

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ (Ε.Γ.Μ.Ε.)

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

**6^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ
ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

**Η Γεωργική Μηχανική και η Μηχανική
Βιοσυστημάτων στην εποχή των βιοκαυσίμων
και των κλιματικών αλλαγών**

Επιμέλεια Έκδοσης

Β. Αντωνόπουλος,

Π. Γεωργίου και Σ. Βουγιούκας

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

8-10 Οκτωβρίου 2009

Πρακτικά του 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής
Η Γεωργική Μηχανική και η Μηχανική Βιοσυστημάτων στην εποχή των
βιοκαυσίμων και των κλιματικών αλλαγών

ISBN 978-960-6865-12-1

Η αναπαραγωγή των εργασιών έχει γίνει με απευθείας φωτοαντιγραφή και την ευθύνη για το υλικό κάθε εργασίας έχουν οι συγγραφείς.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ) ιδρύθηκε τον Ιούλιο του 1993 με έδρα την Αθήνα και είναι μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης Γεωργικών Μηχανικών (EurAgEng). Η ΕΓΜΕ οργανώνει κάθε δύο έτη το Πανελλήνιο Συνεδρίο της.

Ο παρόν τόμος αποτελεί τα πρακτικά του 6^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου της Γεωργικής Μηχανικής, που έλαβε χώρα στην Θεσσαλονίκη από 8-10 Οκτωβρίου 2009. Το θέμα του συνεδρίου ήταν «Η Γεωργική Μηχανική και η Μηχανική Βιοσυστημάτων στην εποχή των βιοκαυσίμων και των κλιματικών αλλαγών». Περιέχει 103 επιστημονικές ανακοινώσεις που παρουσιάστηκαν στο Συνέδριο. Όλες οι εργασίες κρίθηκαν από μέλη της Επιστημονικής Επιτροπής και άλλους ειδικούς επιστήμονες. Το συνέδριο οργανώθηκε υπό την αιγίδα της Γεωπονικής Σχολής του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και υποστηρίχθηκε από τα μέλη του Τομέα Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής.

Στο Συνέδριο δόθηκε η ευκαιρία στο Επιστημονικό δυναμικό της χώρας μας να παρουσιάσει την πρόοδο της Επιστήμης και τις νέες μεθόδους προσέγγισης σε αντικείμενα που αφορούν τη διαχείριση των υδατικών και εδαφικών πόρων, τα γεωργικά μηχανήματα, τις αγροτικές κατασκευές, την επεξεργασία γεωργικών προϊόντων, την ενέργεια, τις νέες τεχνολογίες και το περιβάλλον.

Η Γεωργική Μηχανική τα τελευταία χρόνια μετεξελίχθηκε σε Μηχανική Βιοσυστημάτων διεθνώς αλλά και στη χώρα μας. Στη Μηχανική Βιοσυστημάτων αξιοποιούνται οι αρχές της μηχανικής και της βιολογίας για να δοθούν λύσεις σε προβλήματα που αφορούν τους ζωντανούς οργανισμούς και το φυσικό περιβάλλον. Έχει σαν στόχο την εξασφάλιση των απαραίτητων εφοδίων για τη ζωή: ασφαλή και επαρκή τρόφιμα για τη διατροφή, πόσιμο καθαρό νερό, καθαρά καύσιμα και πηγές ενέργειας, ασφαλές και υγιές περιβάλλον για τη διαβίωση.

Οι δύο προκλήσεις των ημερών είναι τα βιοκαύσιμα και η κλιματική αλλαγή. Είναι δύο θέματα που βρίσκονται στο επίκεντρο των ενδιαφερόντων των Μηχανικών Βιοσυστημάτων. Η κλιματική αλλαγή επηρεάζεται από τις δραστηριότητες της Γεωργίας, αλλά και επηρεάζει την παραγωγικότητα φυτών και ζώων. Οι αναμενόμενες μεταβολές στη θερμοκρασία, τη βροχόπτωση, τη σχετική υγρασία, τα πλημμυρικά φαινόμενα και τη ξηρασία θα επηρεάσουν την ανάπτυξη των φυτών και τη διαβίωση των ζώων και του φυσικού περιβάλλοντος, όπου αναπτύσσονται και εκτρέφονται. Η διαχείριση της καλλιέργειας των αγρών ιδιαίτερα σε οργανικά εδάφη και των αποβλήτων των ζώων, επιβάλλεται για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, N₂O, CH₄). Η παραγωγή και η χρήση των βιοκαυσίμων αυξάνει συνεχώς. Συνδέεται, όμως με τη αύξηση της ζήτησης των προϊόντων ορισμένων καλλιεργειών, όπως αραβοσίτου, γεγονός που έχει επιπτώσεις στις τιμές τους και μερικές φορές στην ενίσχυση του επισιτιστικού προβλήματος και την κατασπατάληση υδατικών και εδαφικών πόρων.

Εκφράζονται θερμές ευχαριστίες προς τα μέλη της Οργανωτικής και Επιστημονικής Επιτροπής του συνεδρίου, τους συγγραφείς και τους κριτές των εργασιών που αφιέρωσαν πολύτιμο χρόνο για την επιστημονικά αρτιότερη οργάνωση του συνεδρίου.

Προς την Επιτροπή Ερευνών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, το ΥΠΕΧΩΔΕ, το ΓΕΩΤΕΕ καθώς και τους άλλους χορηγούς και εκθέτες απευθύνονται ειλικρινείς ευχαριστίες για την οικονομική ενίσχυση που προσέφεραν ώστε να πραγματοποιηθεί με επιτυχία το παρόν συνέδριο.

Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος 2009
Καθηγητής, Βασίλειος Ζ. Αντωνόπουλος
Πρόεδρος Οργανωτικής Επιτροπής

Οργανωτική Επιτροπή Συνεδρίου

Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ., πρόεδρος ΕΓΜΕ
Τσατσαρέλης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ., αντιπρόεδρος ΕΓΜΕ
Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Παυλάτου-Βε Α., Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Βουγιούκας Σ., Επίκουρος Καθηγητής Α.Π.Θ., γραμματέας ΕΓΜΕ
Γεωργίου Π., Λέκτορας Α.Π.Θ., ταμίας ΕΓΜΕ
Τελόγλου Η., Επίκουρος Καθηγητής Α.Τ.Ε.Ι.Θ.
Ταμβακίδης Σ., Δρ. Γεωπόνος, υπάλληλος ΔΥ-ΠΚΜ
Εσκιάδης Δ., Πρόεδρος Εισαγωγέων-Κατασκευαστών Γεωργικών Μηχανημάτων
Ασχονίτης Β., Γραμματέας συνεδρίου

Επιστημονική Επιτροπή

Αναστασιάδου-Παρθενίου Ε., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Βουγιούκας Σ., Επικ. Καθηγητής Α.Π.Θ.
Γέμτος Θ., Καθηγητής Π.Θ.
Γεωργίου Π., Λέκτορας Α.Π.Θ.
Γιαννόπουλος Σ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Δαλέζιος Ν., Καθηγητής Π.Θ.
Ζήσης Θ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Καραμούζης Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Κατσούλας Ν., Λέκτορας Π.Θ.
Κερκίδης Π., Καθηγητής Γ.Π.Α
Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.
Λαμπρινός Γ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Μαρτζόπουλος Γ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μισοπολινός Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπριασούλης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Παναγάκης Π., Επικ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παναγιωτόπουλος Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Παπαδάκης Γ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παπαμιχαήλ Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Παρισόπουλος Γ., ΕΘΙΑΓΕ
Παυλάτου-Βε Α., Αν. Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.
Τσατσαρέλης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Κριτές Επιστημονικών Εργασιών

Αγγελοπούλου Κ.	Καλμπουρτζή Κ.	Μπόχτης Δ.
Ακριτίδης Κ.	Καλφούντζος Δ.	Μυστριώτης Α.
Αλεξίου Ι.	Κανακούδης Β.	Νάνος Γ.
Αλχανάκης Β.	Καραμούζης Δ.	Νάτσης Α.
Αλεξανδρίδης Θ.	Καραρίζος Π.	Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ.
Αναγνωστόπουλος Π.	Καρπούζος Δ.	Ντιούδης Π.
Αναγνωστοπούλου Χ.	Καρυδάς Χ.	Ξανθόπουλος Γ.
Αναστασιάδου-Παρθενίου Ε.	Κατσανίδης Ε.	Παναγάκης Π.
Αντωνόπουλος Β.	Κατσούλας Ν.	Παναγιωτόπουλος Κ.
Αραμπατζής Γ.	Κεραμίδας Β.	Παπαδάκης Γ.
Αργυροκαστρίτης Ι.	Κερκίδης Π.	Παπαδόπουλος Α.
Βαρζάκας Θ.	Κίττας Κ.	Παπαμιχαήλ Δ.
Βουγιούκας Σ.	Κολοκυθά Ε.	Παρισόπουλος Γ.
Βουδούρης Κ.	Κουνδουράς Σ.	Πατέρας Δ.
Βύρλας Π.	Κωστοπούλου Σ.	Παυλάτου-Βε Α.
Γέμτος Θ.	Κωτσόπουλος Θ.	Ράπτη Ε.
Γεωργίου Π.	Κωτσόπουλος Σ.	Σαπουντζής Μ.
Γιαννόπουλος Σ.	Λαζαρίδης Χ.	Σέμος Α.
Γιαννούλη Π.	Λαμπρινός Γ.	Ταμβακίδης Σ.
Γράβαλος Ι.	Λουκάς Α.	Τούλιος Λ.
Δαναλάτος Ν.	Μαλάμος Ν.	Τσατσαρέλης Κ.
Δεδούσης Α.	Μαμώλος Α.	Υψηλάντης Ι.
Δέρκας Ν.	Ματσή Θ.	Φερεντίνος Κ.
Δημητριάδης Α.	Μαυρογιαννόπουλος Γ.	Φουντάς Σ.
Διαμαντοπούλου Μ.	Μισοπολινός Ν.	Φράγκος Β.
Ελμαλόγλου Σ.	Μόσχου Δ.	Χατζηγιαννάκης Ε.
Ζαλίδης Γ.	Μπαμπατζιμόπουλος Χ.	Χρήστου-Βαρσακέλης Δ.
Ζήσης Θ.	Μπαρμπαγιάννης Ν.	Ψυχογιού Μ.
Καλαβρουζιώτης Ι.	Μπαρτζάνας Θ.	

