησης. Η συμπεριφορά των μήλων *Granny Smith* διαφέρει από την συμπεριφορά των μήλων *Delicious pilafa* όπου η μεταβολή της πυκνότητας εξαρτάται κυρίως από το ποσοστό απώλειας μάζας [11]. Αυτή η διαφορά συμπεριφοράς πρέπει κυρίως να αποδοθεί στην μεγάλη διαφορά του ρυθμού απώλειας μάζας δεδομένου ότι τα μήλα *Granny Smith* αφυδατώνονται με πολύ αργό ρυθμό σε σύγκριση με τα *Delicious pilafa* που αφυδατώνονται εντονότατα [1].

Οι σχέσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω μπορούν πρακτικά να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση του ποσοστού απώλειας μάζας μιας παρτίδας φρούτων εάν είναι γνωστές οι συνθήκες στις οποίες είχαν αποθηκευτεί τα φρούτα.

Μπορεί επίσης να εκτιμηθεί ο όγκος των μήλων (γνωρίζοντας τη μάζα) οποιαδήποτε στιγμή κατά τη συντήρηση τους χωρίς να είναι αναγκαίο να εμβαπτιστούν σε νερό. Τέτοιου είδους εκτίμηση είναι χρήσιμη κατά των υπολογισμό της αναπνοής των μήλων σε κλειστά συστήματα όπου βέβαια απαιτείται ο όγκος των φρούτων.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η πυκνότητα των φρούτων μειώνεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Στα αρχικά στάδια της αποθήκευσης ο ρυθμός μεταβολής είναι εντονότερος, ενώ στη συνέχεια μειώνεται. Δοκιμάστηκαν διάφορα απλά μοντέλα και προέκυψε ότι αυτό που παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές του R^2 είναι το μοντέλο της μορφής $y = a + b \cdot x^{-1/2}$.

Μετά από παλινδρομήσεις προέκυψαν σχέσεις που περιγράφουν την εξέλιξη της πυκνότητας στα μήλα *Granny Smith* τόσο σε σχέση με τον χρόνο αποθήκευσης όσο και με το βαθμό απώλειας μάζας. Η μεταβολή της πυκνότητας εξαρτάται πρωτίστως από τον χρόνο αποθήκευσης και δευτερευόντως από το ποσοστό απώλειας μάζας. Έτσι δημιουργήθηκαν σχέσεις που περιγράφουν την πυκνότητα σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης, ανεξάρτητα των συνθηκών αποθήκευσης. Τέτοια ενιαία περιγραφή δεν κατέστη δυνατή για την περιγραφή της εξέλιξης της πυκνότητας σε σχέση με τον βαθμό απώλειας μάζας. Σε αυτή την περίπτωση, οι σχέσεις που αναπτύχθηκαν αναφέρονται σε δυο διαφορετικές θερμοκρασιακές περιοχές, 0°C και 10–16°C αντίστοιχα.

Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία, συγκρίσεις με την εύκολα αφυδατούμενη ποικιλία *Delicious pilafa* δείχνουν ότι τα μήλα *Granny Smith* παρουσιάζουν διαφορές στη συμπεριφορά. Η μεταβολή πυκνότητας στα *Delicious pilafa* είναι πρακτικά σταθερή με το χρόνο αφού γραμμικές σχέσεις εκφράζουν ικανοποιητικά το φαινόμενο. Αντιθέτως

στα *Granny Smith* ο ρυθμός μεταβολής της πυκνότητας μειώνεται με το χρόνο. Η μεταβολή της πυκνότητας στα μήλα που μελετήθηκαν εξαρτάται κυρίως από το χρόνο αποθήκευσης σε αντίθεση με τα *Delicious pilafa* που εξαρτάται κυρίως από το βαθμό απώλειας μάζας.

Οι σχέσεις που αναπτύχθηκαν μπορούν πρακτικά να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση ή πρόβλεψη του ποσοστού απώλειας μάζας μιας παρτίδας φρούτων καθώς επίσης και του όγκου των φρούτων εάν είναι γνωστές οι συνθήκες στις οποίες είχαν αποθηκευτεί τα φρούτα.

Η επιβεβαίωση της παραπάνω συμπεριφοράς σε περισσότερες καλλιεργητικές περιόδους θα μπορούσε να οδηγήσει σε ασφαλέστερες συσχετίσεις οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σαν ένα βοηθητικό ποιοτικό κριτήριο κατά την αποθήκευση των μήλων *Granny Smith*.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μητρόπουλος, Δ. και Λαμπρινός, Γ., 2000. Αφυδάτωση μήλων ποικιλιών *Delicious Pilafa* και *Granny Smith* κατά την αποθήκευση, σελ. 433–440. *Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής*, Βόλος, 28–30 Σεπτ., 2000.
2. Baritelle, A. L. and Hyde, G. M., 2003. Specific gravity and cultivar effects on potato tuber impact sensitivity. *Postharvest Biology and Technology*, 29:279–286.
3. Wilson, J. H. and Lindsay, A. M., 1969. The relation between specific gravity and dry matter content of potato tubers. *American Potato Journal*, 46:323–328.
4. Hudson, D. E., 1975. The relationship of cell size, intercellular space, and specific gravity to bruise depth in potatoes. *American Potato Journal*, 52:9–14.
5. Wolfe, R. R., Chan, W.Y. and Cobianchi, A. P., 1974. Criteria for maturity separation of highbush blueberries. *Transactions of the ASAE*, 17(6):1117–1120.
6. Zaltzman, A., Verma, B. P. and Schmilovitch Z., 1987. Potential of quality sorting of fruits and vegetables using fluidized bed medium. *Transactions of the ASAE*, 30(3):823–831.
7. Cohen, A., 1972. Estimation of peel thickness and fruit shape from the specific gravity of grapefruits. *The Israeli Journal of Agricultural Research*, 22(3):161–169.
8. Jordan, B. R., Walton, F. E., Klages, U. K. and Seelye, J. R., 2000. Postharvest fruit density as an indicator of dry matter and ripened soluble solids of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 20:163–173.
9. Stermer, R.A., 1972. Automated x-ray inspection of grain for insect infestation. *Transactions of the ASAE*, 15(6):1081–1085.
10. Vincent, J. F. V., 1989. Relationship between density and stiffness of apple flesh. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 47:443–462.
11. Mitropoulos D. & Lambrinos G. 2007. Delicious pilafa apple density changes as a quality index of mass loss degradation during storage. *Journal of food quality*, 30 (in press).

(134)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΜΗΛΩΝ DELICIOUS PILAFA ΣΕ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΣ

Δ. Μητρόπουλος και Γ. Λαμπρινός

Γ.Π.Α., Τμήμα ΑΦΠ–ΓΜ, Ιερά οδός 75, 11855, Αθήνα. Τηλ.: 210 5294035
email: refrigenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή έγινε εκτίμηση της σχετικής αποτελεσματικότητας αποθήκευσης της όψιμης ποικιλίας μήλων *Delicious pilafa* σε αποθήκες που βρίσκονται στην περιοχή της Τρίπολης η οποία χαρακτηρίζεται από ψυχρό κλίμα. Ως ποιοτικά κριτήρια χρησιμοποιήθηκαν η απώλεια μάζας, η σκληρότητα και το χρώμα των φρούτων, οι δε συγκρίσεις έγιναν σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας 0 και 10 °C. Η αποτελεσματικότητα αποθήκευσης εξαρτάται από τη χρονιά (καιρικές συνθήκες, πρώτη ύλη). Στις αποθήκες επιτεύχθηκε ικανοποιητική συντήρηση για 6–8 εβδομάδες που αντιστοιχεί σε χρονική περίοδο πέντε μηνών σε θερμοκρασία 0 °C.

STORAGE EFFECTIVENESS OF DELICIOUS PILAFA APPLES IN TRADITIONAL WAREHOUSES.

D. Mitropoulos and G. Lambrinos

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

ABSTRACT

Apples of the late season *Delicious pilafa* variety were stored in traditional warehouses situated at Tripolis–Greece. The climate of the area is cold. The storage effectiveness was estimated using mass loss, texture and color changes as qualitative criteria. The reference conditions were controlled conditions storage rooms at 0 and 10 °C. Storage effectiveness, in the warehouses, is significantly affected by the harvest year (climate during storage, raw material). A satisfactory storage in the warehouses, for six to eight weeks, was achieved. This period corresponds to five months of storage at 0 °C.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αποθήκευση φρούτων και λαχανικών σε συνηθισμένες αποθήκες (χωρίς δυνατότητα ψύξης) έχει χρησιμοποιηθεί με σχετική επιτυχία στο παρελθόν, όταν οι ψυκτικές εγκαταστάσεις ήταν σπανιότερες.

Βασικές προϋποθέσεις για ικανοποιητική συντήρηση των προϊόντων είναι i) Η εποχή συλλογής των προϊόντων που θα αποθηκευτούν να είναι κατά το δυνατό όψιμη ώστε να επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες κατά την αποθήκευση ii) Τα προϊόντα να είναι ανθεκτικά στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και iii) Η θερμοκρασία να μην πέφτει σε τέτοιο επίπεδο ώστε να υπάρχει κίνδυνος να παγώσουν τα προϊόντα [1]. Επίσης ορισμένες κατασκευαστικές λεπτομέρειες (επιχωμάτωση, σύστημα εξαερισμού, προσθήκη υγρασίας) καθώς και κατάλληλη συσκευασία των φρούτων θα μπορούσαν να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα της αποθήκευσης [1], [2].

Το γεγονός ότι οι συνθήκες αποθήκευσης στο εσωτερικό των αποθηκών δεν ελέγχονται και δεν ρυθμίζονται στο επιθυμητό επίπεδο αλλά διαμορφώνονται ως αποτέλεσμα των εξωτερικών συνθηκών, κάνει τους παραγωγούς διστακτικούς στην αποθήκευση των μήλων σε τέτοιους χώρους. Επιπλέον, η εμπειρία δείχνει ότι η συντήρηση σε ψυκτικούς θαλάμους σταθερών συνθηκών έχει πολύ καλά αποτελέσματα για μια περίοδο συντήρησης που μπορεί να φτάσει αρκετούς μήνες για τα μήλα *'Delicious pilafa'* [3], [4], [5].

Παρόλα αυτά, κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις θα μπορούσε να είναι εφικτή η βραχυχρόνια αποθήκευση μήλων *'Delicious pilafa'* σε κοινές αποθήκες στην περιοχή παραγωγής τους γιατί: i) Η περιοχή είναι ημιορεινή. ii) Στην περιοχή υπάρχουν διάσπαρτες πολλές αποθήκες, σημαντικό ποσοστό των οποίων χρησιμοποιείται με επιτυχία για την αποθήκευση πατάτας για μεγάλο χρονικό διάστημα (μέχρι πέντε μήνες). iii) Η ποικιλία *'Delicious pilafa'* είναι όψιμη, συλλέγεται το τρίτο δεκαήμερο του Οκτωβρίου, και έτσι η αποθήκευση γίνεται σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες iv) Πολλοί παραγωγοί διαθέτουν τα φρούτα σε λαϊκές αγορές αρχίζοντας αμέσως μετά τη συλλογή. Έτσι η δυνατότητα συντήρησης έστω και για μερικές εβδομάδες θα είχε οικονομικό όφελος αφού συνήθως τα έξοδα συντήρησης στα επαγγελματικά ψυγεία καταβάλλονται ανεξάρτητα του χρόνου συντήρησης.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της αποθηκευτικής συμπεριφοράς κοινών –παραδοσιακών αποθηκών που βρίσκονται στην περιοχή της Τεγέας Αρκαδίας (ημιορεινή περιοχή παραγωγής των μήλων *'Delicious pilafa'*) και η διερεύνηση της δυνατότητας ικανοποιητικής αποθήκευσης μήλων σε αυτές ως μία συμπληρωματική διαδικασία στη συνήθη αποθήκευση σε ψυκτικές εγκαταστάσεις.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Χρησιμοποιήθηκαν μήλα ποικιλίας *Delicious pilafa*, τριών καλλιεργητικών περιόδων. Η συλλογή έγινε το τρίτο δεκαήμερο του Οκτωβρίου και τα μήλα αποθηκεύτηκαν σε δύο θαλάμους σταθερών συνθηκών 0 και 10°C καθώς και σε δύο παραδοσιακές αποθήκες οι οποίες βρίσκονται στην περιοχή Τεγέας χώρο παραγωγής των μήλων. Σε κάθε χώρο αποθήκευσης τοποθετήθηκαν είκοσι φρούτα για μη καταστροφικές μετρήσεις (βάρος, χρώμα) και εννέα δείγματα των δεκαπέντε φρούτων για καταστροφικές μετρήσεις (σκληρότητα).

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.

Στις αποθήκες είχε τοποθετηθεί απλό σύστημα αερισμού παροχής 10 φορές τον όγκο της αποθήκης ανά ώρα. Οι ανεμιστήρες ελέγχονταν με χρονοδιακόπτη ώστε να λειτουργούν μόνο τις νυχτερινές ώρες.

Η επιλογή των αποθηκών αυτών έγινε διότι οι δυο αυτοί τύποι είναι αφ' ενός διαδεδομένοι στην περιοχή και άρα αντιπροσωπευτικοί, αφ' ετέρου δε εκφράζουν δύο ακραία, από άποψη κατασκευής και συμπεριφοράς κτίρια.

Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία στο εσωτερικό κάθε αποθήκης καταγραφόταν σε τακτά χρονικά διαστήματα με την βοήθεια φορητών καταγραφικών συσκευών (Hobo 8E, Onset Computer Corporation, Bourne, USA).

Ως κριτήρια της αποτελεσματικότητας αποθήκευσης χρησιμοποιήθηκαν η απώλεια μάζας (ML), η σκληρότητα (F_s και F_p) και το χρώμα. Η απώλεια μάζας εκτιμήθηκε με διαδοχικές ατομικές ζυγίσεις των φρούτων του δείγματος των είκοσι μήλων με ηλεκτρονικό ζυγό ακρίβειας 0.02 g (FY 300, AND, Tokyo, Japan), μια ή δυο φορές την εβδομάδα. Το αποτέλεσμα εκφράστηκε ως % ποσοστό της αρχικής μάζας.

Παράλληλα με την μέτρηση της μάζας των φρούτων γινόταν και μέτρηση του χρώματος σε δύο προσημειωμένες αντιδιαμετρικές θέσεις στην ισημερινή περιοχή κάθε φρούτου. Για τη μέτρηση του χρώματος χρησιμοποιήθηκε χρωματόμετρο (Minolta CR 300) και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν στο χρωματομετρικό σύστημα $L^*a^*b^*$.

Η εκτίμηση της σκληρότητας των φρούτων γινόταν με μέτρηση της μέγιστης δύναμης που απαιτούνταν για να εισχωρήσει ένας καθετήρας διαμέτρου 11mm στην σάρκα των φρούτων σε βάθος 20mm. Σε κάθε φρούτο γίνονταν δύο δοκιμές σε δυο αντιδιαμετρικές θέσεις στην ισημερινή περιοχή. Στην μια δοκιμή είχε αφαιρεθεί η επιδερμίδα (F_p) ενώ στην άλλη όχι (F_s). Για τις δοκιμές χρησιμοποιήθηκε ένα σκληρόμετρο χειρός (FT 327, Effegi, Milan, Italy) το οποίο είχε τοποθετηθεί σε επιτραπέζια βάση για καλύτερο έλεγχο. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε N.