Επικοινωνία – αλληλογραφία - πληροφορίες

Αντωνόπουλος Βασίλης

Καθηγητής Α.Π.Θ.

Γεωπονική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
54124 Θεσσαλονίκη

Τηλ. 2310-998745, 2310-998716, 2310-998752

Fax: 2310-998767

E-mail: vasanton@agro.auth.gr, egme2009@gmail.com

Internet: www.egme.gr, www.egme2009.web.auth.gr

EurAgEn: www.eurageng.org

ΧΟΡΗΓΟΙ

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται από μέρους της Οργανωτικής Επιτροπής του Συνεδρίου στους χορηγούς και τους εκθέτες που βοήθησαν στην υλοποίησή του.



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΡΕΥΝΩΝ



Scientact a.E.



ΑΓΡΕΚ

Κ. ΣΑΜΑΝΤΟΥΡΟΣ Α.Ε.



ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ

Θερμότητα – Μεταλλικά Κτίρια - Εξοπλισμός
ΒΙ.Π.Ε.Θ ΣΙΝΔΟΥ Τ.Θ. 1144, 570 22 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
TEL. +30-2310-797001/3 FAX :+30-2310-797004
Web. www.geotherm.gr , E.mail : geotherm@otenet.gr

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ



Υδατικοί Πόροι

- ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΣΧΕΣΕΩΝ ΝΕΡΟΥ – ΑΠΟΔΟΣΗΣ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ SWBACROS
Χ. Καλλιτσάρη, Π. Γεωργίου και Χ. Μπαμπατζιμόπουλος 3
- ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΚΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΟΡΥΖΩΝΩΝ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΤΗΣ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΤΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ VAN GENUCHTEN
Β.Γ. Ασχονίτης και Β.Ζ. Αντωνόπουλος..... 11
- Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΜΕΤΩΠΙΟΥ ΔΙΑΒΡΟΧΗΣ
ΚΑΙ ΣΤΗ ΒΑΘΙΑ ΔΙΗΘΗΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ
ΑΡΔΕΥΣΗΣ
Ε. Διαμαντόπουλος και Σ. Ελμαλόγλου..... 19
- ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ WAVE ΣΤΙΣ
ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ
Ι.Γ. Αλεξίου, Δ.Μ. Παπαμιχαήλ και Β.Ζ. Αντωνόπουλος 27
- ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΑΓΡΟ ΥΠΟ
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ
SWMS_3D
Β.Ζ. Αντωνόπουλος και Σ.Α. Κωτσόπουλος..... 35
- ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ SALTMED ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ
ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ
Δ. Καλφούντζος, R. Ragab, Π. Βύρλας, Π. Καλφούντζος και Δ. Πατέρας 43
- ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΥ
ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΡΤΑΣ
Ι.Α. Τσιρογιάννης και Σ. Τριάντος..... 51
- ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ WET ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ
ΥΓΡΑΣΙΑΣ
Γ. Κάργας και Π. Κερκίδης..... 59
- ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΕΣΣΕΡΕΙΣ ΔΙΑΔΟΧΙΚΟΥΣ ΜΗΝΕΣ ΣΤΗΝ
ΑΘΗΝΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ
ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ
Κ.Π. Μουστρής, Ι.Κ. Λαρίσση και Α.Γ. Παλιατσός..... 67
- ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΓΝΩΣΕΙΣ
ΚΑΙΡΟΥ ΓΙΑ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
Ι. Πυθαρούλης..... 75
- ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΧΕΙΜΩΝΑ
Γ. Δημόκας, Κ. Κίττας και Μ. Tchamitchian 83
- ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ
ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ
Χ. Ράπτη, Χ. Ευαγγελίδης και Γ. Αραμπατζής 91
- ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΣΤΙΣ ΒΑΣΙΚΕΣ
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΦΛΩΡΙΝΑΣ
Β.Θ. Αμπας, Ε.Α. Μπαλτάς, Δ.Μ. Παπαμιχαήλ και Π.Ε. Γεωργίου..... 99

- ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΠΙΟΝΗΣΗΣ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ
ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΛΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ
*Ι. Αργυροκαστρίτης, Σ. Φραγκίστα, Χ. Βαμβακούλας, Θ. Δαμιανίδης,
Σ. Αλεξανδρή και Π. Παπαστυλιανού..... 107*
- ΜΙΚΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΓΙΑ
ΠΑΤΑΤΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΡΚΑΔΙΑ
Ν. Προύτσος, Α. Λιακατάς, Α. Κοτρώζου και Σ. Αλεξανδρή..... 115
- ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ (ΣΥΜΒΙΒΑΣΤΙΚΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ) ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΛΙΒΑΔΙΟΥ ΛΑΡΙΣΗΣ
Π. Καρασαββίδης, Χ. Τζιμόπουλος και Χ. Ευαγγελίδης..... 123
- ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ
ΜΕ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ
ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΝΕΣΤΟΥ
Χ. Τζιμόπουλος, Σ. Γιαννόπουλος και Χ. Ευαγγελίδης..... 131
- ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΗΣ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ BOUSSINESQ
ΓΙΑ ΤΗ ΜΗ ΜΟΝΙΜΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΗ
Η. Τελόγλου και Θ. Ζήσης..... 139
- ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ ΤΩΝ
ΔΙΑΣΤΡΩΜΕΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ TOKSÖZ - KIRKHAM
Μ.Ε. Θεοχάρης 147
- ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΧΕΙΡΙΣΜΩΝ ΘΥΡΟΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΙΚΡΗΣ
ΠΡΕΣΠΙΑΣ ΣΤΗ ΣΤΑΘΜΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ
Γ. Παρισόπουλος, Μ. Μαλακού, Γ. Σαουντζάκης και Μ. Γιαμούρη 155
- ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΙΣ
ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΕΣ ΑΠΟΡΡΟΕΣ
Κ. Σούλης, Π. Λόντρα, Δ. Αλωνιστιώτη, Ε. Πολλάλης και Ι. Βαλιάντζας..... 163
- ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ
ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ
Κ. Χατζηπαραδείση, Κ. Τολίκα και Ν. Θεοδοσίου..... 171

Εδαφικοί Πόροι

-
- ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΒΕΣΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΝΡΚ ΣΤΗ
ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΠΝΟΥ
(VIRGINIA) ΣΕ ΟΞΙΝΑ ΕΔΑΦΗ ΣΤΗΝ ΘΕΣΣΑΛΙΑ
Ε. Σταυρινός, Α. Δημήτρου, Γ. Ζαλίδης, Ν. Μισσοπολινός, Γ. Μπίλας..... 181
 - ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟ ΚΑΛΑΜΙΩΝΕΣ (*Phragmites australis*) ΓΙΑ
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΟΜΠΟΣΤΑΣ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ
Α. Τουμπέλη, Α. Παυλάτου-Βε, Σ. Κωστοπούλου, Α. Μαμώλος και Κ. Καλμπουρτζή..... 189
 - ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΚΠΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΤΗΣ ΑΡΓΙΛΟΥ ΚΑΙ ΤΗ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΕΝΟΣ ΑΛΑΤΟΥΧΟΥ-ΝΑΤΡΙΩΜΕΝΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ
Σ.Κ. Κωστοπούλου και Σ. Τάτσης 197
 - ΔΟΚΙΜΗ ΤΗΣ USLE ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ
Δ. Πατέρας, Χ. Τερζούδη και Θ. Γέμτος 205
 - ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΣΕ ΟΞΙΝΑ ΚΑΙ ΑΣΒΕΣΤΩΜΕΝΑ ΕΔΑΦΗ
Β. Αντωνιάδης, Δ. Μπαχτσεβανίδης και Φ. Χαντζής 213

- Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΕΙΣΡΟΩΝ ΤΟΥ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΜΑΛΩΝ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ
Π.Σ. Βαγγελιάτου, Θ.Ε. Σιμιτοπούλου και Κ.Χ. Αγγελόπουλος..... 221
- ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΟ ΚΡΙΘΑΡΙ
Χ. Πασχαλίδης, Β. Καββαδίας, Δ. Πετρόπουλος, Α. Κορίκη και Α. Πανδής..... 229
- ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΑΣΕΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ ΑΠΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ ΦΟΡΤΙΟ
Χ. Χαλβατζής και Ι.Κ. Καλαβρουζιώτης 235

Υπολογιστικά Μοντέλα στη Γεωργική Μηχανική

- ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΞΩΔΟΥΣ ΡΟΗΣ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΤΟΞΩΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ
Δ.Α. Κατέρης, Ι.Ν. Ντάντος, Σ. Παπουτσή–Ψυχουδάκη και Β.Π. Φράγκος..... 245
- ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΙΣ ΕΚΒΟΛΕΣ ΤΟΥ ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΥ ΑΥΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΓΡΑΦΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΔΕΣΜΗΣ (H-ADCP)
Σ. Βουγιούκας, Δ. Παπαμιχαήλ, Π. Γεωργίου και Δ. Παπαδήμος..... 253
- ΔΙΔΙΑΣΤΑΤΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΡΟΗΣ ΑΕΡΑ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΔΥΟ ΔΙΑΔΟΧΙΚΕΣ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ
Ι.Ν. Ντάντος, Δ.Α. Κατέρης, Σ. Παπουτσή–Ψυχουδάκη και Β.Π. Φράγκος..... 261
- ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΡΟΗΣ & ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΕ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ
Κ. Μπαζεβάνου, Δ. Φεΐδαρος, Δ. Παπαναστασίου, Θ. Μπαρτζάνας και Κ. Κίττας 269
- ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΕ ΤΥΠΙΚΟ ΤΟΞΩΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ
Θ. Μπαρτζάνας, Δ. Φεΐδαρος, Α. Μπαζεβάνου και Κ. Κίττας..... 277
- ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΙΟΥ ΜΕ ΦΥΤΕΜΕΝΗ ΟΡΟΦΗ
Δ. Φεΐδαρος, Κ. Μπαζεβάνου, Θ. Μπαρτζάνας και Κ. Κίττας..... 285

Τεχνολογία Περιβάλλοντος

- ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΑΛΓΗ ΚΑΙ ΜΕ ΜΑΚΡΟΦΥΤΑ (DUCKWEED) ΓΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΟΘΡΟΛΥΜΑΤΩΝ
Φ.Η. Παπαδόπουλος και Β.Α. Τσιχριντζής 295
- ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΜΕ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΣ ΑΞΙΑΣ
Φ.Δ. Γάλλιον, Δ.Κ. Καρπούζος και Δ. Καραμούζης 303
- ΕΜΠΕΙΡΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΥΡΕΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ
Α. Πανώρας, Α. Ηλίας, Ε. Χατζηγιαννάκης, Γ. Αραμπαζής, Α. Ζδράγκας, Α. Παναγόπουλος, Σ. Σωτηράκη, Η. Παρούσης, Γ. Πανώρας, Θ. Μπόγιας, Α. Σουπίλας και Α. Νούλα..... 311
- ΑΖΩΤΟΥΧΟΣ ΛΙΠΑΝΣΗ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ
Ν. Δαναλάτος, Σ. Αρχοντούλης, Δ. Μπαρτζιάλης, Α. Σιάνου, Δ. Ζαϊτούδης..... 321
- ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
Δ. Μπριασούλης, Μ. Χισκάκης, Ε. Μπάμπου, Σ. Αντίοχος και Κ. Παπάδη..... 329

- ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΚΑΙ ΣΤΑ ΦΥΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ
ΓΛΥΚΟΥ ΣΟΡΓΟΥ [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]
Α.Β. Κουβέλας και Κ.Χ. Αγγελόπουλος..... 341
- ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ
ΣΕ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΜΕ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΣΜΟ
Δ.Κ. Παπαναστασίου, Δ. Φεΐδαρος, Α. Μπαζεβάνου, Θ. Μπαρτζάνας και Κ. Κίττας..... 349
- ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΟΜΑΛΩΝ ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ
Θ.Ε. Σιμιτοπούλου, Π.Σ. Βαγγελάτου και Κ.Χ. Αγγελόπουλος..... 357

Οικονομικά Θέματα Γεωργικής Μηχανικής

- ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ
ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ
Α.Γ. Λιάπης, Π.Ε. Γεωργίου και Δ.Μ. Παπαμιχαήλ..... 367
- ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΥΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΕΡΩΝ
ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ
Δ. Παγίδης και Δ. Λατινόπουλος..... 375
- ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΛΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗΣ
ΑΡΔΕΥΣΗΣ
Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Ε. Μυγδάκος και Χ. Παπανικολάου..... 383
- ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ
ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ
Π. Γεωργίου και Κ. Βουδούρης..... 391
- ΤΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΡΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΗ
ΘΕΣΣΑΛΙΑ
Α. Ταγαράκης, Χ. Καραμούτης, Χ. Καβαλάρης, Ε. Μυγδάκος και Θ.Α. Γέμτος..... 399
- ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΛΑΧΑΝΟΥ:
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
Ε. Μυγδάκος, Α. Ρεζίτης, Ι. Σωτηρόπουλος και Μ. Ζώζουλα..... 407
- ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 2006-2007
Ε. Μυγδάκος, Α. Ρεζίτης και Χ. Κελεπούρης..... 415

Γεωργικά Μηχανήματα - Εξοπλισμοί

- ΔΟΝΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΑΘΙΣΜΑ ΤΟΥ ΧΕΙΡΙΣΤΗ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΣΕ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕ ΔΙΣΚΟΣΒΑΡΝΑ
*Θ. Γιαλαμάς, Δ. Κατέρης, Ι. Γράβαλος, Π. Ξυραδάκης, Ζ. Τσιρόπουλος,
Χ. Δημητριάδης, Κ.Α. Τσατσαρέλης και Θ.Α. Γέμτος*..... 425
- ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ DIESEL
Ι. Γράβαλος, Ζ. Τσιρόπουλος, Θ. Γιαλαμάς, Δ. Κατέρης και Π. Ξυραδάκης..... 433
- ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ
Ι. Γράβαλος, Θ. Γιαλαμάς, Δ. Κατέρης, Ζ. Τσιρόπουλος και Π. Ξυραδάκης..... 441
- Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ
ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΑΙΘΕΡΙΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΒΑΝΤΑ
Χ.Ι. Δημητριάδης, J.L. Brighton, Ι.Φ. Κόκκορας, Μ.Ι. Κόκκορα και Θ. Γιαλαμάς..... 449
- ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕ
ΔΙΣΚΟΣΒΑΡΝΑ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ
Χ.Κ. Κοτσακιώτη και Κ.Α. Τσατσαρέλης..... 457

• ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ <i>Α. Σβέρκου, Α. Νάτσης, Γ. Λαμπρινός και Θ.Α.Γέμτος</i>	465
• ΔΟΝΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΑΘΙΣΜΑ ΤΟΥ ΧΕΙΡΙΣΤΗ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΡΟΣΗΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ <i>Θ.Α. Γιαλαμάς, Ι. Γράβαλος, Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Ζ. Τσιρόπουλος, Κ.Α. Τσατσαρέλης, Δ. Μόσχου και Θ.Α. Γέμτος</i>	471
• ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΘΑΡΟΥ ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΜΕ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ & ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΕΓΧΥΣΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ <i>Α. Μπαλαφούτης, Α. Παπαγιαννοπούλου, Α. Γερονικολού, Α. Νάτσης και Γ. Παπαδάκης</i>	479
• ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ <i>Σ. Πασιτόπουλος, Σ. Φουντάς και Θ. Γέμτος</i>	489
• ΟΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΤΟΥ ΠΡΟΩΘΗΤΗ ΓΑΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΜΟΧΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ <i>Π.Β. Καραρίζος, Ε.Α. Καραγιάννης, Ε.Ν. Λάμπου και Μ.Γ. Καλαϊτζή</i>	497
• ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΦΟΡΤΩΣΗΣ ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ <i>Ε.Α. Καραγιάννης, Π.Β. Καραρίζος, Ε.Ν. Λάμπου και Κ.Π. Ζάννης</i>	505
• ΧΡΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ <i>Ε.Α. Καραγιάννης, Π.Β. Καραρίζος, Ε.Ν. Λάμπου και Μ.Γ. Καλαϊτζή</i>	513
• ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ, ΣΠΟΡΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ <i>Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης και Θ.Α. Γέμτος</i>	521
• ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ <i>Ι.Γ. Αμπατζίδης, Ι.Α. Σπανομήτρος και Δ.Χ. Χατζημπεντέλης</i>	531

Αγροτικές Κατασκευές

• ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΤΟΞΩΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ <i>Χ. Παπαϊωάννου, Ν. Κατσούλας και Κ. Κίττας</i>	541
• ΣΥΜΒΟΛΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΩΣ ΥΔΡΟΡΡΟΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ <i>Γ. Ντίνας και Χ. Νικήτα-Μαρτζοπούλου</i>	549
• ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΠΙΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΕΤΑΣΜΑΤΟΣ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ <i>Α. Γιαννούλης, Α. Μυστριώτης και Δ. Μπριασούλης</i>	557
• ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΜΕ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟ ΜΕ ΥΔΡΟΡΡΟΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ <i>Γ. Ντίνας, Ε. Καρανίκας και Χ. Νικήτα-Μαρτζοπούλου</i>	567
• ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ <i>Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας, Θ. Μπαρτζάνας, Χ. Λύκας και Μ. Τσετσελίδου</i>	575

- ΧΟΙΡΟΣΤΑΣΙΟΥ ΚΑΙ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΟΥ ΣΕ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ ΕΦΑΠΙΑΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ (BATCH DIGESTERS) ΣΤΗ ΜΕΣΟΦΙΛΗ ΖΩΝΗ
Π. Κούγιας, Α. Βέργος, Θ. Κωτσόπουλος και Γ. Μαρτζόπουλος 583