Για κάθε μέτρηση καθενός από τους παραπάνω ποιοτικούς παράγοντες, κατά τη διάρκεια αποθήκευσης, προσδιορίστηκαν μέσες τιμές και όρια εμπιστοσύνης ($\alpha=0.05$) και έτσι από όλες τις δυνατές συγκρίσεις προέκυψαν ζεύγη τιμών χρόνου αποθήκευσης σε αποθήκη (t_w) και σταθερές συνθήκες (t_{cc}) της μορφής (t_w , t_{cc}) όπου τα μήλα δεν παρουσίαζαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον συγκεκριμένο κάθε φορά παράγοντα. Οι γραμμικές σχέσεις της μορφής $t_w = a \cdot t_{cc}$ που περιγράφουν τη σχετική αποτελεσματικότητα προέκυψαν ύστερα από παλινδρόμηση. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της κλίσης a της παραπάνω σχέσης τόσο αποτελεσματικότερη είναι η αποθήκευση στην αντίστοιχη αποθήκη. Για τη στατιστική επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Stagraphics 4.0 και SPSS 8.0.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την καταγραφή θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας προκύπτει ότι κατά τον πρώτο μήνα αποθήκευσης η αποθήκη με τα λεπτά τοιχώματα (W1) παρουσίασε μικρότερη θερμοκρασία ενώ στη συνέχεια η κατάσταση αντιστράφηκε. Αντίστροφη είναι η εικόνα της σχετικής υγρασίας που εμφανίζεται αυξημένη στην αποθήκη W1 για το πρώτο περίπου δίμηνο αποθήκευσης. Η καταγραφή της μέσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας δείχνει ότι η αποθήκη W1 εμφάνισε ελαφρώς καλύτερα χαρακτηριστικά (μειωμένη θερμοκρασία και αυξημένη σχετική υγρασία) για την πρώτη κρίσιμη, λόγω υψηλής θερμοκρασίας, περίοδο αποθήκευσης.

Από την άλλη μεριά η αποθήκη W2 χαρακτηρίζεται από υψηλή θερμική αδράνεια που εκφράστηκε με πολύ μικρή ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας. Η μέση ημερήσια διακύμανση της αποθήκης W1 ήταν περίπου 3.3 φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της W2. Το 83% των ημερών αποθήκευσης στην αποθήκη W1 παρουσίασαν ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας μέχρι 5°C ενώ στην άλλη αποθήκη το 87% των

ημερών είχαν διακύμανση μικρότερη από 1.5°C. Από αυτή την άποψη η αποθήκη με τα τοιχώματα μεγάλου πάχους είχε καλύτερη θερμική συμπεριφορά.

Στους πίνακες 1 έως 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εκτίμησης της σχετικής αποτελεσματικότητας αποθήκευσης στις αποθήκες W1 και W2 συγκριτικά με θαλάμους σταθερών συνθηκών 0 και 10°C. Η επιλογή των θερμοκρασιών αναφοράς για τις συγκρίσεις έγινε έτσι γιατί η θερμοκρασία των 0°C είναι κατάλληλη για μακροχρόνια συντήρηση των μήλων και χρησιμοποιείται σε εμπορικές εφαρμογές [4], [2] ενώ η θερμοκρασία των 10°C προσεγγίζει την μέση θερμοκρασία των αποθηκών. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων συντήρησης σε αποθήκες με βάση τη θερμοκρασία συντήρησης των 0°C είναι περισσότερο σημαντική και έχει πρακτική σημασία γιατί συσχετίζει το αποτέλεσμα της συντήρησης μήλων σε αποθήκες με τις συνήθεις εμπορικές συνθήκες συντήρησης σε σταθερές συνθήκες ψυκτικού θαλάμου.

Πίνακας 1. Συσχέτιση χρόνων αποθήκευσης σε αποθήκη (t_w) και σταθερές συνθήκες (t_{cc}), που αντιστοιχούν σε ίδιες μέσες τιμές της απώλειας μάζας (ML), με γραμμική σχέση της μορφής $t_w = a t_{cc}$.

Καλλιεργητική περίοδος	Αποθήκη	Σταθερές συνθήκες (cc σε °C)	a	¹ CL(0.95)	R ²
1	W1	0	0.75	0.05	0.89
2	W1	0	0.39	0.03	0.84
3	W1	0	0.90	0.06	0.94
1	W2	0	0.73	0.05	0.93
2	W2	0	0.28	0.02	0.88
3	W2	0	0.74	0.07	0.82
1	W1	10	2.14	0.24	0.78
2	W1	10	1.33	0.14	0.85
3	W1	10	1.35	0.18	0.83
1	W2	10	2.13	0.23	0.80
2	W2	10	0.92	0.12	0.93
3	W2	10	1.11	0.20	0.75

¹ Όριο εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0.95

Από τις τιμές του πίνακα 1 προκύπτει ότι οι αποθήκες παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά μεταξύ τους όταν η σύγκριση γίνεται με τον θάλαμο των 0°C, με την αποθήκη W1 να υπερτερεί. Ανάλογα είναι και τα συμπεράσματα όταν γίνεται σύγκριση με το θάλαμο των 10°C μόνο που παρατηρείται τάση μείωσης των διαφορών μεταξύ των αποθηκών. Η αποτελεσματικότητα αποθήκευσης φαίνεται ότι μεταβάλλεται σημαντικά από χρονιά σε χρονιά. Αυτές οι διαφορές είναι εντονότερες όταν η σύγκριση γίνεται με το θάλαμο των 0°C γεγονός που πρέπει να οφείλεται στην έντονη ποιοτική καταπόνηση των φρούτων σε θερμοκρασία συντήρησης 10°C, που δεν επιτρέπει να φανούν μικρές διαφορές στην εξέλιξη στις αποθήκες.

Σε όλες τις περιπτώσεις, οι αποθήκες παρουσίασαν μια χειρότερη απόδοση από το θάλαμο των 0°C η οποία κυμάνθηκε από 28 έως 90%. Εντελώς διαφορετική ήταν η κατάσταση σε σχέση με τον θάλαμο των 10°C όπου η απόδοση των αποθηκών ήταν καλύτερη (εκτός μιας περίπτωσης), με ποσοστό απόδοσης από 92 έως 214%.

Από τα στοιχεία που αναφέρθηκαν προκύπτει ότι δεν είναι στατιστικά δυνατή (για επίπεδο σημαντικότητας 0.95) η συσχέτιση της αποτελεσματικότητας αποθήκευσης στις αποθήκες με αυτή σε σταθερές συνθήκες συντήρησης θερμοκρασίας 0°C κατά ενιαίο τρόπο ανεξάρτητα καλλιεργητικής περιόδου.

Πίνακας 2. Συσχέτιση χρόνων αποθήκευσης σε αποθήκη (t_w) και σταθερές συνθήκες (t_{cc}), που αντιστοιχούν σε ίδιες μέσες τιμές της σκληρότητας των φρούτων με επιδερμίδα (F_s), με γραμμική σχέση της μορφής $t_w = a \cdot t_{cc}$.

Καλλιεργητική περίοδος	Αποθήκη	Σταθερές συνθήκες (cc σε °C)	a	¹ CL(0.95)	R ²
1	W1	0	0.60	0.06	0.72
2	W1	0	0.37	0.05	0.69
3	W1	0	0.67	0.12	0.65
1	W2	0	0.53	0.07	0.71
2	W2	0	0.37	0.05	0.75
3	W2	0	0.70	0.10	0.76
1	W1	10	1.45	0.16	0.69
2	W1	10	1.20	0.16	0.74
3	W1	10	1.13	0.17	0.68
1	W2	10	1.17	0.16	0.71
2	W2	10	1.08	0.16	0.80
3	W2	10	1.27	0.17	0.76

¹ Όριο εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0.95

Η χρήση του ποιοτικού κριτηρίου της σκληρότητας με (F_s) ή χωρίς (F_p) επιδερμίδα οδηγεί σε σχεδόν ταυτόσημα συμπεράσματα όσον αφορά την αποτελεσματικότητα της συντήρησης των μήλων στις δυο αποθήκες (Πίνακες 2 και 3). Πιο συγκεκριμένα, δεν παρατηρούνται διαφορές ανάμεσα στις αποθήκες ενώ η αποτελεσματικότητα αποθήκευσης μεταβάλλεται με την καλλιεργητική περίοδο όταν η σύγκριση γίνεται με τον θάλαμο θερμοκρασίας 0°C. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που παρατηρούνται στις τιμές των πινάκων 2 και 3 δεν επιτρέπουν την έκφραση της αποτελεσματικότητας αποθήκευσης με μια ενιαία σχέση ανεξάρτητα αποθηκών και καλλιεργητικών περιόδων. Αυτό είναι στατιστικά δυνατό (για επίπεδο σημαντικότητας 0.95) μόνο στην περίπτωση που ως κριτήριο χρησιμοποιείται η σκληρότητα χωρίς σάρκα (F_p) με θερμοκρασία αναφοράς τους 10°C.

Η αποτελεσματικότητα της συντήρησης (κλίσεις a της σχέσης $t_w = a \cdot t_{cc}$) αναφορικά με τη θερμοκρασία συντήρησης 0°C που προκύπτει με τη χρήση του ποιοτικού κριτηρίου της σκληρότητας, είναι ανάλογη με αυτή που προέκυψε με βάση το βαθμό απώλειας μάζας.

Οι χρωματομετρικοί παράγοντες L και b* αποδείχθηκαν εντελώς ακατάλληλοι για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας συντήρησης (αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται). Ο χρωματομετρικός παράγοντας a* έδωσε καλύτερα αλλά πάντως όχι ικανοποιητικά αποτελέσματα αφού οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης στις σχέσεις παλινδρόμησης είναι μικρές. Με βάση τα πειραματικά στοιχεία φαίνεται ότι κανένας από τους χρωματομετρικούς παράγοντες L, a* και b* δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας αποθήκευσης των μήλων σε κοινές αποθήκες.

Πίνακας 3. Συσχέτιση χρόνων αποθήκευσης σε αποθήκη (t_w) και σταθερές συνθήκες (t_{cc}), που αντιστοιχούν σε ίδιες μέσες τιμές της σκληρότητας των φρούτων χωρίς επιδερμίδα (F_p), με γραμμική σχέση της μορφής $t_w = a \cdot t_{cc}$.

Καλλιεργητική περίοδος	Αποθήκη	Σταθερές συνθήκες (cc σε °C)	a	¹ CL(0.95)	R ²
1	W1	0	0.56	0.05	0.83
2	W1	0	0.37	0.06	0.68
3	W1	0	0.66	0.09	0.70
1	W2	0	0.52	0.05	0.88
2	W2	0	0.39	0.06	0.74
3	W2	0	0.70	0.10	0.70
1	W1	10	1.27	0.12	0.67
2	W1	10	1.10	0.16	0.69
3	W1	10	1.16	0.17	0.68
1	W2	10	1.14	0.11	0.65
2	W2	10	1.20	0.16	0.74
3	W2	10	1.34	0.20	0.69

¹ Όριο εμπιστοσύνης για επίπεδο σημαντικότητας 0.95

Η διαφοροποίηση της αποτελεσματικότητας αποθήκευσης ανάλογα με την καλλιεργητική περίοδο που διακρίνεται ανεξάρτητα του ποιοτικού κριτηρίου σύγκρισης (ML, F_s , F_p) πρέπει να οφείλεται τόσο στα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης κατά τη συλλογή όσο και στις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες κατά την περίοδο αποθήκευσης [6], [7], [8], [9], [10], [11]. Η προσπάθεια ποσοτικοποίησης αυτών των επιδράσεων μέσω πολλαπλής παλινδρόμησης δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Σε αυτές τις αναλύσεις ως χαρακτηριστικά ποιότητας της πρώτης ύλης κατά τη συλλογή χρησιμοποιήθηκαν η σκληρότητα (F_s και F_p), τα ολικά διαλυτά στερεά (SSC) και το ποσοστό αμύλου, ενώ ως χαρακτηριστικά των συνθηκών αποθήκευσης χρησιμοποιήθηκαν τα ολοκληρώματα θερμοκρασίας – χρόνου (TTI) και ελλείμματος υγρασίας – χρόνου (WVPDI).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των πινάκων 1 έως 3 στη δυσμενέστερη (2^η) από τις περιόδους που μελετήθηκαν, τα μήλα που συντηρήθηκαν στην αποθήκη W1 μετά από περίπου 8 βδομάδες αποθήκευσης παρουσίαζαν την ίδια κατάσταση με μήλα που συντηρήθηκαν για πέντε μήνες σε θερμοκρασία 0°C. Τα μήλα που συντηρήθηκαν στην αποθήκη W2 παρουσίασαν τα ίδια αποτελέσματα σε έξι εβδομάδες από άποψη αφυδάτωσης και σε οκτώ με βάση τη σκληρότητα.

Από τα κλιματικά στοιχεία των αποθηκών προκύπτει ότι η 3^η καλλιεργητική περίοδος παρουσιάζει αυξημένο ολοκλήρωμα ελλείμματος υγρασίας – χρόνου σε σχέση με τις υπόλοιπες περιόδους. Έτσι η αυξημένη αφυδάτωση μπορεί να αποδοθεί σ' αυτό τον παράγοντα. Ο αυξημένος ρυθμός απώλειας σκληρότητας πρέπει να σχετίζεται και με τον έντονο ρυθμό αφυδάτωσης [12].

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την εκτίμηση της σχετικής αποτελεσματικότητας αποθήκευσης των μήλων *Delicious pilafa* σε δύο παραδοσιακές αποθήκες χρησιμοποιήθηκαν ως ποιοτικά κριτήρια το ποσοστό απώλειας μάζας, η σκληρότητα των φρούτων (με και χωρίς επιδερμίδα) και το χρώμα. Οι συγκρίσεις έγιναν τόσο με θάλαμο σταθερών συνθηκών σε εμπορική θερμοκρασία συντήρησης 0 °C όσο και με θάλαμο θερμοκρασίας 10 °C. Το χρώμα αποδείχθηκε ακατάλληλο ποιοτικό κριτήριο για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας αποθήκευσης.

Προέκυψαν σχέσεις που συνδέουν την αποτελεσματικότητα αποθήκευσης στις δύο αποθήκες με τους θαλάμους σταθερών συνθηκών λαμβάνοντας υπόψη ως ποιοτικό κριτήριο την απώλεια μάζας ή τη σκληρότητα. Η αποτελεσματικότητα αποθήκευσης στις δυο αποθήκες κυμάνθηκε από 28 έως 90% σε σχέση με τις συνήθεις εμπορικές συνθήκες συντήρησης, με τη πρώτη αποθήκη (λεπτά τοιχώματα) να έχει καλύτερα αποτελέσματα.

Η χρήση της σκληρότητας ως ποιοτικού κριτηρίου εκτίμησης της σχετικής αποτελεσματικότητας αποθήκευσης έδωσε παρόμοια αποτελέσματα με κύρια διαφορά ότι οι δύο αποθήκες εμφανίζουν την ίδια αποτελεσματικότητα αποθήκευσης. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση δεν ήταν δυνατό να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα αποθήκευσης με μια ενιαία σχέση ανεξάρτητα καλλιεργητικής περιόδου.

Παρά το γεγονός ότι οι σχέσεις που εκτιμούν την αποτελεσματικότητα αποθήκευσης με βάση την απώλεια μάζας χαρακτηρίζονται από ικανοποιητικές τιμές του συντελεστή συσχέτισης, δεν ήταν στατιστικά δυνατό να δημιουργηθεί μια σχέση που να καλύπτει όλες τις περιόδους συντήρησης.

Οι διαφορές μεταξύ των καλλιεργητικών περιόδων πιθανό να οφείλονται σε κλιματικές διαφορές κατά την περίοδο συντήρησης ή σε διαφορές της πρώτης ύλης. Με τα υπάρχοντα πάντως στοιχεία δεν κατέστη δυνατό να ποσοτικοποιηθεί η επίδραση των παραπάνω παραγόντων.

Στην πιο αντίξοη από τις καλλιεργητικές περιόδους που εξετάστηκαν επιτεύχθηκε ικανοποιητική συντήρηση για οκτώ εβδομάδες στην πρώτη αποθήκη και για έξι στην δεύτερη. Αυτές οι περίοδοι που αντιστοιχούν σε πέντε μήνες εμπορικής αποθήκευσης σε θερμοκρασία 0°C. Πρέπει να τονιστεί ότι δεν ελήφθησαν μέτρα αύξησης της υγρασίας του χώρου αποθήκευσης που ενδεχομένως θα μπορούσαν να μειώσουν τις δυσμενείς επιπτώσεις του ελλείμματος υγρασίας που αποδεικνύεται ο κυρίαρχος παράγοντας περιορισμού του χρόνου αποθήκευσης. Σε κάθε πάντως περίπτωση μπορεί βάσιμα να υποστηριχθεί ότι είναι εφικτή η αποθήκευση για 6–8 εβδομάδες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. United States Department of Agriculture, 1966. Storing vegetables and fruits in basements, cellars, outbuildings and pits. *U.S.D.A. Buletin* No 119.
2. Σφακιωτάκης Ε., 2004. Μετασυλλεκτική Φυσιολογία και Τεχνολογία Νωπών Οπωροκηπευτικών Προϊόντων. Τυρομαν. Θεσσαλονίκη.
3. Lambrinos G., Assimaki H., Manolopoulou H. and Vlahou A., 1993. Response of 'Pilafa Delicious' apples to modified atmospheres. *Acta Horticulturae*. 379:375–382.
4. Λαμπρινός Γ. και Μανωλοπούλου Ε., 1995. Αφυδάτωση των μήλων κατά την αποθήκευση με έμφαση στα μήλα 'Delicious pilafa'. *Πρακτικά 5^{ου} πανελλήνιου Συνεδρίου Τροφίμων*. Σελ. 322–328. Αθήνα.
5. Lambrinos G., Manolopoulou H. and Mitropoulos D., 2000. Conservation des pommes Pilafa Delicious dans l'air periodiquement enrichi en gaz carbonique

- (choes CO₂). In: F.Artés et al. 'Improving postharvest technologies of fruits, vegetables and ornamentals'. Vol. II, IIR Edition pp.787–792.
6. Drake S. R. and A. T. Eisele, 1994. Influence of harvest date and controlled atmosphere storage delay on the color and quality of 'Delicious' apples stored in a purge-type controlled-atmosphere environment. *Horttechnology*. 4(3):260–263.
 7. Dris R., 1999. Variation in the storage life of Lobo, Aroma, Red Atlas and Raike apples during three years. *Acta Horticulturae*. 485:133–139.
 8. Patterson M. E. and Nichols W. C., 1988. Internet address: <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/pgDisplay.php?article=N6I2B>. Harvest Maturity and Storage of Granny Smith Apples For Late CA and Uniform Market Quality.
 9. Stow J., 1986. Effects of rate of establishment of storage conditions and ethylene removal on the storage performance of 'Cox's Orange Pippin' apples. *Scientia Horticulturae*. 28(4):369–378.
 10. Tijskens L. M. M., Konopacki P and M. Simcic, 2003. Biological variance, burden or benefit. *Postharvest Biology and Technology*. 27:15–25.
 11. Wilkinson B. G., 1965. Some effects of storage under different conditions of humidity on the physical properties of apples. *Journal of the American Society for Horticultural science*. 40:58–65.
 12. Mitropoulos D. and Lambrinos G., 2005. Changes in firmness of apples affected by moisture loss during storage. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 80(4):421–426.

(135)

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΑΣΥΣΚΕΥΑΣΤΩΝ ΟΠΩΡΟΛΑΧΑΝΙΚΩΝ

Γ. Ξανθόπουλος, Γρ. Λαμπρινός, Δ. Μητρόπουλος, Ε. Χατζής

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων
& Γεωργικής Μηχανικής, Ιερά Οδός 75, Τ.Κ. 11855,
Τηλ. 210 529 4031, Fax. 210 529 4032, e-mail: refrigenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά την κατάψυξη ασυσκευαστών κυρίως τροφίμων λαμβάνει χώρα αφυδάτωση αυτών που οδηγεί σε ποιοτική υποβάθμιση. Η συσκευασία μπορεί να μειώσει την απώλεια μάζας (αφυδάτωση) κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις. Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν στατιστικά οι παράγοντες που επηρεάζουν την απώλεια μάζας του ασυσκευαστού αγγουριού. Στη συνέχεια αναπτύχθηκε μία τροποποιημένη μορφή του νόμου της διάχυσης *Fick* για την πρόβλεψη αυτής με μεγάλη ακρίβεια.

PREDICTION OF MASS LOSS DURING FREEZING OF UNPACKAGED FOODS

G. Xanthopoulos, Gr. Lambrinos, D. Mitropoulos, E. Chatzis

Agricultural University of Athens, Department of Natural Resources Management &
Agricultural Engineering, 75 Iera Odos., 118 55, Tel. 210 529 4029, Fax. 210 529 4032,
e-mail: refrigenergy@aua.gr

ABSTRACT

Mass loss is taking place during freezing of unpackaged mainly foods. This phenomenon causes quality degradation of the produce. Use of packaging can reduce the mass losses under certain conditions. In this research the parameters that affect mass loss of unpackaged cucumber were identified and statistically analysed. Finally a modified form of *Fick's* law of diffusion was developed to estimate mass loss during freezing. This relation was proved accurate in mass loss prediction.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατάψυξη τροφίμων είναι μία ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος συντήρησης. Η εφαρμογή σύγχρονων τεχνικών στην κατάψυξη των τροφίμων έχει ως αποτέλεσμα τη συντήρησή τους για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε προσιτό κόστος και ταυτόχρονη διατήρηση σε μεγάλο ποσοστό των αρχικών τους ιδιοτήτων. Ένα επίσης μεγάλο πλεονέκτημα της κατάψυξης είναι ότι η εφαρμογή της αποτρέπει τη χρήση χημικών συντηρητικών ενώ η απώλεια των θρεπτικών συστατικών είναι ελάχιστη τόσο κατά την κατάψυξη όσο και τη συντήρηση των προϊόντων.

Ένα μεγάλο ποσοστό των τροφίμων καταψύχεται και αρκετές φορές αποθηκεύεται ασυσκεύαστο, σε ακατάλληλη συσκευασία ή σε ακατάλληλες συνθήκες. Σε αυτές τις περιπτώσεις σημειώνεται απώλεια μάζας (αφυδάτωση) λόγω της επίδρασης του ψύχοντα αέρα. Το έλλειμμα στην πίεση των υδρατμών μεταξύ της επιφάνειας του τροφίμου και του ψύχοντα αέρα είναι η κινητήρια δύναμη που οδηγεί στην αφυδάτωση του τροφίμου.

Και στις δύο περιπτώσεις (κατάψυξη και συντήρηση) ο σχηματισμένος επιφανειακός πάχος εξαχνώνεται δημιουργώντας μία πορώδη στρώση, της οποίας το πάχος αυξάνει με την πάροδο του χρόνου. Αυτό το φαινόμενο οδηγεί όχι μόνο σε ποσοτικές απώλειες (αφυδάτωση) αλλά και σε ποιοτική υποβάθμιση που χαρακτηρίζεται από οπτική υποβάθμιση, απώλεια γεύσης, υφής και χρώματος [1,2] και πρόσληψη ξένων οσμών.

Είναι φανερό ότι αν δεν υπάρχει κατάλληλος έλεγχος της ψυκτικής αλυσίδας, τότε η επιφανειακή αφυδάτωση οδηγεί σε σοβαρές ποιοτικές και οικονομικές απώλειες. Επομένως η πρόβλεψη και ο έλεγχος του φαινομένου έχει μεγάλο πρακτικό ενδιαφέρον [3]. Γι' αυτό είναι αναγκαία η μελέτη και προτυποποίηση της επίδρασης των συνθηκών κατάψυξης και των χαρακτηριστικών των προϊόντων στο φαινόμενο της αφυδάτωσης.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση έδειξε ότι υπάρχουν κάποιες μελέτες στην αφυδάτωση καταψυχόμενων δειγμάτων πατάτας [4], τυλόξης, πάγου [5] και κρέατος [6]. Μελέτες πάνω στο συγκεκριμένο φυτικό δείγμα δεν υπάρχουν.

Σκοπός της μελέτης αυτής είναι η ταυτοποίηση και στατιστική ανάλυση των παραγόντων που συντελούν στην αφυδάτωση του καταψυχόμενου αγγουριού με φλούδα καθώς και η ανάπτυξη ενός απλουστευμένου μοντέλου πρόβλεψης της αφυδάτωσης βασιζόμενο στα χαρακτηριστικά του προϊόντος και στις συνθήκες (θερμοκρασία και ταχύτητα) του ψύχοντος μέσου.

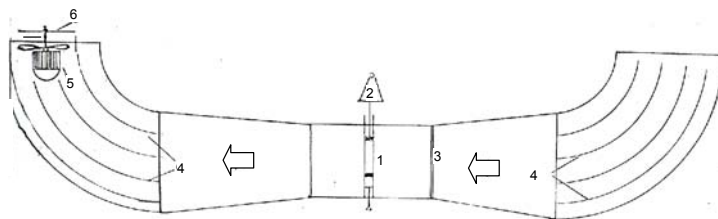
1. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματική εγκατάσταση

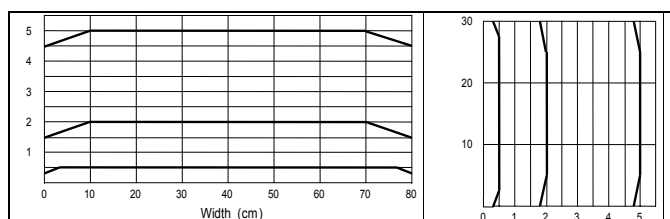
Η πειραματική εγκατάσταση έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί στο «Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας» του Γ.Π.Α. Αποτελείται από έναν αγωγό τετραγωνικής διατομής μήκους 5 m εντός του οποίου ανακυκλώνεται ο αέρας του ψυκτικού θαλάμου. Ο αγωγός (Σχήμα 1) διακρίνεται σε πέντε μέρη στο κέντρο του οποίου βρίσκεται ο θάλαμος δοκιμών (30×80 cm²).

Ο ψυχρός αέρας εντός του αγωγού κινείται από έναν ανεμιστήρα αξονικής ροής τοποθετημένο στην έξοδο του αγωγού. Το πεδίο των ταχυτήτων ομογενοποιείται από μία σειρά πτερυγίων τοποθετημένων ομοκεντρικά στο εσωτερικό των ακραίων κάμψεων του αγωγού. Για τον ίδιο σκοπό είναι τοποθετημένος πριν το θάλαμο δοκιμών, ένας συγκλίνων αγωγός ο οποίος φέρει ένα κυψελοειδές πλέγμα όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.

Το προφίλ των ταχυτήτων του αέρα που επιτεύχθηκε με αυτήν την διάταξη παρουσιάζεται στο Σχήμα 2. Ένα καταγραφικό σύστημα χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των θερμοκρασιών του θαλάμου και του καταψυχόμενου δείγματος στην επιφάνεια και το κέντρο του από θερμοζεύγη.



Σχήμα 1. Πειραματική εγκατάσταση [1. δείγμα; 2. ζυγός; 3. πλέγμα ομογενοποίησης της ροής του αέρα; 4. πτέρυγες; 5. ανεμιστήρας; 6. ρυθμιστής της ροής του αέρα]



Σχήμα 2. Προφίλ ταχυτήτων εντός του θαλάμου δοκιμών.

Η υγρασία του ψυκτικού θαλάμου καταγραφόταν από ένα ηλεκτρονικό υγρόμετρο. Μια μικρής παροχής φυγοκεντρική αεραντλία αντλούσε σε τακτά χρονικά διαστήματα δείγματα από το θάλαμο και μέσω ενός σωλήνα 3 m τα οδηγούσε στο υγρόμετρο σημείου δρόσου. Ο σωλήνας εξωτερικά θερμαινόταν από ηλεκτρική αντίσταση ώστε τα δείγματα στο υγρόμετρο να έχουν θερμοκρασία κοντά στους 15–20 °C.

Η ταχύτητα του αέρα ρυθμιζόταν ηλεκτρονικά με τη βοήθεια ποτενσιόμετρου και ενός ρυθμιστή ροής αέρα (damper) τοποθετημένου στην κατάθλιψη του ανεμιστήρα και μετριοίταν με ένα ψηφιακό ανεμόμετρο μυλίσκου τοποθετημένου στο εσωτερικό του αγωγού δοκιμών για την καταγραφή μετρήσεων σε χαμηλές θερμοκρασίες καθώς και με ένα ανεμόμετρο θερμαινόμενου νήματος τύπου CLIMATHERM με ακρίβεια ± 0.044 m/s και διακριτική ικανότητα 0.01 m/s.

Η ζύγιση των δειγμάτων πραγματοποιείτο με ηλεκτρονικό ζυγό του οποίου το ηλεκτρονικό μέρος ήταν τοποθετημένο εκτός του θαλάμου κατάψυξης για αποφυγή δυσλειτουργίας λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών, ενώ το ζυγιστικό κύτταρο (μηχανικού τύπου) ήταν τοποθετημένο πάνω στο θάλαμο δοκιμών. Η ακρίβεια του ζυγού ήταν ± 0.02 g, η διακριτική του ικανότητα ήταν 0.01 g και η μέγιστη ικανότητά του 400 g.

2.2 Πειραματική διαδικασία

Σε όλα τα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν συγχρόνως δύο δείγματα αγγουριού (*Cucumis sativus*, *Cucurbitaceae*) με φλούδα. Το ύψος των δειγμάτων ήταν 15 cm ενώ η διάμετρος τους 40 mm. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε κυλινδρικά δείγματα αγγουριού. Αυτή η επιλογή βασίστηκε στην επιθυμία για μελέτη του βιολογικού υλικού ως έχει σε πρώτη φάση, ώστε αργότερα με πειράματα σε κύβους ή δίσκους να είναι δυνατή η σύγκριση και εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν στην επίδραση της γεωμετρίας και του πορώδους, όπως αυτό διαμορφώνεται από τη σόρευση του τεμαχισμένου αγγουριού, στα φαινόμενα μεταφοράς θερμότητας και μάζας.