Νέες Τεχνολογίες στη Γεωργική Μηχανική

- ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΜΟΝΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΩΝ ΣΤΑΦΥΛΙΩΝ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ
Ι.Γ. Αμπατζίδης και Σ.Γ. Βουγιούκας..... 593
- ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΙ ΧΩΡΙΚΗ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΗΛΙΑΣ ΜΕ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΘΟΦΟΡΙΑΣ ΜΕΣΩ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ
Α.Α. Κουτσοστάθης, Δ. Μπόχτης, Α. Αγγελόπουλου, Σπ. Φουντάς και Θ. Γέμτος 601
- ΒΑΘΜΟΝΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ ΤΟΜΑΤΑΣ
Κ. Πεπονάκης, Ν. Κατσούλας και Κ. Κίττας 609
- ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΝΩΠΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΟΠΩΡΟΦΟΡΩΝ ΔΕΝΔΡΩΝ
Ι.Γ. Αμπατζίδης και Σ.Γ. Βουγιούκας..... 617
- ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΙΑ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ
Σ. Φουντάς, Κ. Μπουλουλή, Κ. Αγγελοπούλου, Ν. Γιαννόπουλος, Θ. Γέμτος, Γ. Νάνος, Α. Παρασκευόπουλος και Μ. Γαλάνης..... 625
- ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΓΚΕΡΑΣΜΟΥ ΠΟΛΥΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
Δ. Μόσχου..... 633
- ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΚΟΜΒΩΝ ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΒΑΣΙΖΟΜΕΝΗ ΣΤΟΝ LGR ΑΛΓΟΡΙΘΜΟ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ
Α. Ξενάκης, Α. Περλεπές, Π. Κίκiras και Γ. Σταμούλης..... 641
- ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ Π. ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΣΤΡΕΦΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ
Χ. Καρυδάς, Β. Αντωνόπουλος, Γ. Ζαλίδης, Δ. Παπαμιχαήλ και Ν. Σύλλαϊος..... 649
- ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΕ ΑΜΠΕΛΩΝΑ
Γ. Στουγιάννης, Α. Περλεπές, Σ. Φουντάς, Θ.Α. Γέμτος και Π. Κίκiras..... 657
- ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ
Δ.Δ. Μπόχτης, S.G. Sørensen, O. Green, A. Klose και K.A. Andersen..... 665
- ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΥΡΩΣΤΩΝ ΕΛΕΓΚΤΩΝ ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ
Α.Γ. Σολδάτος, Σ.Γ. Σαφαρίδης και Κ.Γ. Αρβανίτης 673
- ΧΡΗΣΗ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗ ΕΓΓΥΣ ΥΠΕΡΥΘΡΟΥ ΦΩΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΔΙΟΥ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΡΑΧΙΔΑΣ
Α. Περιστέρόπουλος, Γ. Βελλίδης, Σ. Φουντάς και Θ.Α. Γέμτος..... 681

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Εξοικονόμηση Ενέργειας στη Γεωργία

- ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΡΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ
Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Α. Ταγαράκης και Θ.Α. Γέμτος 691

• Η ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΡΙΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ <i>Θ.Α. Γέμτος, Χρ. Καβαλάρης, Χρ. Καραμούτης και Σπ. Φουντάς</i>	699
• ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΟΡΓΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ <i>Χ. Παπανικολάου και Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη</i>	707
• ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΓΛΥΚΟΥ ΣΟΡΓΟΥ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ <i>Κ.Χ. Αγγελόπουλος, Α.Β. Κούβελας, Α. Καμπράνης, Α.Ν. Θεοδωρακοπούλου</i>	715
• ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΤΥΡΟΓΑΛΑ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΟ ΜΕ ΥΓΡΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΧΟΙΡΟΣΤΑΣΙΟΥ <i>Αν. Κακούρος, Δ. Γεωργακάκης και Β. Φούντα</i>	721
• ΝΕΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ ΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ <i>Α. Λεβέντη και Γρ. Λαμπρινός</i>	729
• ΕΠΟΧΙΑΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ <i>Μ. Χιονίδης και Γρ. Λαμπρινός</i>	737

Μετασυλλεκτική – Μετασυγκομιστική Τεχνολογία

• Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΗΣ» ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ <i>Α. Χριστόπουλος, Κ. Ρεκούμη και Ε. Μανωλοπούλου</i>	747
• ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΝΩΠΩΝ ΚΑΡΠΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΨΕΥΔΟΚΑΡΠΟΥ <i>Γ.Δ. Νάνος, Στ. Λεοντόπουλος και Θ. Γέμτος</i>	755
• Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΜΗΛΩΝ ΑΠΟ ΜΩΛΩΠΙΣΜΟΥΣ <i>Γ.Δ. Νάνος, Σ. Λεοντόπουλος και Θ. Γέμτος</i>	763
• ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΕ ΘΕΡΜΟ ΑΕΡΑ ΕΔΩΔΙΜΟΥ ΜΑΝΙΤΑΡΙΟΥ <i>AGARICUS BISPORUS</i> <i>Θ. Σωτηριάδης, Ε. Π. Αγγλογάλλος, Γ. Ξανθόπουλος και Γρ. Λαμπρινός</i>	771
• ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΣΕ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΑΛΙΕΥΜΑΤΩΝ <i>Ε.Γ. Χατζής, Κ.Δ. Σιαφαρίκας και Στ. Ψυχογιού</i>	779
• ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ» ΜΗΛΩΝ <i>GOLDEN DELICIOUS</i> ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ <i>Ε.Γ. Χατζής, Ε. Μανωλοπούλου, Ε. Αραβαντινός-Καρλάτος, Γ. Ξανθόπουλος και Γρ. Λαμπρινός</i>	787
• ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΤΟΜΙΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ <i>AGARICUS BISPORUS</i> <i>Ε-Π. Αγγλογάλλος, Θ. Σωτηριάδης, Γ. Ξανθόπουλος και Γρ. Λαμπρινός</i>	795
• ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΛΑΜΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ ΩΣ ΒΙΟΜΑΖΑ <i>Α.Ν. Δημητριάδης</i>	805
• ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΡΙΩΝ ΣΤΕΛΕΧΩΝ ΜΑΝΙΤΑΡΙΟΥ <i>AGARICUS BISPORUS</i> <i>Α. Κέφη, Γ. Ξανθόπουλος, Ε. Μανωλοπούλου και Γρ. Λαμπρινός</i>	815

- ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΔΙΟΥ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ ΜΗΛΟΥ»
Delicious Pilafa
Ε. Μανωλοπούλου, Γρ. Λαμπρινός, Γ. Ξανθόπουλος, Ε. Χατζής και
Ε. Αραβαντινός–Καρλάτος..... 823
- ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ
Στ. Ψυχογιού, Α. Κατσογιάννη, Ε. Μανωλοπούλου, Γ. Ξανθόπουλος
Ε. Χατζής και Γρ. Λαμπρινός 831
- ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΨΥΞΗ
Στ. Ψυχογιού, Α. Κατσογιάννη, Ε. Μανωλοπούλου, Γ. Ξανθόπουλος και
Γρ. Λαμπρινός..... 841
- ΤΕΧΝΗΤΗ ΞΗΡΑΝΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ
AGARICUS BISPORUS ΣΕ ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ
Θ. Σωτηριάδης, Π–Ε Αγγλογάλλος, Γ. Ξανθόπουλος και Γρ. Λαμπρινός 849

Ευρετήριο Συγγραφέων **857**

Θεματικό Ευρετήριο **863**

6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο
της Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος



**ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ-
ΜΕΤΑΣΥΓΚΟΜΙΣΤΙΚΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ**

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΗΣ» ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ

Α. Χριστόπουλος, Κ. Ρεκούμη και Ε. Μανωλοπούλου*

Τμήμα Φ.Π, Σχολή Τ.Ε.Γ., ΤΕΙ Καλαμάτας,

Αντικάλαμος–Καλαμάτα, Τ.Κ. 24100

*E-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας συντήρησης και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) στα ποιοτικά χαρακτηριστικά κομμένης πράσινης πιπεριάς ποικιλίας Guardian F1.H συσκευασία έγινε με φύλλα πολυαιθυλενίου (PE) χαμηλής πυκνότητας και πάχους 70μm, (PE–LD70), μέσης πυκνότητας και πάχους 50 μm (PE–MD50) και PVC, η δε θερμοκρασία συντήρησης ήταν 5 και 10 °C. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η θερμοκρασία των 5 °C σε συνδυασμό με την τροποποιημένη ατμόσφαιρα διατήρησαν καλλίτερα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, περιεκτικότητα σε βιταμίνη C, εξωτερική εμφάνιση) της κομμένης «ελάχιστα επεξεργασμένης» πράσινης πιπεριάς για 14 ημέρες.

Λέξεις κλειδιά: κομμένη πράσινη πιπεριά, συντήρηση, τροποποιημένη ατμόσφαιρα, ποιοτικά χαρακτηριστικά.