Για να διασφαλιστεί ότι η μεταφορά θερμότητας και μάζας στα δείγματα ήταν ακτινική (μονοδιάστατη), δύο λαστιχένιοι κύλινδροι προσαρμόστηκαν στα άκρα των δειγμάτων αφού πρώτα οι άκρες τους είχαν κοπεί. Σε αυτά τοποθετήθηκαν κατά την αξονική διεύθυνση νήματα τα οποία αφενός μεν συνέδεαν τους δύο δίσκους, αφετέρου

χρησίμευαν για την ανάρτηση του δείγματος στο ζυγό. Το ένα δείγμα χρησιμοποιήθηκε στη ζύγιση, ενώ στο άλλο προσαρμόστηκαν δύο θερμοζεύγη, ένα υποδερμικά και ένα στο κέντρο του για την καταγραφή των θερμοκρασιακών μεταβολών τους. Τα θερμοζεύγη που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τύπου K, με ακρίβεια ± 1.0 °C και διακριτική ικανότητα 0.1 °C. Τα δείγματα αναρτήθηκαν σε αποστάσεις 20 cm και 30 cm από τα πλευρικά τοιχώματα του αγωγού και 5 cm από την οροφή του αγωγού. Επειδή το βάρος των θερμοζευγών θα μπορούσε να μεταβάλλει αυτό των δειγμάτων για αυτό χρησιμοποιήθηκαν δύο δείγματα. Οι μετρήσεις (θερμοκρασίας, βάρους) επαναλαμβάνονταν σε τακτά χρονικά διαστήματα των 2–3 min. Για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος κατά τη ζύγιση εξαιτίας των δονήσεων από το ρεύμα αέρα, λαμβάνονταν πολλές μετρήσεις εντός 10 s και στο τέλος καταγραφόταν ο μέσος όρος αυτών. Στις υψηλές ταχύτητες, πριν κάθε ζύγιση διακόπτονταν η λειτουργία του ανεμιστήρα. Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του θαλάμου μετριόταν από ένα θερμοϋγρόμετρο τύπου AHLBORN MESS (TERM 228–1) υγρού–ξηρού θερμομέτρου ακρίβειας ± 2.0 % και διακριτικής ικανότητας 0.5%. Η απόλυτη υγρασία του θαλάμου κατά τη διάρκεια των πειραμάτων παρέμεινε σταθερή. Αυτό επιτεύχθηκε ελαχιστοποιώντας τη χρήση της πόρτας του ψυκτικού θαλάμου αφού όλες οι μετρήσεις γίνονταν αυτόματα, ακόμα και αυτές των ζυγίσεων, χωρίς την ανάγκη εισόδου εντός του ψυκτικού θαλάμου έως το πέρας του πειράματος.

Τα πειράματα τερματίζονταν όταν η θερμοκρασία της επιδερμίδας των δειγμάτων εξισωνόταν με αυτήν του θαλάμου. Η τελευταία ελεγχόταν από έναν θερμοστάτη ο οποίος είχε ανοχή ± 2 °C. Τα πειράματα κατάψυξης πραγματοποιήθηκαν σε τρεις θερμοκρασίες (-10, -18, -25) °C και πέντε ταχύτητες αέρα. (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 5.0) m/s.

Τα πειραματικά δεδομένα συγκεντρώνονταν από ένα καταγραφικό σύστημα τύπου CR10X (Campbell Scientific Ltd.) σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα και καταχωρούνταν σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή.

2.3 Ανάλυση των πειραματικών δεδομένων

Η μη γραμμική παλινδρόμηση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της μεθόδου *Levenberg–Marquardt* [7, 8]. Η συγκεκριμένη μέθοδος συνδυάζει τον αλγόριθμο της πιο απότομης καθόδου (*steepest-descent algorithm*) με μία στατιστική μέθοδο βασισμένη στις σειρές *Taylor* για την τελική απόκτηση ενός γρήγορα συγκλίνοντα και αξιόπιστου αλγόριθμου για μη γραμμική βελτιστοποίηση. Εφόσον η πρώτη μέθοδος λειτουργεί καλύτερα μακριά από το ελάχιστο, ενώ η δεύτερη κοντά σε αυτό, ο αλγόριθμος *Levenberg–Marquardt* επιτρέπει την ομαλή μετάβαση μεταξύ των δύο αυτών μεθόδων με την εξέλιξη της μεθόδου.

Το μοντέλο που προέκυψε από την παλινδρόμηση επιλέχτηκε βάσει των στατιστικών παραμέτρων R_{adj}^2 και SEE. Οι υπόλοιπες στατικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν από το στατιστικό πακέτο Statgraphics Plus 5.1 [9].

2.4 Θερμοδυναμικές ιδιότητες των υδρατμών στον κορεσμό

Το έλλειμμα πίεσης υδρατμών υπολογίστηκε από την Εξίσωση 1. Η πίεση κορεσμού ορίζεται για το θερμοκρασιακό εύρος -100 °C έως 0 °C από την Εξίσωση 2, και για θερμοκρασιακό εύρος 0 °C έως 200 °C από την Εξίσωση 3 [10].

$$\Delta P = P_s^{surf} - P_v^{air} = P_s^{surf} \times \left(1 - \frac{65}{100}\right) \quad (1)$$

$$P_s = \exp\left(\frac{-5674.5359}{T} + 6.3925247 - 0.009677843 \cdot T + 0.62215701 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 + 0.20747825 \cdot 10^{-8} \cdot T^3 - 0.9484024 \cdot 10^{-12} \cdot T^4 + 4.1635019 \cdot \ln(T)\right) \quad (2)$$

$$P_s = \exp\left(\frac{-5800.2206}{T} + 1.3914993 - 0.048640239 \cdot T + 0.41764768 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 - 0.14452093 \cdot 10^{-7} \cdot T^3 + 6.5459673 \cdot \ln(T)\right) \quad (3)$$

όπου, T είναι η θερμοκρασία του ψύχοντα αέρα (K).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

3.1 Μελέτη της απώλειας μάζας (αφυδάτωση) κατά την κατάψυξη

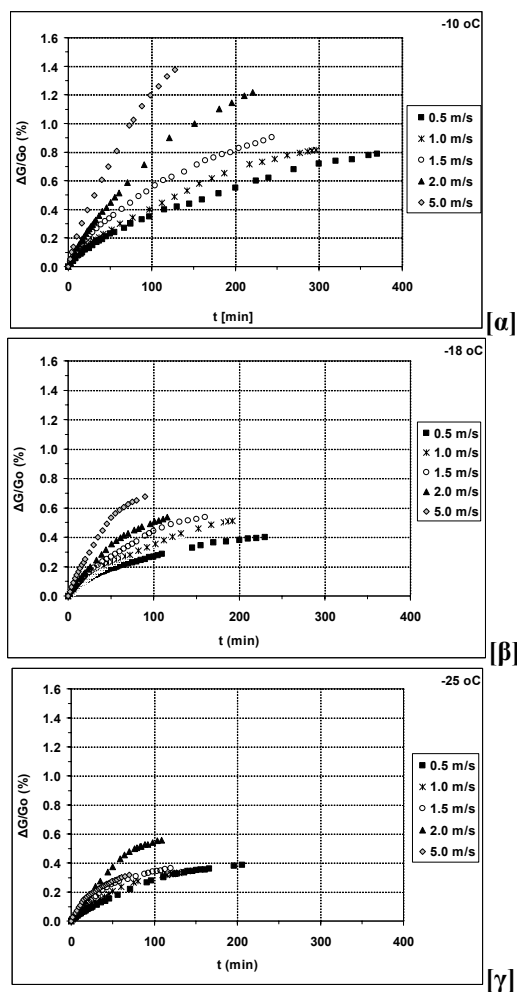
Η απώλεια μάζας κατά την κατάψυξη ασυσκεύαστων τροφίμων με ρεύμα αέρα μπορεί να περιοριστεί τόσο περισσότερο όσο πιο ταχεία είναι η κατάψυξη. Για ασυσκεύαστα προϊόντα, οι απώλειες μάζας κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 1 και 2 % ή και περισσότερο αναλόγως των συνθηκών [11]. Όσο ψυχρότερος είναι ο ψύχων αέρας τόσο λιγότερη υγρασία μπορεί να κατακρατήσει πριν καταστεί κορεσμένος.

Η τάση ατμών του ψύχοντα αέρα για τις τρεις θερμοκρασίες (-10, -18, -25) °C ήταν 0.169 kPa, 0.081 kPa και 0.041 kPa αντίστοιχα, και σε όλες τις περιπτώσεις πολύ μικρότερη της τάσεως ατμών του τριπλού σημείου (0.0099 °C, 0.61 kPa) [12]. Σύμφωνα με το διάγραμμα ($P - T$) του νερού, και στις τρεις θερμοκρασίες ο ψύχων αέρας βρισκόταν εντός της περιοχής της αέριας φάσης και κάτω από το τριπλό σημείο. Σε αυτές τις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης ατμών σύμφωνα με τον Roos [12] παρατηρείται απευθείας μετατροπή του διαμορφούμενου πάγου σε ατμό (εξάχνωση) κάτι το οποίο επιδιώκεται σε τεχνικές αφυδάτωσης με κατάψυξη (freeze-drying).

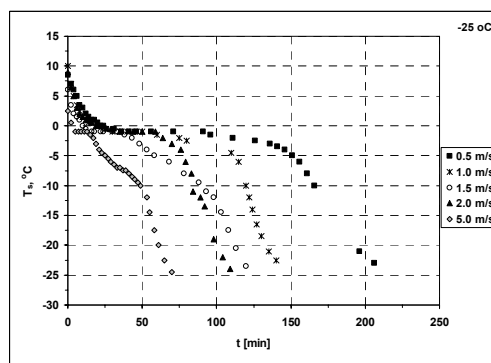
Η απώλεια μάζας κατά την κατάψυξη επηρεάζεται από τρεις παράγοντες, τη θερμοκρασία, την ταχύτητα του ψύχοντα αέρα και την απόλυτη υγρασία του. Επειδή η τελευταία διατηρήθηκε σταθερή σε όλες τις περιπτώσεις, μόνο οι δύο άλλοι παράγοντες μελετήθηκαν για την επίδρασή τους στην απώλεια μάζας. Στα Σχήματα 3.α-γ φαίνεται η επίδραση της ταχύτητας και της θερμοκρασίας του αέρα στην αδιάστατη απώλεια μάζας ($G_o - G_i$)/ G_o (%). Από τη μελέτη αυτών παρατηρήθηκε ότι για τις θερμοκρασίες ψύχοντα αέρα -10 °C και -18 °C, η απώλεια μάζας για ταχύτητα αέρα 5.0 m/s ήταν 180% αυτής για ταχύτητα 0.5 m/s. Αυτή η συσχέτιση δεν ισχύει στους -25 °C (Σχήμα 3.γ) όπου η απώλεια μάζας για ταχύτητα αέρα 5.0 m/s ήταν 80% αυτής για ταχύτητα 0.5 m/s.

Αυτή η ασυμφωνία μπορεί να εξηγηθεί παρατηρώντας το Σχήμα 4, όπου η θερμοκρασία της επιφανείας του δείγματος διέρχεται από τη ζώνη κρυσταλλοποίησης [-0.5 °C με -5 °C] [11] ταχύτατα με συνέπεια ο επιφανειακός πάγος που δημιουργείται να αποτρέπει την απώλεια μάζας σε αντίθεση με τις άλλες ταχύτητες όπου η διάρκεια κρυσταλλοποίησης είναι σαφώς μεγαλύτερη. Για να υπάρξει ένα μέτρο σύγκρισης αυτής της ταχύτατης διόδου, για μεν την ταχύτητα 5 m/s ήταν ~25 min ενώ για ταχύτητα 0.5 m/s ήταν 5 φορές μεγαλύτερη ~125 min.

Η πολυπαραγοντική ανάλυση της διασποράς (ANOVA) έδειξε ότι και οι δύο παράγοντες, θερμοκρασία, T_a και ταχύτητα, V_a του ψύχοντα αέρα είχαν στατιστικά σημαντική ($p=0.05$) επίδραση στην αδιάστατη απώλεια μάζας του προϊόντος. Η μέθοδος πολλαπλών συγκρίσεων (*Duncan test*) ($p=0.05$) διέκρινε τις πέντε ταχύτητες σε δύο ομάδες (0.5, 1.0, 1.5) m/s και (2, 5) m/s στις οποίες δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ταχυτήτων της ίδιας ομάδας.



Σχήμα 3. Μεταβολή της απώλειας μάζας (%) με το χρόνο για τις ταχύτητες και θερμοκρασίες του ψύχοντα αέρα; [α] -10 °C, [β] -18 °C, [γ] -25 °C



Σχήμα 4. Μεταβολή της θερμοκρασίας επιφανείας του δείγματος για διάφορες ταχύτητες του ψύχοντα αέρα και θερμοκρασία κατάψυξης -25 °C.

Η εφαρμογή της ίδιας ανάλυσης στις θερμοκρασίες κατάψυξης, έδειξε ότι οι -25 °C και -18 °C είχαν μη σημαντική στατιστική διαφορά όσον αφορά την απώλεια μάζας.

3.2 Μοντέλο πρόβλεψης της απώλειας μάζας

Η μεταφορά μάζας από το καταψυχόμενο δείγμα προσεγγίστηκε με το νόμο της διάχυσης του *Fick*. Έτσι η πυκνότητα ροής των υδρατμών από την επιφάνεια του προϊόντος μέσω του οριακού στρώματος προς τον ψύχοντα αέρα, περιγράφεται από την Εξίσωση 3.1.

$$i_m = \frac{D_{va}}{R_v \cdot T_f} \cdot \frac{\Delta P_v}{\delta_d} \quad (3.1)$$

όπου, i_m η πυκνότητα ροής υδρατμών [$\text{kg/m}^2 \text{ s}$], D_{va} ο συντελεστής διάχυσης των υδρατμών στον αέρα [m^2/s], R_v η σταθερά των υδρατμών ίση με 461.52 [J/kg K], T_f η μέση θερμοκρασία του οριακού στρώματος [K], ΔP_v το έλλειμμα πίεσης υδρατμών [kPa] και δ_d το μέσο πάχος του οριακού διαχυτικού στρώματος (m) που δίνεται από την Εξίσωση 3.2 ($R_{adj}^2=92.65\%$ και $SEE=0.183$).

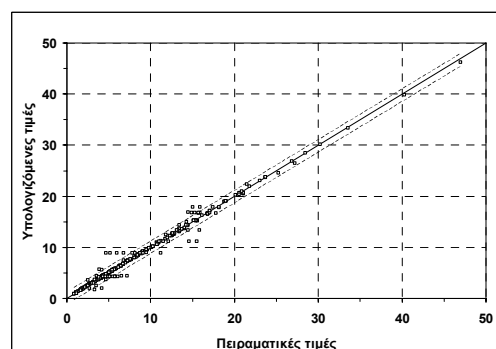
$$\bar{\delta}_d = \left[2.075 - 1.616 \cdot \exp\left(-4.138 \cdot 10^7 \cdot \text{Re}^{-2.169}\right) \right] \cdot 10^{-2} \quad (3.2)$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές των επιμέρους παραμέτρων στην Εξίσωση 3.1 υπολογίστηκαν οι τιμές του i_m για τις διάφορες πειραματικές περιπτώσεις. Η στατιστική ανάλυση της Εξίσωσης 3.1 ως προς τις πειραματικές τιμές i_m έδωσαν για το εύρος των πειραματικών συνθηκών μία ικανοποιητική συσχέτιση η οποία μεταφράζεται σε $R_{adj}^2=82.09\%$ και $\text{RMSE}=28.24\%$.

Για την βελτίωση της πρόβλεψης της πυκνότητας ροής των υδρατμών, πραγματοποιήθηκε ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) της i_m ως προς μία σειρά πειραματικών μεταβλητών (ανεξάρτητες). Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε η Εξίσωση (3.3) οποία ουσιαστικά είναι μία τροποποίηση της Εξίσωσης 3.1.

$$i_m = \left(0.078 + 16.614 \cdot \frac{\Delta P_v}{\delta_d} \cdot 10^{-5} - 4.338 \cdot 10^{-4} \cdot \text{Re} + 1.395 \cdot V \right) \cdot 10^{-6} \quad (3.3)$$

όπου, $\bar{\delta}_d$ είναι το μέσο οριακό διαχυτικό στρώμα [cm], και V είναι η ταχύτητα του ψύχοντα αέρα [m/s].



Σχήμα 5. Πειραματικές τιμές της i_m έναντι υπολογιζόμενων από την Εξίσωση 3.3.

Σε όλες τις παραμέτρους της Εξίσωσης 3.3 η p -τιμή του F -τεστ είναι μικρότερη από 0.01 υποδεικνύοντας σημαντική στατιστική συσχέτιση μεταξύ της μεταβλητής i_m και

των ανεξάρτητων μεταβλητών $\left(\Delta P_v / \sqrt{\delta_d}, Re, V\right)$ σε επίπεδο σημαντικότητας 99%. Ο συντελεστής συσχέτισης της Εξίσωσης 3.3 ως προς τις πειραματικές τιμές i_m είναι $R^2_{adj}=99.01\%$ ενώ το τυπικό σφάλμα απόκλισης, $SEE=1.913$ και το υπολογιζόμενο σφάλμα είναι $RMSE=6.05\%$.

Αν οι πειραματικές τιμές της πυκνότητας ροής των υδρατμών συγκριθούν με τις υπολογιζόμενες από την Εξίσωση 3.3 προκύπτει το Σχήμα 5. Σε αυτό περιλαμβάνονται επίσης τα όρια πρόβλεψης ($p=0.05$).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η αφυδάτωση καταψυχόμενου αγγουριού σε τρεις θερμοκρασίες και πέντε ταχύτητες του ψύχοντα αέρα. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι και οι δύο παράγοντες, θερμοκρασία, T_a και ταχύτητα, V_a του ψύχοντα αέρα έχουν στατιστικά σημαντική ($p=0.05$) επίδραση στην απώλεια μάζας του προϊόντος (αδιάστατη), ενώ οι ταχύτητες του αέρα χωρίζονται σε δύο ομάδες (0.5, 1.0, 1.5) m/s και (2, 5) m/s όπου δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ταχυτήτων της ίδιας ομάδας αλλά μόνο μεταξύ των ομάδων. Αντιθέτως στις θερμοκρασίες κατάψυξης οι $-25\text{ }^\circ\text{C}$ και $-18\text{ }^\circ\text{C}$ δεν παρουσιάζουν σημαντική στατιστική διαφορά στην απώλεια μάζας.

Τέλος, η πυκνότητα απώλειας μάζας περιγράφεται μαθηματικά με πολύ υψηλό συντελεστή συσχέτισης $R^2_{adj}=99.01\%$. Η σχέση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την πρόβλεψη της αφυδάτωσης ασυσκεύαστου αγγουριού λαμβάνοντας υπόψη τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος καθώς και τις συνθήκες κατάψυξης (θερμοκρασία, ταχύτητα αέρα και σχετική υγρασία). Μελλοντικά το εν λόγω μοντέλο θα μελετηθεί και σε άλλα προϊόντα παρόμοιας ή διαφορετικής γεωμετρίας ως προς την ακρίβεια της πρόβλεψης της απώλειας μάζας.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Winger R.J., 1990. Storage and eating-related quality of NZ frozen lamb: A Compendium of irrepressible longevity In: *Thermal Processing and Quality of Foods*, P. Zeuthen *et al.* (Eds.). Elsevier, London. pp. 541–552.
2. Storey R.M., Graham J., 1981. Mechanism and measurement of weight loss from frozen fish in cold storage. *Proceedings Institute of Refrigeration*, **78**: 28–35.
3. Delgado A.E., Sun D.-W., 2001. Heat and mass transfer models for predicting freezing processes review. *Journal of Food Engineering*. **47**: 157–174.
4. Lambrinos G.P., Aguirre Puente J., 1983. Dehydratation des milieux dispersés congelés. Influence des Conditions d' entreposage sur les pertes de masse. *Proceedings of the XVI International Congress of Refrigeration*, Vol. 2, *International Institute of Refrigeration*, pp. 567–573.
5. Aguirre Puente J., Sukhwai R. N., 1983. Sublimation of ice in frozen dispersed media. In: *Proceedings of the Third International Offshore Mechanics and Arctic Engineering Symposium*. American Society of Mechanical Engineers, pp. 38–44.

6. Campañone L.A., Roche L.A., Salvadori V.O., Mascheroni R.H., 2002. Monitoring of weight losses in meat products during freezing and frozen storage. *International Food Science Technology*. **8**: 229–238.
7. Levenberg K., 1944. A method for the solution of certain problems in least squares. *Quarterly of Applied Mathematics*. **2**: 164–168.
8. Marquardt D., 1963. An algorithm for least-square estimation of nonlinear parameters. SIAM, *Journal of Applied Mathematics*. **11**: 431–441.
9. Statgraphics Plus 5.1, 2001. Online manual, Statistical graphics corp.
10. Wexler, A. & Hyland, R. W., 1980. A formulation for the thermodynamic properties of the saturated pure ordinary water–substance from 173.15 to 473.15 K. *Ashrae Research Project*, report 216.
11. IIR, 1986. Recommendations for the processing and handling of frozen foods, France.
12. Roos H. Y., 1995. *Phase transitions in foods*, 1st ed. Academic Press, London UK, 73–83 pp.

(137)

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΜΗΛΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

**Ν. Πεντάρης¹, Ε. Μανωλοπούλου², Γ. Ξανθόπουλος¹, Δ.
Μητρόπουλος¹ και Γρ. Λαμπρινός¹**

¹Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Ιερά Οδός 75, 11855
Αθήνα, e-mail: refrigenergy@aua.gr

²Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας, Σχολή Τ.Ε.Γ., Τμήμα Φ.Π., Αντικάλamos–Καλαμάτα, 24100, e-
mail: e.manolopoulou@teikal.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πειραματικές διατρήσεις με αναλυτή μηχανικών ιδιοτήτων, έγιναν σε μήλα ποικιλιών Granny Smith και Pilafa Delicious κατά την διάρκεια συντήρησης τους σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες (0°C, 10°C, 20°C) και για δυο καλλιεργητικές χρονιές (2002-2003 και 2003-2004) για να εντοπιστεί ο βαθμός συσχέτισης των μηχανικών ιδιοτήτων με τον χρόνο και την θερμοκρασία συντήρησης των μήλων. Μετά από στατιστική ανάλυση διαπιστώθηκε πως οι μηχανικές ιδιότητες των μήλων των δυο καλλιεργητικών περιόδων (για την ίδια θερμοκρασία και για αντίστοιχο χρόνο συντήρησης) δεν παρουσίασαν σημαντική στατιστικά διαφορά, γεγονός που μας δίνει την δυνατότητα εκτίμησης της μελλοντικής εξέλιξης της μηχανικής συμπεριφοράς και κατ' επέκταση της συντηρησιμότητας των μήλων εντός του θαλάμου συντήρησης. Συμπερασματικά οι ρυθμοί μεταβολής των μηχανικών ιδιοτήτων στα μήλα Pilafa Delicious είναι πολύ πιο μικροί σε σύγκριση με τα μήλα Granny Smith τα οποία δείχνουν να επηρεάζονται πολύ πιο έντονα από την θερμοκρασία συντήρησης.

CHANGES OF APPLES MECHANICAL PROPERTIES WITH TEMPERATURE AND STORAGE TIME

**N. Pentaris¹, E. Manolopoulou², G. Xanthopoulos¹, D. Mitropoulos¹
and Gr. Lambrinos¹**

¹Agricultural University of Athens, Dept. of Natural Resources Management and
Agricultural Engineering, 75 Iera Odos street, 11855 Athens

²T.E.I. of Kalamata, Dept. of Crop production, 24100 Antikalamos, Kalamata, Greece

ABSTRACT

Experimental puncture tests on two apple varieties (Granny Smith and Pilafa Delicious) were carried out employing a Texture Analyzer during two cultivation periods and for three storage temperatures (0°C, 10°C, 20°C) in order to correlate the mechanical properties of apples with their storage time and temperatures. The statistical analysis revealed that the mechanical properties of the tested apples during these two cultivated periods for the same temperature and the respective storage time didn't exhibit statistical significant differences. The variation rate of Pilafa Delicious mechanical properties is very low compared to Granny Smith's ones which seem to be influenced from the storage temperature. The derived correlations between the mechanical properties and the storage time help to estimate the storability of stored apples.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εδώ και χρόνια η επιστήμη της τεχνολογίας τροφίμων χρησιμοποιεί τις μηχανικές ιδιότητες των τροφίμων στον ποιοτικό έλεγχο. Μηχανική ιδιότητα ονομάζουμε κάθε ιδιότητα που έχει να κάνει με την συμπεριφορά του υλικού όταν του ασκείται δύναμη [1]. Οι Meilgaard et al [2] έχουν κατηγοριοποιήσει τις μηχανικές ιδιότητες των τροφίμων όταν γίνεται μια δοκιμή (sensory evaluation), σε διάφορες ομάδες (σκληρότητα, συνεκτικότητα, συγκολλητικότητα, ελαστικότητα κλπ.). Τα τρόφιμα λόγω της ιδιαίτερης φύσης τους [3] έχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστική δομή και συμπεριφορά. Όλα αυτά τα στοιχεία καθιστούν την μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων στα βιολογικά υλικά μια επίπονη προσπάθεια, που απαιτεί ταυτόχρονη παρακολούθηση και καταγραφή πολλών μεταβλητών. Σύμφωνα με τον Bourne [4] οι παράγοντες που επηρεάζουν τις φυσικές και κατ'επέκταση τις μηχανικές ιδιότητες των φυτικών καρπών είναι: η φύση του προϊόντος, η ποικιλία, η φυσιολογική ωριμότητα, το μέγεθος, οι προηγηθείσες καλλιεργητικές πρακτικές και οι συνθήκες συντήρησης. Συνεπώς, η γνώση και μόνο των μηχανικών ιδιοτήτων μπορεί να δώσει στον παραγωγό μια καλή ιδέα για το ιστορικό ενός καρπού, για αξιολογήσει την ποιότητα του [5]. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της μεταβολής των μηχανικών ιδιοτήτων μήλων (επιλέχθηκαν τα Granny Smith και τα Pilafa Delicious, που είναι από πλευράς φυσιολογίας διαφορετικές περιπτώσεις) με βάση την θερμοκρασία και τον χρόνο συντήρησης τους σε θερμοκρασίες 0°C, 10°C και 20°C, με στόχο τη δημιουργία μοντέλου πρόβλεψης της μεταβολής των μηχανικών ιδιοτήτων.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Φυτικό υλικό

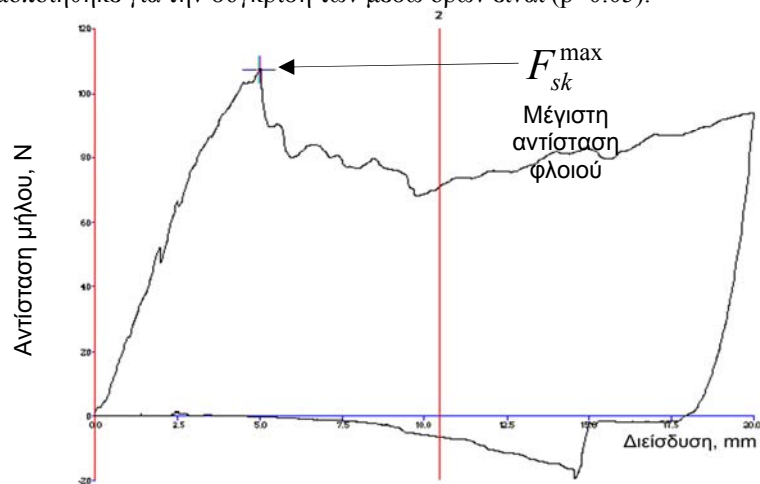
Μήλα (ποικιλιών Pilafa Delicious και Granny Smith) για δυο διαδοχικές χρονιές συλλέχθηκαν από την περιοχή Τεγέας Αρκαδίας και μεταφέρθηκαν στο Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας και στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Κατά την εισαγωγή τους στο εργαστήριο πλύθηκαν, διαλέχθηκαν, ομαδοποιήθηκαν σε ομάδες των 20 μήλων και τοποθετήθηκαν σε θαλάμους ελεγχόμενης θερμοκρασίας και υγρασίας. Οι ψυκτικοί θάλαμοι είχαν θερμοκρασία 0°C, 10°C και 20°C (η καταγραφή θερμοκρασίας και υγρασίας έγινε με συσκευές HOBO). Η μέση σχετική υγρασία των θαλάμων κυμαινόταν στο 85%.