TEMPERATURE AND MODIFIED ATMOSPHERE INFLUENCE IN THE STORAGE OF “FRESH–CUT” GREEN BELL PEPPER

A. Christopoulos, K. Rekoumi, E. Manolopoulou*

Dep. of Crop Science, Faculty of Agricultural Technology, Technological

Educational Institute of Kalamata, Antikalamos, 24100 Kalamata

*E-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

ABSTRACT

Aim of this work was to study the combined effect of two storage temperatures and the modified atmosphere packaging on a series of quality characteristics of fresh–cut green bell pepper var. *Guardian F1*. For this purpose three different packaging films were tested which were a low density polyethylene film of 70 μm thickness, a medium density polyethylene film of 50 μm thickness and a PVC film. The two storage temperatures used in this experiment were 5 °C and 10 °C. The best results in terms of minimal degradation of the monitored quality characteristics for a period of 14 days storage were achieved by the combined effect of 5 °C storage temperature and modified atmosphere packaging.

Key words: fresh–cut green pepper, storage, modified atmosphere, quality.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εμπορία των φρεσκοκομμένων προϊόντων αυξήθηκε πολύ γρήγορα τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της αυξημένης ζήτησης των καταναλωτών για προϊόντα φρέσκα έτοιμα για κατανάλωση (Ohlsson, 1994). Τα «ελάχιστα επεξεργασμένα» φρούτα και λαχανικά διατηρούν τα φυσικά τους χαρακτηριστικά και ποιοτικά θεωρούνται όμοια με τα φρέσκα. Η γραμμή της παραγωγής τους περιλαμβάνει απλούς φυσικούς χειρισμούς όπως: πλύσιμο, απολύμανση, κόψιμο, στέγνωμα. Οι βλάβες που δημιουργούνται κατά την προετοιμασία διεγείρουν την αναπνευστική δραστηριότητα και άλλες μεταβολικές δραστηριότητες, τα καθιστούν ευάλωτα στις μικροβιολογικές προσβολές και υποβαθμίζουν την ποιότητά τους (Watada and Yamuchi, 1990; Varoquaux and Wiley 1994; Cantwell, 1998).

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 μεταβολής του χρώματος, της βιοσύνθεσης και δράσης του αιθυλενίου και τέλος της ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Η πιπεριά είναι λαχανικό που χρησιμοποιείται ευρέως για τη γεύση της, το χρώμα της και την υψηλή περιεκτικότητά της σε βιταμίνη C, βιταμίνη A και καροτινοειδή (Raffo et al., 2008). Από μελέτες προκύπτει ότι η πιπεριά προσφέρεται για τη δημιουργία «ελάχιστα επεξεργασμένου» προϊόντος (Senesi et al., 2000; Gonzalez et al., 2004; Raffo et al., 2008). Η πιπεριά είναι προϊόν ευαίσθητο στις χαμηλές θερμοκρασίες γι' αυτό η ενδεικνύομενη θερμοκρασία συντήρησης κυμαίνεται μεταξύ 7 και 12 °C (IIF, 2000).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της επίδρασης της τροποποιημένης ατμόσφαιρας και της θερμοκρασίας συντήρησης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά (απώλεια βάρους, χρώμα, περιεκτικότητα σε βιταμίνη C, οργανοληπτική αξιολόγηση) κομμένης και συσκευασμένης πράσινης πιπεριάς.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Πράσινες πιπεριές ποικιλίας Guardian F1 συγκομίστηκαν στο στάδιο της «εμπορικής ωριμότητας» στη Μεσσηνία τους μήνες Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 2008. Μεταφέρθηκαν αμέσως στο εργαστήριο «Μετασυλλεκτικών/Μετασυγκομιστικών Χειρισμών» του ΤΕΙ-Καλαμάτας και προετοιμάστηκαν την ίδια ημέρα. Στην αρχή έγινε διαλογή ως προς το μέγεθος και το χρώμα και απομακρύνθηκαν οι ελαττωματικές πιπεριές, ακολούθησε πλύσιμο με νερό βρύσης που περιείχε 100 ppm NaOCl, ξέβγαλμα και σκούπισμα με απορροφητικό χαρτί. Στη συνέχεια απομακρύνθηκε το εσωτερικό της πιπεριάς και το εδώδιμο τμήμα κόπηκε σε δακτυλίδια πάχους 0,5 cm. Το κόψιμο έγινε με το χέρι με πολύ κοφτερό μαχαίρι. Τα δακτυλίδια της πιπεριάς απολυμάνθηκαν με εμβάπτιση σε διάλυμα NaOCl (100 ppm) για 2 λεπτά και στη συνέχεια ξεβγάλθηκαν με νερό της βρύσης 5°C. Η περίσσεια της υγρασίας απομακρύνθηκε με απορροφητικό χαρτί.

Ποσότητα περίπου 100±2 g κομμένης πιπεριάς συσκευάστηκε σε πλαστικές σακούλες PE χαμηλής πυκνότητας πάχους 70μm (PELD-70) και μέσης πυκνότητας πάχους 50 μm (PEMD-50) καθώς και με PVC. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα δημιουργήθηκε παθητικά από την αναπνοή των φυτικών οργάνων. Οι ομάδες που δημιουργήθηκαν ήταν οι εξής:

- Μάρτυρας (πιπεριές μη συσκευασμένες), **P1**
- Πιπεριές συσκευασμένες σε φύλλα PEMD-50, **P2**
- Πιπεριές συσκευασμένες σε φύλλα PELD-70, **P3**
- Πιπεριές σε δισκάκια πολυστερίνης (120 X 215 X15 mm) καλυμμένες με PVC,

P4

Οι θερμοκρασίες συντήρησης ήταν 5 και 10°C και η διάρκεια συντήρησης 14 ημέρες. Ετοιμάστηκαν 6 συσκευασίες για κάθε ημέρα μέτρησης ανά χειρισμό και θερμοκρασία και επί πλέον 10 συσκευασίες ανά χειρισμό και θερμοκρασία για την ανάλυση των αερίων και την απώλεια βάρους.

Η ανάλυση των αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών έγινε με αναλυτή αερίων Check Mate 9000(PBI Densensor Co Denmark) την 2^η, 4^η, 7^η, 9^η, 11^η και 14^η ημέρα σε 10 συσκευασίες ανά θερμοκρασία και χειρισμό. Ο υπολογισμός της απώλειας βάρους γινότανε με βάση το αρχικό βάρος, παρουσιάζεται δε σαν απώλεια επί τοις %. Οι μετρήσεις έγιναν με ζυγό ακριβείας $\pm 0,01$ g. Το χρώμα προσδιορίστηκε με τη βοήθεια χρωματομέτρου Minolta CR-300 (Minolta Corp. Japan) στο σύστημα CIE L* a* b* . Το όργανο ρυθμιζόταν πριν από κάθε ανάλυση με λευκή πλάκα (Y=92,6 x=0,3135 y=0,3193). Η μεταβολή του χρώματος παρουσιάζεται με τη φωτεινότητα L* και τη χρωματική παράμετρο a*. Το ασκορβικό οξύ προσδιορίστηκε με σπεκτροφωτόμετρο Hitachi U-2001 (Bajaj and Gurdeep, 1981). Η οργανοληπτική αξιολόγηση της κομμένης πιπεριάς έγινε από 6 άτομα χρησιμοποιώντας 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 αποτελεί το όριο της δυνατότητας εμπορίας.

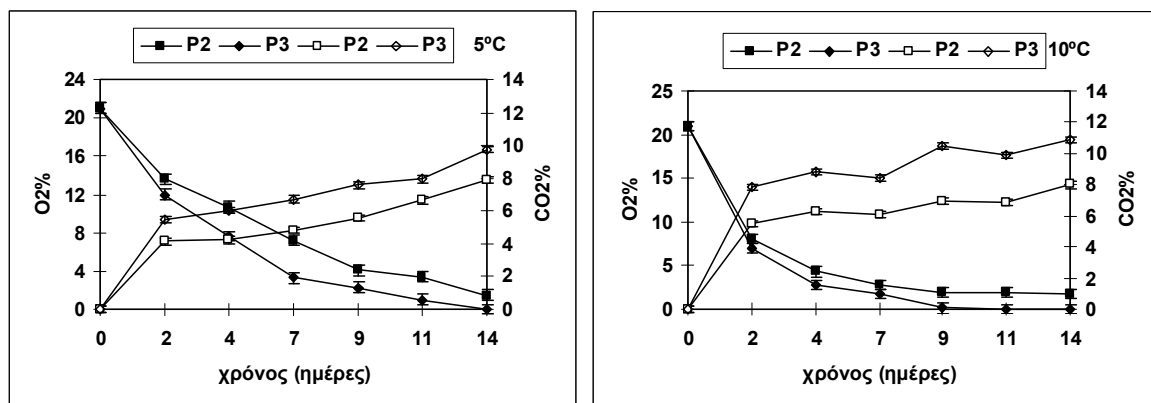
Η εκτίμηση της απώλειας βάρους, του χρώματος, της περιεκτικότητας σε ασκορβικό οξύ και η οργανοληπτική αξιολόγηση έγιναν την 0^η, 4^η, 7^η, 11^η και 14^η ημέρα σε 10 συσκευασίες ανά χειρισμό και θερμοκρασία στην περίπτωση της απώλειας βάρους και σε 6 συσκευασίες χωριστά για τις άλλες περιπτώσεις. Τα πειραματικά δεδομένα αναλύθηκαν με 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. ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ

Η μεταβολή των αερίων (O_2 , CO_2) στο εσωτερικό των συσκευασιών παρουσιάζεται στο σχήμα 1, από όπου προκύπτει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($p=0.05$) μεταξύ των χειρισμών P2 και P3 τόσο στη συγκέντρωση του O_2 όσο και του CO_2 και στις δύο θερμοκρασίες. Η περιεκτικότητα του O_2 παρουσιάζει συνεχή μείωση και μετά από 14 ημέρες συντήρησης η συγκέντρωση του φθάνει για τη συσκευασία P2 στο 1,5% στους 5°C και στο 1,8% στους 10°C, ενώ για τη συσκευασία P3 φθάνει στο 0,5% και στις δύο θερμοκρασίες συντήρησης. Η συγκέντρωση του CO_2 παρουσιάζει ανοδική τάση σε όλες τις περιπτώσεις. Στο τέλος της συντήρησης (14^η ημέρα) η συγκέντρωση του κυμαίνεται στο 8% και στις δύο θερμοκρασίες για τη συσκευασία P2 ενώ για τη συσκευασία P3 στο 10% στους 5°C και 11% στους 10°C. Η συσκευασία P4 (κάλυψη με PVC) διατήρησε το O_2 στα επίπεδα της ατμόσφαιρας.