2.2 Χειρισμός του αναλυτή μηχανικών ιδιοτήτων

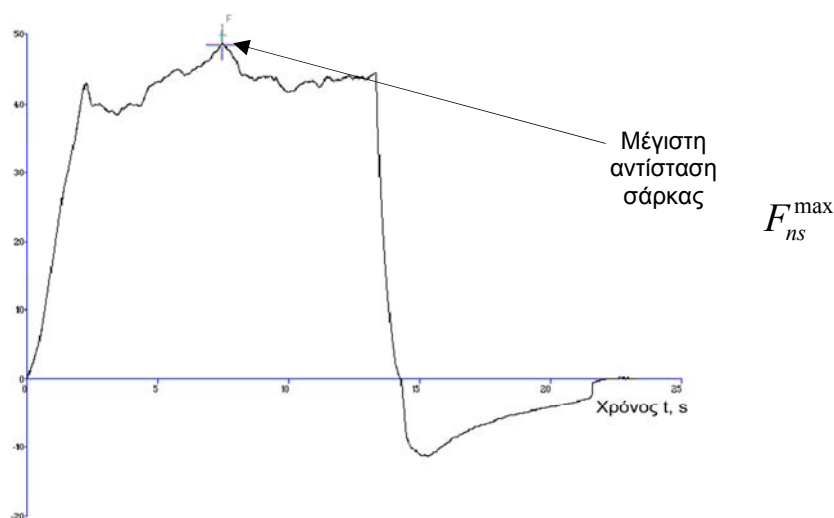
Η αντίσταση στη διείσδυση (σκληρότητα) μετρήθηκε αφού προσαρμόστηκε στο κατακόρυφα κινούμενο στέλεχος του αναλυτή κυλινδρικό στέλεχος διείσδυσης διαμέτρου 11 mm. Οι μετρήσεις γινόντουσαν σε ομάδες των δέκα μήλων, η δε διείσδυση γινόταν σε τέσσερα αντιδιαμετρικά σημεία του ισημερινού τους, δύο με φλοιό και δύο χωρίς φλοιό. Κάθε μήλο αφού έβγαινε από τον ψυκτικό θάλαμο του και έφτανε σε θερμοκρασία 15°C ετοποθετείτο στην μεταλλική βάση, ενεργοποιείτο η συσκευή και το κινούμενο στέλεχος κινείτο προς το μήλο με ταχύτητα 4 mm·s⁻¹. Την στιγμή που ακουμπούσε το μήλο η ταχύτητα μειωνόταν σε 1.5 mm·s⁻¹ και ακολουθούσε η διείσδυση μέχρι βάθος 20 mm. Κατά την έξοδο του στελέχους διείσδυσης, η ταχύτητα άλλαζε και γινόταν 2 mm·s⁻¹. Τα μεγέθη που εξετάστηκαν πάνω στο καταγραφόμενο διάγραμμα αυτού του χειρισμού ήταν η μέση κλίση αντίστασης/βάθους διείσδυσης ε σε N·s⁻¹ ή N·mm⁻¹, η μέγιστη αντίσταση του φλοιού F_{sk}^{max} σε N (Σχ. 1), η μέγιστη αντίσταση της σάρκας F_{ns}^{max} σε N (Σχ. 2) και το μηχανικό έργο E σε N·mm (mJ) που απαιτήθηκε για

να ολοκληρωθεί η διαδικασία (Σχ. 3). Η γραμμοσκιασμένη επιφάνεια στο Σχήμα 3 είναι η συνολική ενέργεια που απορροφήθηκε κατά την διείσδυση. Επειδή η ταχύτητα εισόδου και εξόδου του στελέχους είναι γνωστή, η επιφάνεια από N·s μετατρέπεται εύκολα σε μονάδες N·mm που εκφράζουν την μηχανική ενέργεια που απαιτήθηκε για τη διείσδυση. Οι μετρήσεις/καταγραφές έγιναν σε τακτά χρονικά διαστήματα σε ομάδες για κάθε θερμοκρασία συντήρησης.

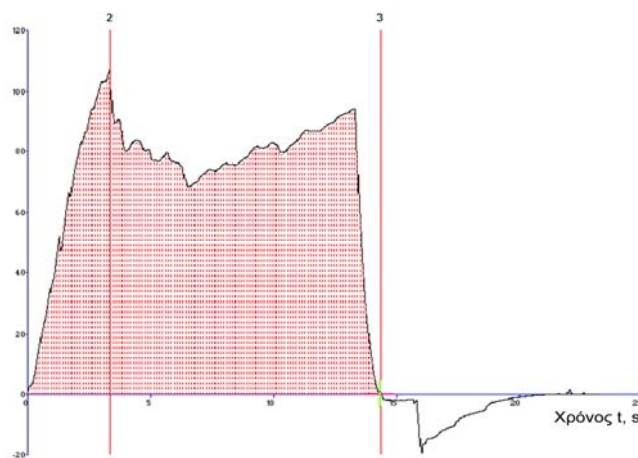
Τα πειραματικά δεδομένα υπέστησαν στατιστική επεξεργασία με ανάλυση της παραλλακτικότητας (ANOVA) και γραμμική παλινδρόμηση με το στατιστικό λογισμικό STAGRAPHICS Centurion XV. Η ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) που χρησιμοποιήθηκε για την σύγκριση των μέσων όρων είναι ($p=0.05$).



Σχήμα 4. Γραφική απεικόνιση της αντίστασης μήλου με φλοιό, ποικιλίας Granny Smith (0 °C, 56 ημέρες συντήρηση). Η διαδικασία για τον εντοπισμό της συγκεκριμένης θέσης (σταυρός) είναι αυτοματοποιημένη με μακροεντολή στο πρόγραμμα TEE32 (Exponent Stable Micro Systems).



Σχήμα 5. Γραφική απεικόνιση της αντίστασης σάρκας μήλου (χωρίς φλοιό), ποικιλίας Pilafa Delicious (10 °C, 27 ημέρες συντήρηση), ως προς τον χρόνο.

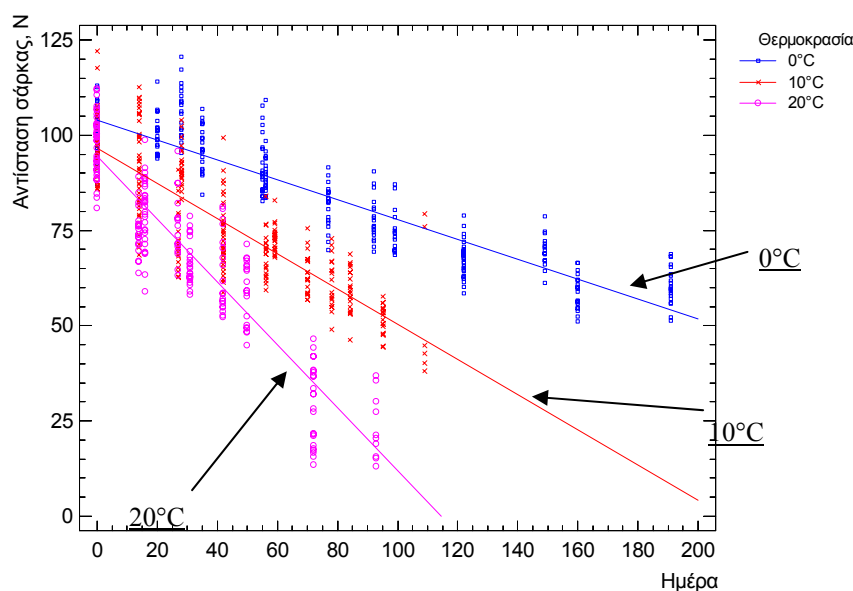


Σχήμα 6. Γραφική απεικόνιση της αντίστασης σάρκας μήλου με φλοιό, ποικιλίας Granny Smith (0 °C, 56 ημέρες συντήρησης), ως προς τον χρόνο.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μεταβολή όλων των μηχανικών ιδιοτήτων (μέγιστη αντίσταση του μήλου στη διείσδυση με επιδερμίδα, μέγιστη αντίσταση στη διείσδυση της σάρκας του μήλου, κλίση της δύναμης αντίστασης και απαιτούμενη μηχανική ενέργεια για τη διείσδυση) εμφανίζεται και στις δύο ποικιλίες γραμμική μεταβολή με το χρόνο συντήρησης (σχ. 4.) και στις τρεις θερμοκρασίες συντήρησης της μορφής:

$$f(t) = a + b \cdot t \quad (1)$$



Σχήμα 4. Συγκριτικό διάγραμμα με τις γραμμές παλινδρόμησης της μέγιστης αντίστασης σάρκας Granny Smith στις θερμοκρασίες συντήρησης (0°C, 10°C, 20°C).

Διαπιστώθηκε πως όσο πιο χαμηλή είναι η θερμοκρασία συντήρησης, τόσο το R^2 είναι υψηλότερο. Για τις θερμοκρασίες συντήρησης των 0°C και 20°C στα μήλα Pilafa Delicious, μετά από t-test διαπιστώθηκε πως οι μέσες τιμές των περισσότερων μηχανικών ιδιοτήτων μεταξύ των δύο σειρών παρουσιάζουν σημαντική διαφορά, και γι' αυτό οι γραμμικές συσχετίσεις παρατίθενται χωριστά.

Η μέγιστη αντίσταση της επιδερμίδας εκφράζεται με τη μορφή:

$$F_{sk}^{\max} = a_{sk} + b_{sk} \cdot t, \text{ σε N} \quad (2)$$

Όπου: t είναι ο χρόνος συντήρησης μέσα στον ψυκτικό θάλαμο, σε ημέρες.

a_{sk} και b_{sk} είναι συντελεστές όπου καθορίζονται από την αρχική συνθήκη ποιότητας (αρχική τιμή της μηχανικής ιδιότητας) και την θερμοκρασία συντήρησης. Οι τιμές των συντελεστών αυτών της σχέσης (2) για τις ποικιλίες των μήλων που μελετήθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 9. Οι τιμές των συντελεστών απλής γραμμικής παλινδρόμησης της μέγιστης αντίστασης της επιδερμίδας με τον χρόνο συντήρησης, για τις ποικιλίες Granny Smith και Pilafa Delicious.

$F_{sk}^{\max} = a_{sk} + b_{sk} \cdot t$								
Θ°C	Granny Smith				Pilafa Delicious			
	Έτος	R ²	a_{sk}	b_{sk}	Έτος	R ²	a_{sk}	b_{sk}
0	2002-2003 & 2003-2004	0.6653	118.171	-0.2667	2002-2003	0.5555	88.370	-0.175
	2003-2004				2003-2004	0.5137	96.074	-0.194
10	2002-2003 & 2003-2004	0.4160	109.603	-0.3546	2002-2003 & 2003-2004	0.2915	77.416	-0.234
20	2002-2003 & 2003-2004	0.6769	119.819	-0.7394	2002-2003	0.4673	92.521	-0.446
	2003-2004				2003-2004	0.4263	82.072	0.048

Η εξέλιξη της μέγιστης αντίστασης της σάρκας του μήλου με τον χρόνο συντήρησης έχει επίσης γραμμική μορφή:

$$F_{ns}^{\max} = a_{ns} + b_{ns} \cdot t, \text{ σε N} \quad (3)$$

Πίνακας 10. Οι τιμές των συντελεστών της μέγιστης αντίστασης της σάρκας με τον χρόνο συντήρησης των ποικιλιών Granny Smith και Pilafa Delicious.

$F_{ns}^{\max} = a_{ns} + b_{ns} \cdot t$								
Θ°C	Granny Smith				Pilafa Delicious			
	Έτος	R ²	a_{ns}	b_{ns}	Έτος	R ²	a_{ns}	b_{ns}
0	2002-2003 & 2003-2004	0.8272	103.998	-0.2616	2002-2003	0.6296	79.245	-0.284
	2003-2004				2003-2004	0.6915	93.300	-0.317
10	2002-2003 & 2003-2004	0.7110	96.667	-0.4625	2002-2003 & 2003-2004	0.5341	64.572	-0.348
20	2002-2003 & 2003-2004	0.8454	94.545	-0.8247	2002-2003	0.4351	73.224	-0.369
	2003-2004				2003-2004	0.2089	62.946	-0.026

Εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η μηχανική ενέργεια που απαιτεί το στέλεχος του οργάνου για να ολοκληρώσει την διάτρηση (διείσδυση) του μήλου. Οι τιμές του R^2 είναι υψηλές σε όλο το φάσμα των θερμοκρασιών και για τις δύο ποικιλίες.

$$E = a_{en} + b_{en} \cdot t, \text{ σε mJ} \quad (4)$$

Πίνακας 11. Οι τιμές των συντελεστών απλής γραμμικής παλινδρόμησης της μηχανικής ενέργειας που απαιτήθηκε για τη διείσδυση σε βάθος 20 mm μήλων, ποικιλίας Granny Smith και Pilafa Delicious.

$E = a_{en} + b_{en} \cdot t$								
Θ°C	Granny Smith				Pilafa Delicious			
	Έτος	R ²	a_{en}	b_{en}	Έτος	R ²	a_{en}	b_{en}
0	2002-2003 & 2003-2004	0.8126	1700.4	-4.3591	2002-2003	0.7437	1382.3	-4.9223
					2003-2004	0.7458	1554.7	-4.8404
10	2002-2003 & 2003-2004	0.6642	1566.6	-6.5041	2002-2003 & 2003-2004	0.6805	1158.6	-6.9986
20	2002-2003 & 2003-2004	0.8380	1574.6	-11.9014	2002-2003	0.6163	1036.0	-9.3475
					2003-2004	0.6789	1025.8	-4.5183

Η μεταβολή της μέσης κλίσης ε (στα μήλα ποικιλίας Granny Smith) στην ελαστική φάση του φλοιού, έχει την ίδια συμπεριφορά με την απορροφούμενη μηχανική ενέργεια (σχεδόν διπλασιασμός της κλίσης για κάθε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10°C), κάτι που δεν ισχύει και για τα μήλα Pilafa Delicious.

$$\varepsilon = a_{sr} + b_{sr} \cdot t, \text{ σε } \text{N} \cdot \text{mm}^{-1} \quad (5)$$

Πίνακας 12. Οι τιμές των συντελεστών απλής γραμμικής παλινδρόμησης της μέσης κλίσης ε της μεταβολής της αντίστασης της επιδερμίδας στην ελαστική περιοχή του φλοιού, για τις ποικιλίες Granny Smith και Pilafa Delicious.

$\varepsilon = a_{sr} + b_{sr} \cdot t$								
Θ°C	Granny Smith				Pilafa Delicious			
	Έτος	R ²	a_{sr}	b_{sr}	Έτος	R ²	a_{sr}	b_{sr}
0	2002-2003 & 2003-2004	0.6601	27.088	-0.055	2002-2003	0.5781	20.150	-0.074
					2003-2004	0.7477	28.837	-0.099
10	2002-2003 & 2003-2004	0.5860	26.603	-0.110	2002-2003 & 2003-2004	0.6737	20.509	-0.142
20	2002-2003 & 2003-2004	0.7425	25.529	-0.210	2002-2003	0.4724	8.494	-0.117
					2003-2004	0.6214	13.437	-0.175

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το γεγονός πως όλες οι μηχανικές ιδιότητες που καταγράφηκαν παρουσιάζουν πτώση είναι αναμενόμενο διότι είναι άμεσα συσχετισμένες με την περιεχόμενη υγρασία, την ακεραιότητα των κυτταρικών μεμβρανών, την σπαργή των κυττάρων του καρπού [5] και την εξέλιξη των πηκτινικών ενώσεων.

Τα συμπεράσματα που θα μπορούσαν να εξαχθούν είναι:

- Τόσο στα Granny Smith όσο και στα Pilafa Delicious, υπάρχει μεταφορά μάζας νερού από τον πυρήνα του μήλου προς τα έξω με ρυθμό που εξαρτάται από την θερμοκρασία του καρπού, το έλλειμμα πίεσης υδρατμών στον χώρο συντήρησης, το πάχος του οριακού στρώματος γύρω από τον καρπό και από την αντίσταση που προβάλλει κάθε κυτταρική στρώση του μήλου στο φαινόμενο της προς τα έξω διάχυσης των υδρατμών. Αυτό διαπιστώνεται από την διαφοροποίηση των ρυθμών μεταβολής των αντίστοιχων μηχανικών ιδιοτήτων που υπάρχει μεταξύ των διαφόρων θερμοκρασιών συντήρησης.

- Στις υψηλές θερμοκρασίες παρατηρείται μια εντονότερη μεταβολή της μέγιστης αντίστασης επιδερμίδας και σάρκας.

- Η μηχανική ενέργεια που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί η διείδυση στην σάρκα του μήλου δείχνει πως είναι η πλέον αξιόπιστη μηχανική ιδιότητα ανεξαρτήτως ποικιλίας μήλου και θερμοκρασιών.