Σύμφωνα με το Gorny (2001) η ιδανική σύνθεση της ατμόσφαιρας για τη συντήρηση της κομμένης πράσινης πιπεριάς είναι 3% O_2 και 5–10 % CO_2 . Υψηλότερη συγκέντρωση του CO_2 μπορεί να προκαλέσει βλάβες (μαλάκωμα ιστών, κασπάνωση), όμως η ευαισθησία επηρεάζεται από την ποικιλία.



Σχήμα 1. Μεταβολή των αερίων (O₂, CO₂) εντός συσκευασιών
(N=3 επανάληψη × 10 δείγματα=30)

3.2. ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ

Στα «ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά» η αύξηση της επιφάνειας σε σχέση με τον όγκο ευνοεί την απώλεια υγρασίας. Η επιλογή όμως του κατάλληλου πλαστικού φύλλου συσκευασίας μπορεί να μειώσει αισθητά την απώλεια υγρασίας δημιουργώντας κεκορεσμένη ατμόσφαιρα. Στην παρούσα εργασία η απώλεια βάρους που παρατηρήθηκε στο τέλος της συντήρησης (14^η ημέρα) στους 5°C ανά χειρισμό ήταν: μάρτυρας P1 (ασυσκευαστο προϊόν), 65%, συσκευασία P2 (PEMD-50), 0,5%, συσκευασία P3 (PELD-70), 0,4%, συσκευασία P4 (PVC), 2,3%, ενώ η απώλεια βάρους στους 10°C ήταν: μάρτυρας P1, 70%, συσκευασία P2, 0,5%, συσκευασία P3, 0,7% και συσκευασία P4, 5% .

Σε όλες τις περιπτώσεις η μεταβολή της απώλειας βάρους συναρτήσκει του χρόνου συντήρησης ήταν γραμμική με $R^2 > 0,96$. Η στατιστική ανάλυση δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συσκευασιών P2 και P3.

Η απώλεια βάρους του συσκευασμένου με φύλλα PE προϊόντος και στις δύο θερμοκρασίες ήταν πολύ χαμηλή και δεν δημιουργήθηκε πρόβλημα στην εμφάνιση του προϊόντος μέχρι το τέλος της συντήρησης.

3.3. ΧΡΩΜΑ

Η στατιστική ανάλυση (ANOVA) των χρωματικών παραμέτρων (πίνακας 1) απέδειξε την επίδραση των μελετώμενων παραγόντων (θερμοκρασία συντήρησης, τύπος συσκευασίας, χρόνος συντήρησης) στη φωτεινότητα L* και το χρωματικό παράγοντα a* (πίνακας 2).

Πίνακας 1. Ανάλυση της διασποράς των χρωματικών παραμέτρων L* και a*

Παράγοντες	df	L*	a*
Τύπος συσκευασίας	3	0.0 ^{NS}	0.0 ^{NS}
Θερμοκρασία συντήρησης	1	2.43 ^a	3.82 [*]
Χρόνος συντήρησης	4	2.23 [*]	0.68 [*]
Σφάλμα		95.34	95.5

NS=μη σημαντική διαφορά, *=σημαντική σε $p \leq 0.05$, a=ποσοστό αθροίσματος τετραγώνων, df=βαθμοί ελευθερίας

Από τον πίνακα 2 προκύπτει ότι οι τιμές της φωτεινότητας (L*) ήταν χαμηλότερες στους 5°C συγκριτικά με αυτές στους 10°C, γεγονός που μαρτυρά ότι το χρώμα

ήταν πιο έντονα πράσινο στους 5°C πράγμα που μπορεί να αποδοθεί στην παρεμπόδιση της αποικοδόμησης της χλωροφύλλης.

Πίνακας 2. Μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων L* και a*

0 ^η ημέρα		4 ^η ημέρα		7 ^η ημέρα		11 ^η ημέρα		14 ^η ημέρα		
5 °C	10 °C	5 °C	10 °C	5 °C	10 °C	5 °C	10 °C	5°C	10 °C	
L*										
P1	37.52	37.52	37.72Aα	37.6 Aα	37.04 Aα	37 Aα	34.07 Aα	36.34 Bα	—	—
P2	37.52	37.52	37.29 Aα	37.56Bα	36.56 Aα	37.07 Bα	35.43 Aα	36.9 Bα	35.73 Aα	36.8 Bα
P3	37.52	37.52	37.7 Aα	36.9 Bα	35.8 Aα	36.9 Bα	35.5 Aα	36.3 Bα	35.4 Aα	37.9 Bα
P4	37.52	37.52	37.72 Aα	36.46 Bα	36.2 Aα	36.68 Bα	36.6 Aα	36.56 Bα	35.72 α	—
a*										
P1	−14.0	−14.0	−15.42Aab	−14.09Bab	−14.77 Aab	−14.2 Bα	−13.75 Aα	−13.59 Bab	−	−
P2	−14.0	−14.0	−14.98 Aab	−14.25 Bab	−14.96 Aab	−14.28 Bα	−14.21 Aα	−13.37 Bα	−14.44 Aα	−13.03 Bα
P3	−14.0	−14.0	−14.73Aα	−13.68Bα	−15.44 Aα	−14 Bα	−14.7 Ab	−14.25 Bb	−13.8 Aab	−14.16 Bb
P4	−14.0	−14.0	−14.97Ab	−13.77Bb	−14.06 Ab	−13.35 Bb	−14.33 Aab	−13.93 Bab	−13.43 b	−

Μέσοι όροι βασίζονται σε N=3 επαναλήψεις×6 δείγματα ανά επανάληψη=18; Μικρά γράμματα αλφαβήτου αντιστοιχούν σε σύγκριση μεταξύ στηλών; Μεγάλα γράμματα αλφαβήτου αντιστοιχούν σε σύγκριση μεταξύ γραμμών

Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι σε όλους τους χειρισμούς και στις δύο θερμοκρασίες δεν παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις από την αρχική τιμή. Όσον αφορά το χρωματικό παράγοντα a*, από τον πίνακα 2 προκύπτει ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο θερμοκρασιών και ότι στο τέλος της συντήρησης (14^η ημέρα) δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές αποκλίσεις από την αρχική τιμή σε καμία περίπτωση.

3.4. ΑΣΚΟΡΒΙΚΟ ΟΞΥ

Η βιταμίνη C που περιείχε η κομμένη πράσινη πιπεριά στην αρχή της συντήρησης ήταν 183.2 mg/100g φρέσκου βάρους, τιμή πολύ υψηλότερη από αυτή που αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Watada, 1987). Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C δεν επηρεάστηκε ούτε από τη θερμοκρασία συντήρησης, ούτε από το χρόνο συντήρησης αλλά ούτε και από τη συσκευασία (πίνακας 3)

Πίνακας 3. Μεταβολή της βιταμίνης C (mg/100g), κομμένης πράσινης πιπεριάς ποικιλίας Guardian F1 μετά από 14 ημέρες συντήρησης σε MAP στους 5°C και 10°C.

	P1	P2	P3	P4
Αρχή	183.2 ^a	183.2 ^a	183.2 ^a	183.2 ^a
5 °C Τέλος (14 ^η ημ)	170.5 ^{aA}	173.2 ^{aA}	170.3 ^{aA}	175.9 ^{aA}
10 °C Τέλος (14 ^η ημ)	177.3 ^{aA}	165.7 ^{aA}	167.6 ^{aA}	—

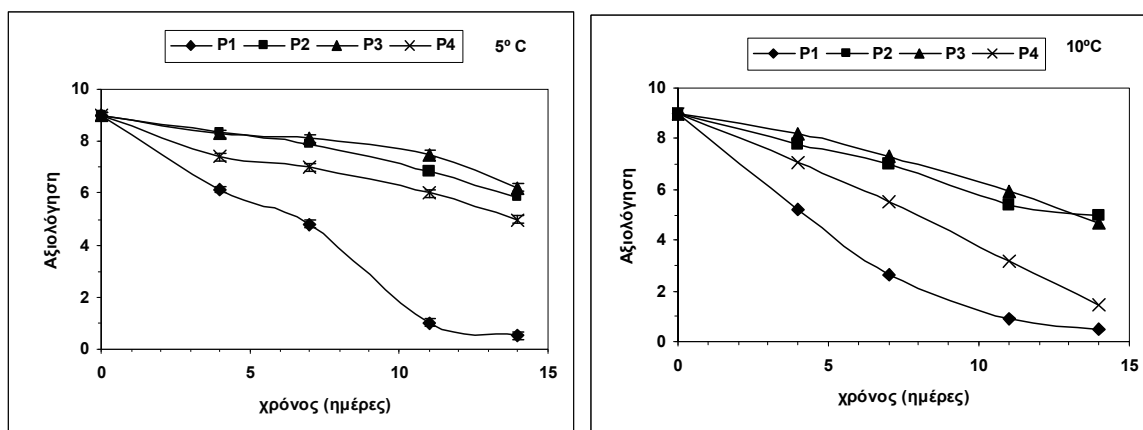
Μέσοι όροι βασίζονται σε N=3 επαναλήψεις×6 δείγματα ανά επανάληψη=18; Τιμές ακολουθούμενες από διαφορετικά πεζά γράμματα παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τιμών της αυτής κολόνας, ενώ τιμές ακολουθούμενες από διαφορετικά κεφαλαία γράμματα παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ των γραμμών.