- Οι μεταβολές των μηχανικών ιδιοτήτων των Pilafa Delicious και των Granny Smith δεν παρουσιάζουν κάποια ομοιότητα μεταξύ τους. Το αίτιο της διαφοροποίησης πρέπει να αναζητηθεί στην δομή της επιδερμίδας. Τα Granny Smith διαθέτουν επιπλέον κηρώδη επίστρωση που εμποδίζει την ταχεία απομάκρυνση της εσωτερικής υγρασίας, αντίθετα στα Pilafa Delicious αυτή η στρώση απουσιάζει (διαφορετική δομή).

Είναι νωρίς για να μιλήσουμε για ένα ενιαίο μοντέλο που θα συσχετίζει κάποια μηχανική ιδιότητα στα μήλα (ανεξαρτήτως ποικιλίας) με τον χρόνο συντήρησης. Ωστόσο για κάθε ποικιλία μήλου και θερμοκρασία ξεχωριστά, υπάρχει η δυνατότητα να προβλεφθούν ικανοποιητικά οι μηχανικές ιδιότητες με την προϋπόθεση πως δίνεται ως δεδομένο η μηχανική του ιδιότητα σε κάποιο χρονικό σημείο (συνήθως στην έναρξη της συντήρησης).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. A. S. Szczesniak. 1983. Physical Properties of Foods: What they are and their relation to other food properties. ift Basic Symposium Series, Physical Properties of Foods. Eds. Institute of Food Technologists. 3-37
2. M. Meilgaard, G. V. Civille and B. T. Carr. 1999. Sensory Evaluation Techniques, 3rd Edition, 9-10, 39-41
3. J. M. Aguilar. 2000. Structure-Property Relationships in Foods. Food Preservation Technology Series, Trends in Food Engineering. Eds. J. E. Lozano et al, 1-14
4. M. C. Bourne. 1983. Physical properties and structure of horticultural Crops. IFT Basic Symposium Series, Physical Properties of Foods. Eds. Institute of Food Technologists. 207-227
5. D. D. Hamann. 1983. Structural failure in solid foods. ift Basic Symposium Series, Physical Properties of Foods. Eds. Institute of Food Technologists. 351-381

(138)

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Ε. Χατζής, Σ. Ψυχογιού, Γ. Ξανθόπουλος και Γρ. Λαμπρινός
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθénas, Τμήμα ΑΦΠ & ΓΜ, Εργαστήριο Γεωργικής
Μηχανολογίας, Ιερά Οδός 75, Αθήνα, Τ.Κ. 11855,
e-mail: refrigenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της δυνατότητας χρήσης ανάλυσης ψηφιακής εικόνας για τον προσδιορισμό της μεταβολής του χρώματος συντηρούμενης βιολογικής τομάτας, κάνοντας παράλληλα και χρήση της κλασσικής μεθόδου χρωματομετρίας με χρωματόμετρο, καθώς και η μαθηματική προτυποποίηση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης της ψηφιακής εικόνας. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε μια καλή συσχέτιση ($R^2=89\%$) της συνολικής μεταβολής του χρώματος (ΔE^*) μεταξύ της κλασσικής μεθόδου της χρωματομετρίας και αυτής με ανάλυση ψηφιακής εικόνας. Έγινε ανάπτυξη σχέσεων μεταξύ της συνολικής μεταβολής του χρώματος (ΔE^*) με τη θερμοκρασία και το χρόνο συντήρησης.

COLOUR VARIATION OF ORGANIC STORED TOMATO BY DIGITAL IMAGE ANALYSIS TECHNIQUE

E. Chatzis, S. Psihoyiou, G. Xanthopoulos and Gr. Lamprinos
Agricultural University of Athens, Department of Natural Resources Development &
Agricultural Engineering, 75 Iera Odos Str., 118 55, Athens–Greece, Tel. +3 210
5294029, Fax. +3 210 5294032, e-mail: refrigenergy@aua.gr

ABSTRACT

The objective of this work was to test the applicability of a Digital Image Analysis technique for the determination of the Total Colour Variation (ΔE^*) of organic tomatoes during cold storage, compared to the well-known Chroma Meter. The statistical analysis of the derived results from both techniques, revealed a good correlation ($R^2=89\%$) between these two techniques. Mathematical equations relating the Total Colour Variation (ΔE^*) with storage time and temperature were also developed and reported.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την εκτίμηση της ποιότητας των νωπών φυτικών οργάνων χρησιμοποιούνται κριτήρια υποκειμενικά ή αντικειμενικά, καταστροφικά ή μη καταστροφικά. Τα τελευταία χρόνια οι αυξημένες απαιτήσεις για αποτελεσματικότητα, αντικειμενικότητα και ταχύτητα στην ποιοτική αξιολόγηση, ώθησαν στη χρήση κάμερας και ηλεκτρονικών υπολογιστών και κατέστησαν σημαντικό μέσο αξιολόγησης την ανάλυση της ψηφιακής εικόνας για τη μελέτη του χρώματος το οποίο αποτελεί σημαντικό ποιοτικό κριτήριο εκτίμησης του σταδίου ωριμότητας πολλών νωπών φυτικών προϊόντων [1].

Τα πλεονεκτήματα των μεθόδων ποιοτικής αξιολόγησης φρούτων και λαχανικών με ανάλυση ψηφιακής εικόνας και με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι, η εξασφάλιση δεδομένων περιγραφής με ακρίβεια και ταχύτητα, η πιστότητα των αποτελεσμάτων, η αυτοματοποίηση των διαδικασιών και η δυνατότητα άμεσης καταγραφής, επιτρέποντας την περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι κυρίως η απαίτηση κατάλληλου σταθερού τεχνητού φωτισμού και η δυσκολία ταυτοποίησης αντικειμένων που δεν παρουσιάζουν ομοιογένεια [2, 3].

Η βιολογική γεωργία αποτελεί σήμερα ένα διαρκώς αναπτυσσόμενο τομέα της γεωργικής βιομηχανίας και καθώς στηρίζεται σε βιολογικές, φυσικές και μηχανικές τεχνικές συνιστά μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση στις συμβατικές εντατικές μεθόδους καλλιέργειας [1]. Η βιολογική καλλιέργεια με την αποφυγή της χρήσης ανόργανων λιπασμάτων και σύνθετων χημικών φυτοφαρμάκων, συμβάλλει στην παραγωγή προϊόντων χωρίς χημικά υπολείμματα – κατά συνέπεια ασφαλέστερων και υγιεινότερων για τον καταναλωτή [4, 5, 16].

Σε ότι αφορά τις τομάτες βιολογικής καλλιέργειας συγκριτικά με συμβατικές, έχει διαπιστωθεί ότι οι πρώτες περιείχαν περισσότερη ξηρά ουσία, ολικά σάκχαρα, βιταμίνη C, φλαβονοειδή και β-καροτίνη, αλλά λιγότερο λυκοπίνιο [7, 8], συστατικό το οποίο καθορίζει και το χρώμα [9].

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Πειραματικό υλικό

Ως πειραματικό υλικό χρησιμοποιήθηκε επιτραπέζια βιολογική τομάτα (υβρίδιο: Alma), στάδιο ωριμότητας 2 και 3, brake και turning [10] αντίστοιχα που συλλέχθηκε από τοπικό παραγωγό (Άγιος Στέφανος, Αττικής) και περιελάμβανε δυο πειραματικές σειρές. Οι τομάτες αφού συλλέχθηκαν μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου αμέσως μετά την πραγματοποιήθηκε διαλογή κατά την οποία τραυματισμένοι, εξαιρετικά μεγάλοι και μικροί καθώς και καρποί με ασθένειες απομακρύνθηκαν. Οι τομάτες διαχωρίστηκαν σε επτάδες και χωρίς άλλη επεξεργασία τοποθετήθηκαν σε ειδικά πλαστικά τελάρα και σε θαλάμους με θερμοκρασίες 5 °C, 10 °C, 15 °C και 20 °C.

2.2 Μέτρηση χρώματος

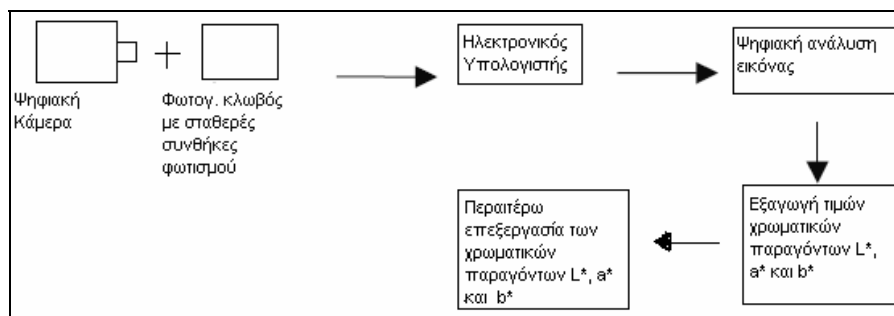
Το χρώμα μετρήθηκε στα δείγματα τομάτας τόσο με την κλασσική τεχνική χρωματομετρίας (χρωματόμετρο MINOLTA CR-300) όσο και με μία νέα τεχνική ανάλυσης ψηφιακών εικόνων χρησιμοποιώντας το διεθνώς αποδεκτό στο χώρο των τροφίμων χρωματικό μοντέλο CIELAB [20]. Οι παράλληλες μετρήσεις της μεταβολής του χρώματος με το χρωματόμετρο πραγματοποιήθηκαν με σκοπό την εύρεση πιθανής συσχέτισης των δυο τεχνικών σε ότι αφορά την ολική μεταβολή του χρώματος η οποία εκφράζεται από τον παράγοντα ολικής μεταβολής του χρώματος ΔΕ* (Total Colour Difference) [11, 12] όπως αυτός περιγράφεται από την εξίσωση 2.1:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2.1)$$

όπου L^* η φωτεινότητα, a^* ο παράγοντας πράσινου–κόκκινου και b^* ο παράγοντας μπλέ–κίτρινου.

Σε ότι αφορά το χρωματόμετρο ελήφθησαν τέσσερις μετρήσεις σε κάθε τομάτα προσέχοντας κάθε φορά η μέτρηση να πραγματοποιείται στην ίδια περιοχή. Για τη χρωματομέτρηση με τη χρήση ψηφιακών εικόνων, χρησιμοποιήθηκε ψηφιακή φωτογραφική μηχανή Konica Minolta Dimage Z6 σε ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού [13], οι οποίες επετεύχθησαν με τη βοήθεια ειδικού φωτογραφικού κλωβού που έχει κατασκευαστεί στο εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Γ.Π.Α. Για τον απαιτούμενο φωτισμό χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις λαμπτήρες φθορίου OSRAM L18W/965 1000 lm έτσι ώστε να έχουμε συνεχές φάσμα φωτός [3, 14].

Η ανάλυση των ψηφιακών εικόνων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ειδικού λογισμικού σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 5.0, το οποίο αναπτύχθηκε στο ίδιο εργαστήριο και το οποίο με τη βοήθεια λογισμικού επεξεργασίας ψηφιακής φωτογραφίας μπορεί να δώσει τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε χρωματικούς παράγοντες, a^* και b^* και φωτεινότητα L^* , στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως στη χρωματομετρία τροφίμων [13, 15, 16, 17]. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εξαγωγή των τιμών των χρωματικών παραγόντων, a^* και b^* καθώς και της φωτεινότητας L^* παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.

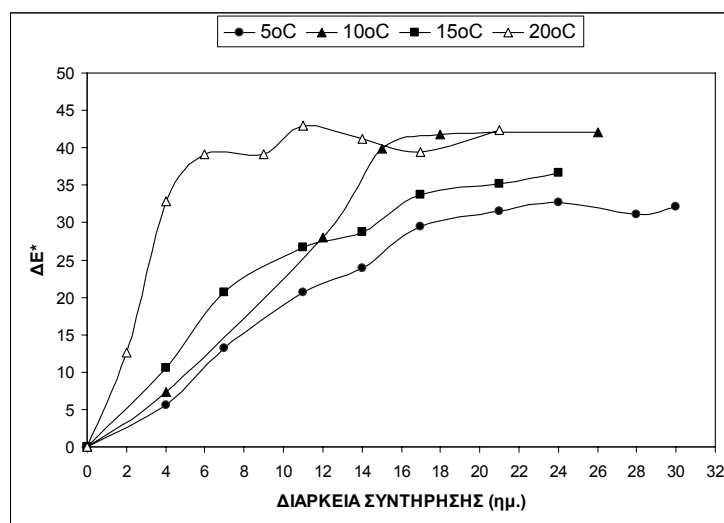


Σχήμα 1. Σχηματική παρουσίαση της διαδικασίας προσδιορισμού των τιμών των χρωματικών παραγόντων L^* , a^* και b^* με την ψηφιακή ανάλυση εικόνας Πηγή: [17]

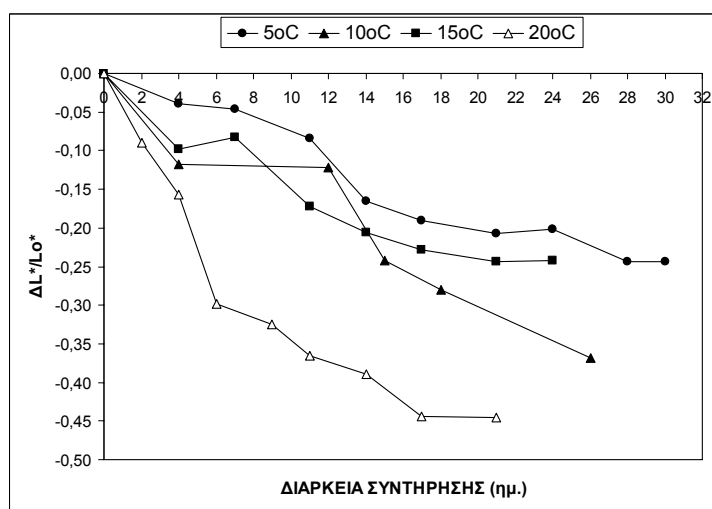
Το χρώμα μετρήθηκε και με τις δύο τεχνικές, σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της συντήρησης των δειγμάτων στους 5 °C, 10 °C και 15 °C καθώς και στους 20 °C, θερμοκρασίας θεωρούμενης ως αυτής του περιβάλλοντος.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στα αποτελέσματα παρουσιάζονται διαγράμματα τόσο της ολικής μεταβολής του χρώματος ΔE^* όσο και των αδιάστατων μεταβολών Δa^* και ΔL^* από την ανάλυση των ψηφιακών εικόνων με το χρόνο συντήρησης δύο πειραματικών σειρών. Οι ομάδες που συντηρήθηκαν στους 20 °C, 15 °C και 10 °C, όπως ήταν αναμενόμενο, άλλαξαν χρώμα γρηγορότερα από αυτές που συντηρήθηκαν στους 5 °C (Σχ. 2, 3 & 4).

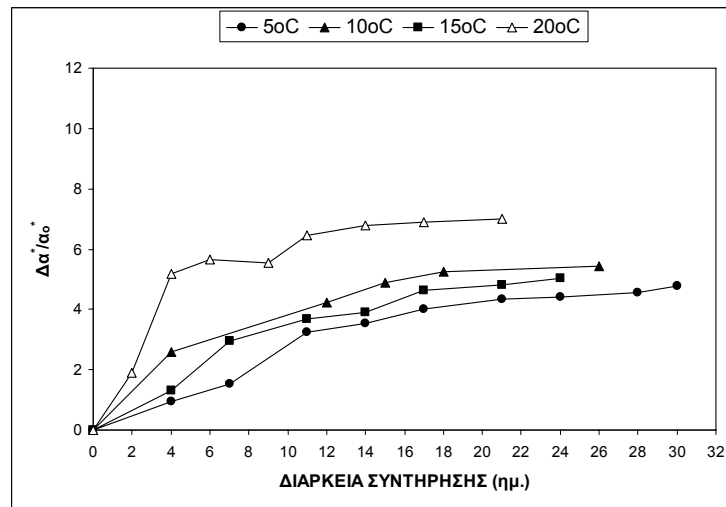


Σχήμα 2. Μεταβολή της ολικής μεταβολής του χρώματος ΔE^* σε συνάρτηση με το χρόνο στους 5 °C, 10 °C, 15 °C και 20 °C.



Σχήμα 3. Η αδιάστατη μεταβολή $\Delta L^*/L_0^*$ σε συνάρτηση με το χρόνο στους 5 °C, 10 °C, 15 °C και 20 °C.

Μετά τις ημέρες συντήρησης στους 5 °C οι τομάτες δεν μπόρεσαν να ωριμάσουν εμπορικά, αφού παρέμειναν πράσινες και σκληρές ενώ κάποιες παρουσίασαν φυσιολογικές ανωμαλίες (ασθένειες ψύχους) κάτι το οποίο ήταν και αναμενόμενο [18].



Σχήμα 4. Η αδιάστατη μεταβολή $\Delta\alpha^*/\alpha_o^*$ σε συνάρτηση με το χρόνο στους 5 °C, 10 °C, 15 °C και 20 °C.

Από την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων προέκυψαν μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης τόσο για τις αδιάστατες μεταβολές ΔL^* (3.1) και $\Delta\alpha^*$ (3.2) όσο και για την ολική μεταβολή του χρώματος η οποία εκφράζεται με τον παράγοντα ΔE^* (3.3).

$$\frac{\Delta L^*}{L_0^*} = (0.0259582 - 0.00867333 \cdot \theta) - 0.0616298 \cdot t^2 \quad (3.1)$$

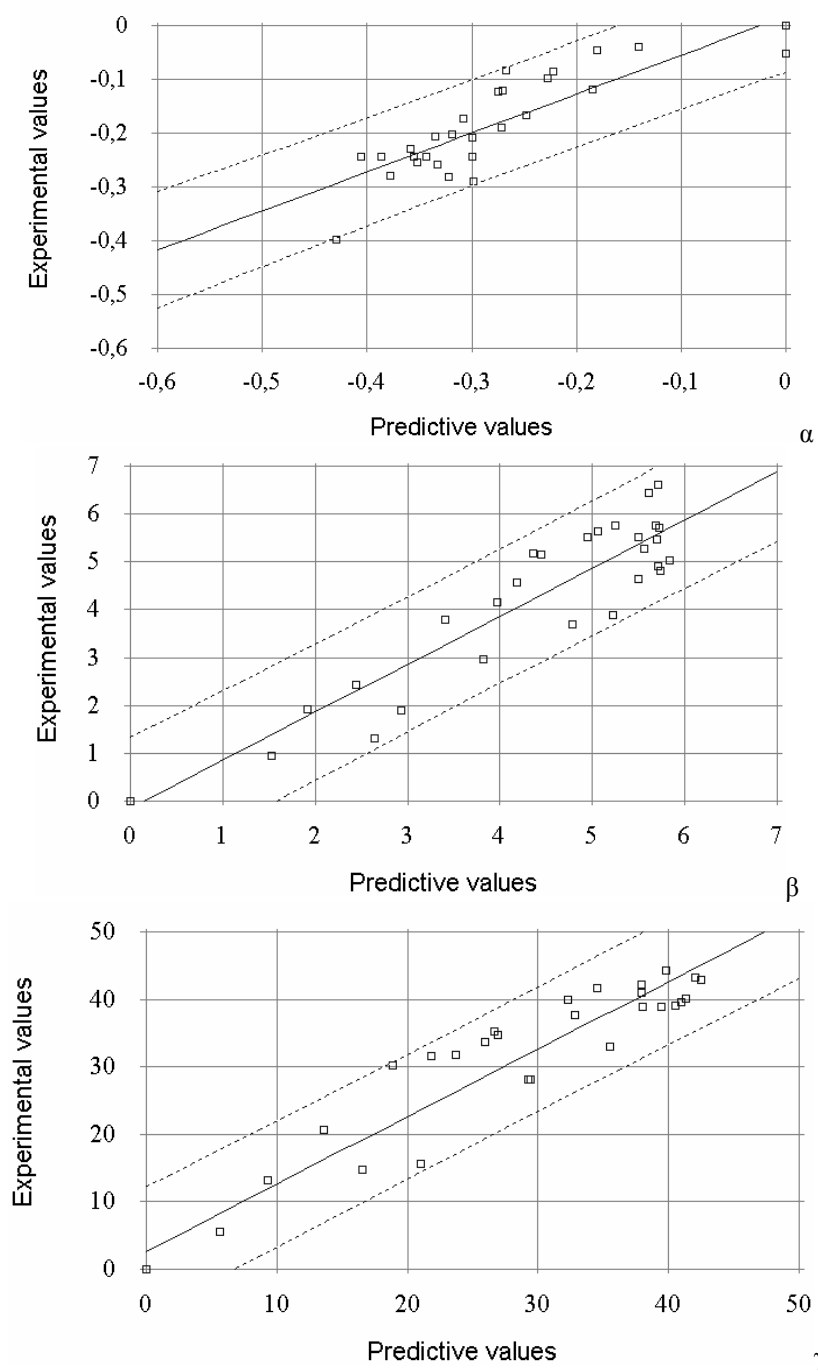
$$\frac{\Delta\alpha^*}{\alpha_o^*} = (6.9281 - 0.06 \cdot \theta) \cdot (1.0 - e^{\frac{t}{0.833 \cdot \theta - 19.45}}) \quad (3.2)$$

$$\Delta E^* = (38.139 + 0.23 \cdot \theta) \cdot (1.0 - e^{(0.03 - 0.0137 \cdot \theta) \cdot t}) \quad (3.3)$$

όπου, θ η θερμοκρασία συντήρησης, °C; t ο χρόνος συντήρησης, d, ΔL^* και $\Delta\alpha^*$ οι μεταβολές των χρωματικών παραγόντων L^* και a^* , L_0^* και α_o^* οι αρχικές τους τιμές, ΔE^* ολική μεταβολή του χρώματος.

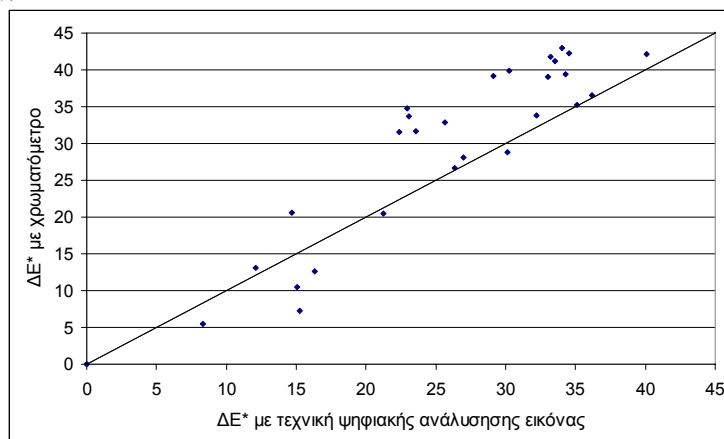
Ο συντελεστής συσχέτισης της Εξίσωσης 3.1 είναι $R_{adj}^2=80.32\%$ ενώ το τυπικό σφάλμα απόκλισης, $SEE=0.047$ και το υπολογιζόμενο σφάλμα είναι $RMSE=0.1$. Ο συντελεστής συσχέτισης της Εξίσωσης 3.2 υπολογίστηκε $R_{adj}^2=86.35\%$ ενώ το τυπικό σφάλμα απόκλισης, $SEE=0.711$ και το υπολογιζόμενο σφάλμα $RMSE=0.76$ και τέλος ο συντελεστής συσχέτισης της Εξίσωσης 3.3 είναι $R_{adj}^2=91.45\%$ ενώ το τυπικό σφάλμα απόκλισης, $SEE=4.41137$ και το υπολογιζόμενο σφάλμα $RMSE=4.65$.

Αν οι πειραματικές τιμές των αδιάστατων μεταβολών ΔL^* , $\Delta\alpha^*$ και ΔE^* συγκριθούν με τις εκτιμώμενες από τις εξισώσεις (3.1), (3.2), (3.3) προκύπτουν οι γραφικές συσχετίσεις του το σχήματος 5.



Σχήμα 5. Πειραματικές τιμές των $\Delta L^*/L_o^*$ (α), $\Delta \alpha^*/\alpha_o^*$ (β) και ΔE^* (γ) έναντι των προβλεπόμενων από τις (3.1), (3.2), (3.3) αντίστοιχα. Τα εμφανιζόμενα όρια πρόβλεψης αντιστοιχούν σε $p=0.05$

Μια αρκετά καλή συσχέτιση ($R^2=0.89$) παρατηρήθηκε ανάμεσα στις τιμές του ΔE^* που προέκυψαν από το χρωματόμετρο και αυτές που προέκυψαν με την τεχνική της ψηφιακής ανάλυσης (Σχ. 6). Οι όποιες διαφορές μπορούν να αποδοθούν τόσο στις διαφορετικές συνθήκες φωτισμού [19, 20], των δύο μεθόδων, όσο και στο ότι το χρωματόμετρο αξιολογεί πολύ μικρή επιφάνεια (διαμέτρου 8mm) σε αντίθεση με την τεχνική της ψηφιακής ανάλυσης η οποία αξιολογεί όλη την ορατή επιφάνεια των δειγμάτων.



Σχήμα 6. Πειραματικές τιμές ΔE^* με χρωματόμετρο έναντι αυτών που προέκυψαν με ψηφιακή ανάλυση εικόνας.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή με χρήση ψηφιακής ανάλυσης εικόνας μελετήθηκε η μεταβολή του χρώματος συντηρούμενης βιολογικής τομάτας με έμφαση στην ολική μεταβολή ΔE^* καθώς και στις αδιάστατες μεταβολές Δa^* και ΔL^* . Η ανάλυση έδειξε ότι το χρώμα μεταβάλλεται γρηγορότερα στις υψηλότερες θερμοκρασίες.

Από την ανάλυση προσδιορίστηκαν τρία μαθηματικά μοντέλα πρόβλεψης τόσο για τις αδιάστατες μεταβολές ΔL^* και Δa^* όσο και για την ολική μεταβολή του χρώματος η οποία εκφράζεται με τον παράγοντα ΔE^* με ανεξάρτητες μεταβλητές την θερμοκρασία και το χρόνο συντήρησης.

Τέλος οι τιμές της ολικής μεταβολής του χρώματος ΔE^* που προέκυψαν από μετρήσεις με χρωματόμετρο παρουσιάζουν αρκετά καλή συσχέτιση ($R^2=0.89$) με αυτές που προέκυψαν από την τεχνική της ψηφιακής ανάλυσης εικόνας. Οι όποιες διαφορές οφείλονται στις διαφορετικές συνθήκες φωτισμού των δύο μεθόδων καθώς και στο ότι το χρωματόμετρο αξιολογεί πολύ μικρή επιφάνεια σε αντίθεση με την τεχνική της ψηφιακής ανάλυσης με την οποία αξιολογείται όλη η ορατή από την κάμερα επιφάνεια των δειγμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abbott, A., J. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 15: 207–225.
2. Brosman, T. and Sun W. D. 2002. Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems – A review. *Computers and Electronics in Agriculture*. 36: 193–213.

3. Clelland, D. and K. Eismann. 2001. Ψηφιακή φωτογραφία.(μετάφ. Γ. Στάμου) Εκδ. Anubis. Αθήνα. σσ. 405.
4. Carvalho Fernando P., 2006. Agriculture, pesticides, food security and food safety' (Review). *Environmental Science & Policy*, 9: 685 – 692.
5. Williams Pamela R.D. and Hammitt James K., 2000. A Comparison of Organic and Conventional Fresh Produce Byers in the Boston Area. *Risk Analysis*, 20(5): 735–746.
6. Worthington Virginia, M.S., Sc.D., C.N.S., 2001. Nutritional Quality of Organic Versus Conventional Fruits, Vegetables, and Grains. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 7 (2): 161–173.
7. Caris–Veyrat C, Amiot MJ, Tyssandier V, Grasselly D, BuretM,Mikolajczak M, Guillaud JC, Bouteloup–Demange C, Borel P., 2004. 'Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status inhumans'. *J Agric Food Chem*, 52: 6503–6509.
8. Hallmann E. and Rembiałkowska E., 2007. 'Comparison of the Nutritive Quality of Tomato Fruits from Organic and Conventional Production in Poland'. 3rd QLIF Congress, Hohenheim, Germany, March 20–23.
9. HunterLab. 2005, Colour Measurement of Lycopene in Tomato and Watermelon Products. HunterLab. Applications Note. Vol. 17, No. 19. http://www.hunterlab.com/appnotes/an09_05r.pdf.
10. USDA, 1991. US. Standards for grades of Greenhouses Tomatoes. USDA, Agr. Mktg. Serv., Washington, DC.
11. HunterLab, 2001, The Basics Of Color Perception and Measurements, HunterLab Presents, Version 1.4. Available at: www.hunterlab.com.
12. Minolta, 1995. *Chroma Meter CR – 300*. Instruction Manual Minolta. Japan. p. 81.
13. Artigas, M., J. and A. Felipe 1987. On the variation of the CIELab coordinates with luminance. *J. Optics*. 18: 81 – 84.
14. HunterLab, 1996. CIE L*a*b* Color Scale. HunterLab The Color Management Company, Applications Note. Vol. 8. No. 7. Available at: http://www.hunterlab.com/appnotes/an07_96a.pdf.
15. Chatzis, E., Xanthopoulos, G. and Lamprinos, Gr. 2007. Evaluation of Storage Temperature Effects on Cultivated Mushrooms (*Agaricus Bisporus*) Colour Aspects by Chroma Meter and Digital Image Analysis. CIGR Section VI 3rd International Symposium, 24–26 September Naples, Italy (in press).
16. Yam, L. K., and E. S. Papadakis. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing colour of food surfaces. *Journal of Food Engineering*. (61). 137–142.
17. Χατζής Ε., Ξανθόπουλος Γ. , Λαμπρινός Γρ. και Κούρτης Α. 2006, Χρωματική Αξιολόγηση μαρουλιού στους 0°C και 10°C με Χρωματόμετρο και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας, *AgroThesis*, 4 (1): 50–56.
18. Μανωλοπούλου Ε., 1987. Παράταση του χρόνου συντήρησης της πράσινης τομάτας με θερμικούς χειρισμούς. *Γεωργική Έρευνα* 11: 233–247.
19. HunterLab, 2000. What is color and How is Measured? HunterLab The Color Management Company, Applications Note. Vol. 12. No. 5. Available at: http://www.hunterlab.com/appnotes/an05_00.pdf.
20. Yang, C. C. & Rodriguez, J. J. 1997. Efficient Luminance and Saturation Processing Techniques. *Journal of Visual Communication and Image Representation*. 8(3): 263–277.