Στο τέλος της συντήρησης (14^η ημέρα) τόσο στους 5°C όσο και στους 10°C όλοι οι χειρισμοί διατήρησαν την περιεκτικότητα σε βιταμίνη C πολύ κοντά στα αρχικά επίπεδα. Ο Senesi et al., (2000), αναφέρει ότι η περιεκτικότητα της κομμένης πράσινης πιπεριάς σε βιταμίνη C στους 8°C δεν επηρεάστηκε από το χρόνο συντήρησης, ο Gonzalez et al., (2004) αναφέρει ότι οι πλαστικές συσκευασίες δεν επηρέασαν την περιεκτικότητα της κομμένης πράσινης πιπεριάς σε βιταμίνη C στους 10°C, ενώ η Μανωλοπούλου κ.α. (2007) αναφέρει ότι κομμένη πράσινη πιπεριά που συντηρήθηκε με

MAP στους 5°C παρουσίασε υψηλότερη τιμή από την αρχική. Η περιεκτικότητα της κομμένης πιπεριάς σε βιταμίνη C απαιτεί περαιτέρω έρευνα διότι διάφοροι παράγοντες όπως η ποικιλία, οι καλλιεργητικές συνθήκες, το στάδιο ωριμότητας και οι συνθήκες συντήρησης επηρεάζουν το αποτέλεσμα.

3.5. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Η συνολική εκτίμηση της κομμένης πράσινης πιπεριάς διατηρήθηκε καλλίτερα στους 5°C συγκριτικά με τους 10°C (σχήμα 2). Οι συσκευασίες P2 και P3 διατήρησαν καλλίτερα την ποιότητα της κομμένης πιπεριάς και στις δύο θερμοκρασίες. Στο τέλος της συντήρησης στους 5°C (14^η ημ) μόνο οι πιπεριές των συσκευασιών P2 και P3 ήταν (οριακά) εμπορεύσιμες, ενώ αυτές που είχαν καλυφθεί με PVC ήταν οριακά εμπορεύσιμες την 11^η ημέρα. Στους 10°C οι κομμένες πιπεριές που καλύφθηκαν με PVC ήταν οριακά εμπορεύσιμες την 7^η ημέρα ενώ οι συσκευασίες P2 και P3 διατήρησαν εμπορεύσιμες (οριακά) τις κομμένες πιπεριές μέχρι την 11^η ημέρα. Συμπερασματικά θα μπορούσε να πει κανείς ότι η τροποποιημένη ατμόσφαιρα που δημιουργήθηκε από τις συσκευασίες P2 και P3 με τις χαμηλές συγκεντρώσεις O₂ και τις υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ διατήρησαν καλλίτερα την εμφάνιση της κομμένης πιπεριάς, γεγονός που συμφωνεί με τις παρατηρήσεις των Weichman (1987), Herner (1987), Lopez (1997). Σημαντικός όμως παράγοντας στη διατήρηση της ποιότητας της κομμένης πιπεριάς αποδεικνύεται η θερμοκρασία συντήρησης η οποία πρέπει να είναι όσο το δυνατό χαμηλότερη γεγονός που συμφωνεί με παρατηρήσεις των Gorny (2001) και Μανωλοπούλου (2007).



Σχήμα 2. Μεταβολή της συνολικής εκτίμησης κομμένης πράσινης πιπεριάς ποικιλίας Guardian F1, που συντηρήθηκε με MAP στους 5 και 10°C (N=3 επαναλήψεις×6 δείγματα×6 κριτές=108)

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη προκύπτουν τα εξής:

- Τα πλαστικά φύλλα που χρησιμοποιήθηκαν δημιούργησαν μία ατμόσφαιρα πολύ φτωχή σε O₂ και πλούσια σε CO₂ του οποίου όμως η συγκέντρωση δεν ξεπέρασε τα ενδεικνύόμενα επίπεδα.
- Η χαμηλή θερμοκρασία συντήρησης παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της κομμένης πιπεριάς και για το λόγο αυτό πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη στην προκειμένη περίπτωση 5°C.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bajaj, K.L and Gurdeep, Kaur, 1981. *Spectrophotometric determination of L-ascorbic acid in vegetables and fruits*. Analyst, Vol. 106, pp.117-120 .
- Cantwell, M., 1998. *Introduction to fresh-cut products: Maintaining quality and safety*. Postharvest Horticulture, Series No 10. Section I, University of California
- Gonzalez-Aguilar, G.A, Ayala-Zavala. J.F., Ruiz-Cruz, S., Acedo-Félix, E. & Diaz-Cinco, M.E., 2004. *Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers*. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie (37), 817-826.
- Gorny, R.J., 2001. *A summary of C.A and M.A requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables*. In: Univ. of Davis (ed) Optimal controlled atmospheres for Horticultural perishables, Postharvest Horticultural series No 22a, pp. 95-103.
- Herner, R., 1987. *High CO₂ effects on plant organs*. In: Postharvest physiology of vegetables, ed. J. Weichman, Marcel Dekker, Inc:pp. 239-253
- International Institute of Refrigeration, 2000. *Recommendation for chilled storage of perishable produce*. Ed. International Institute of Refrigeration, Paris, p.219
- Lopez-Galvez, G., Peiser, G., Nie, X. and Cantwell, M., 1997. *Quality of red and green-cut peppers stored in controlled atmospheres*. Proc. of 7th Int. Controlled Atmosphere Conf., July 13-18:pp.152-157
- Μανωλοπούλου, Ε., Θ. Σαμαράς, Ν. Χαλασοχώρη, Γρ. Λαμπρινός. 2007. *Επίδραση της συσκευασίας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά «ελάχιστα επεξεργασμένης πιπεριάς»*. Πρακτικά 5^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Λάρισα, σελ. 642-650.
- Ohlsson, T., 1994. *Minimal processing-preservation methods of the future –an overview*. Trends. Food Science Technologies, (5), pp.341-344
- Raffo, A., Baimonte, I. & Paoletti, F., 2008. *Changes in antioxidants and taste related compounds content during cold storage of fresh-cut red sweet peppers*. European Food Research Technology 226(5), pp.1167-1174.
- Senesi, E., Prinzivalli, C., Sala, M. & Gennari, M., 2000. *Physicochemical and microbiological changes in fresh-cut green bell peppers as affected by packaging and storage*. Italian Journal of Food Science 12(1), pp.55-64
- Varoqaux, P. & Wiley, R., 1994. *Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. In: Wiley (ed). Minimally processed refrigerated fruits and vegetables, Chapman and Hall, New-York, pp.226-268
- Watada, A., 1987. *Vitamins*. In: Postharvest Physiology of Vegetables. Ed. J. Weichmann, Marcel Dekker, Inc. pp 455-468.
- Watada, A.E., Abe, K. & Yamuchi, N., 1990. *Physiological activities of partially processed fruits and vegetables*. Food Technology, (44), pp.116-122.
- Weichman, J., 1987. *Low oxygen effects*. In: Postharvest physiology of vegetables, ed. J. Weichman, Marcel Dekker, Inc. pp.231-237.

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΝΩΠΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΨΕΥΔΟΚΑΡΠΟΥ

Γ.Δ. Νάνος¹, Σ. Λεοντόπουλος² και Θ. Γέμτος³

^{1,2}Εργαστήριο Δενδροκομίας, ³Εργ. Γεωργικής Μηχανολογίας,
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,

Οδός Φυτόκου, 38446 Βόλος

E-mails: ¹gnanos@agr.uth.gr, ²s_leontopoulos@yahoo.com, ³gemtos@agr.uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Δύο ηλεκτρονικοί ψευδοκαρποί (204 και 111 g) κατέγραψαν τις δυνάμεις και ταχύτητες επιβράδυνσης από την πρόσκρουση μήλων Red Chief, αχλαδιών Τσακόνικα και ροδάκινων Loadel κατά την προσομοίωση συγκομιδής τους με ποικίλα μέσα συγκομιδής. Συγκεκριμένα μετρήθηκαν οι παράμετροι πρόσκρουσης των ψευδοκαρπών κατά την πτώση τους σε κουβάδες και κλούβες διαφόρων υλικών και σε διάφορες θέσεις στα μέσα συγκομιδής παράλληλα με την ύπαρξη καρπών. Τα δύο μεγέθη ψευδοκαρπών έδωσαν ποικίλες διαφορές στις ανωτέρω μετρήσεις. Τέλος επιχειρείται μια εξήγηση των αποτελεσμάτων σε σχέση με την ελαστικότητα και πλαστικότητα των υλικών συγκομιδής και των καρπών.

Λέξεις κλειδιά: μήλο, αχλάδι, δύναμη πρόσκρουσης, ταχύτητα πρόσκρουσης.

FRESH FRUIT HARVEST MODELING USING INSTRUMENTED SPHERE

G.D. Nanos¹, S. Leontopoulos² and T. Gemtos³

^{1,2}Lab. of Pomology, ³Lab. of Agricultural Engineering,

School of Agricultural Sci., University of Thessaly, Fitoko str., 38446 Volos, Greece

E-mails: ¹gnanos@agr.uth.gr, ²s_leontopoulos@yahoo.com, ³gemtos@agr.uth.gr

ABSTRACT

Two instrumented spheres (204 και 111 g) measured and logged the impact forces and velocities of 'Red Chief apples', 'Tsakonika' pears and 'Loadel' peaches during harvest operations simulation with various buckets and field boxes. In particular, the instrumented spheres logged impact forces during falling in buckets and field boxes from different positions and with or without the presence of fruit. The two sizes of instrumented spheres gave various differences in the above measurements. Finally, discussion is attempted on the relation of material and fruit elasticity and plasticity properties.

Key words: apple, pear, impact force, impact velocity.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σημαντικό πρόβλημα στην ποιότητα των συγκομιζόμενων φρούτων προκαλεί η πρόσκρουσή τους στα δοχεία συγκομιδής ή συσκευασίας κατά τη διαδικασία της συγκομιδής και διακίνησης (μεταφορά, συσκευασία). Ο τύπος των συσκευασιών αγρού αλλά και ο τρόπος συγκομιδής επηρεάζουν τα μέγιστα τη ζημιά που θα έχουν οι καρποί. Αυτή η ζημιά μπορεί να προκαλέσει λύσεις της επιδερμίδας με αποτέλεσμα την απώλεια νερού και ανάπτυξη σήψεων, το μωλωπισμό και κοσμητική μείωση της αξίας του καρπού αλλά και την μη εμφανή υποβάθμιση της ποιότητας και συντηρησιμότητας λόγω καταβολικών διεργασιών που περιλαμβάνουν αύξηση του ρυθμού αναπνοής και παραγωγής αιθυλενίου, του μαλακώματος της σάρκας και της κατανάλωσης αποθησαυριστικών ουσιών (Halloran et al., 1999).

Για τη μελέτη των επιπτώσεων των προσκρούσεων των καρπών έχουν δημιουργηθεί ψευδοκαρποί διαφόρων μεγεθών εφοδιασμένοι με επιταχυνσιόμετρα που μπορούν να μετρήσουν την επιβράδυνση κατά την πρόσκρουση στην εκάστοτε επιφάνεια και το χρόνο που θα απαιτηθεί για να εκμηδενιστεί η κίνηση του ψευδοκαρπού. Από τις μετρούμενες παραμέτρους καταγράφεται η επιβράδυνση (εκφραζόμενη στο εξής σαν δύναμη) κατά την πρόσκρουση, υπολογίζεται η μέση ταχύτητα επιβράδυνσης (η σχέση του ρυθμού επιβράδυνσης προς το χρόνο που διαρκεί η επιβράδυνση έως τον εκμηδενισμό της) κατά το συμβάν και αποθηκεύονται στον ψευδοκαρπό σε καταγραφικό από όπου μεταφέρονται σε H/Y για επεξεργασία. Έτσι δύνανται να προσομοιώσουν τη ζημιά που υπόκεινται τα φρέσκα φρούτα και λαχανικά (Garcia and Luiz-Altisent, 1998).

Στα πλαίσια του Περιφερειακού Πόλου Καινοτομίας Θεσσαλίας και σε συνεργασία με εταιρείες παραγωγής και διακίνησης νωπών καρπών μελετήσαμε τους μωλωπισμούς στα κύρια νωπά φρούτα που συμβαίνουν κατά τη μετασυλλεκτική μεταχείριση και τα σημεία της μετασυλλεκτικής αλυσίδας που τα φρούτα δέχονται τις μεγαλύτερες δυνάμεις πρόσκρουσης με σκοπό να τα βελτιώσουμε και να αποτιμήσουμε αυτές τις βελτιώσεις. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η προσομοίωση των απωλειών ποιότητας από μωλωπισμό κατά τη συγκομιδή μήλων, αχλαδιών και ροδάκινων.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Χρησιμοποιήθηκαν δύο μεγέθη ηλεκτρονικών ψευδοκαρπών (204 και 111 g) για τη μέτρηση και καταγραφή της δύναμης και ταχύτητας πρόσκρουσης των μήλων, αχλαδιών και ροδάκινων κατά τη συγκομιδή με διάφορα βοηθητικά μέσα που χρησιμοποιούνται στους Ελληνικούς οπωρώνες. Οι ψευδοκαρποί αποτελούνται από τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο ενσωματωμένο σε αδρανές ανθεκτικό πλαστικό υλικό σε σχήμα σφαίρας, έχουν ενσωματωμένο καταγραφικό και μπαταρία και με κατάλληλο λογισμικό επεξεργάζονται και επικοινωνούν με υπολογιστή παλάμης, ώστε το όλο σύστημα να είναι απόλυτα ανεξάρτητο και συμβατό με εργασίες πεδίου. Οι ψευδοκαρποί που χρησιμοποιήθηκαν ήταν της εταιρείας Techmark Inc (Lansing, MI, USA) με υπολογιστή παλάμης Compaq iPAQ. Επιπλέον, στο λογισμικό επεξεργασίας υπάρχουν καμπύλες αναφοράς συσχέτισης της δύναμης και ταχύτητας πρόσκρουσης σε άκαμπτη μεταλλική επιφάνεια, στην ίδια επιφάνεια με πλαστική αφρώδη επικάλυψη πάχους 3 cm και για 5 ποικιλίες μήλων. Άνω ή αριστερά από την καμπύλη προκαλείται ζημιά, ενώ κάτω από την καμπύλη πιθανά η ζημιά να είναι μικρή ή ανύπαρκτη.

Μήλα Red Chief, αχλάδια Τσακόνικα και (μόνο με το μικρό ψευδοκαρπό) ροδάκινα Loadel χρησιμοποιήθηκαν παράλληλα με τους ψευδοκαρπούς για να ποσοτικοποιηθούν οι πιθανές ζημιές (υποβάθμιση ποιότητας λόγω μωλωπισμών) στους καρπούς κατά τη συγκομιδή και η αποτελεσματικότητα πιθανών τροποποιήσεων στα μέσα συγκομιδής. Η πτώση των ψευδοκαρπών σε σταθερή μεταλλική επιφάνεια λήφθηκε ως βάση αναφοράς για την εκτίμηση της ζημιάς στους καρπούς.

Οι μεταχειρίσεις που μελετήθηκαν περιελάμβαναν:

- πτώση του κάθε ψευδοκαρπού από 30 cm ύψος σε άδειο ή μισογεμάτο με μήλα, αχλάδια ή ροδάκινα μεταλλικό και πλαστικό κουβά,
- πτώση του ψευδοκαρπού σε άδεια πλαστική κλούβα 16 kg ή σε ίδια κλούβα αλλά με επικάλυψη του εσωτερικού της με φύλλο PE με φυσαλίδες καλυμμένο με τεντόπανο
- πτώση του ψευδοκαρπού από την κορυφή ή το μέσον κουβά με φρούτα σε άδεια ή μισογεμάτη κλούβα με ή χωρίς το προαναφερθέν κάλυμμα.

Σε κάθε περίπτωση από τις ανωτέρω έγιναν 10 επαναλήψεις και παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των μέγιστων δυνάμεων και ταχυτήτων που μετρήθηκαν στις 10 επαναλήψεις και οι μέσοι όροι των δυνάμεων και ταχυτήτων που καταγράφηκαν και τυπικές αποκλίσεις τους (καθώς είχαμε παραπάνω από μία προσκρούσεις σε κάθε επανάληψη).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η πτώση των ψευδοκαρπών σε σταθερή (χωρίς ελαστικότητα ή πλαστικότητα) μεταλλική επιφάνεια πάρθηκε σαν σημείο αναφοράς. Η δύναμη και ταχύτητα πρόσκρουσης στη μεταλλική επιφάνεια αυξήθηκε με το ύψος πτώσης για 20, 30 και 40 cm που μελετήθηκαν ως προσομοίωση των πραγματικών υψών πτώσης των καρπών κατά τη συγκομιδή (Πίν. 1). Οι μέσοι όροι της ταχύτητας πρόσκρουσης δεν διέφεραν στα μικρότερα ύψη επειδή με την αύξηση του ύψους αυξάνονταν και ο αριθμός των τιμών που λαμβάνονταν ανά πτώση-επανάληψη με σταδιακά μειούμενο το μέγεθος τους. Ο μεγάλος ψευδοκαρπός δέχθηκε μεγαλύτερες δυνάμεις πρόσκρουσης κύρια όσον αφορά τις μέγιστες τιμές που καταγράφηκαν και για τα μεγαλύτερα ύψη πτώσης. Από πειράματα μας με πτώση καρπών μήλων και αχλαδιών στην ανωτέρω επιφάνεια, οι καρποί μωλωπίζονται εμφανώς ακόμα και με πτώση από τα 20 cm, άρα και οι μικρότερες δυνάμεις που καταγράφηκαν από πτώση σε μεταλλική επιφάνεια μπορεί να προκαλέσουν εμφανή ζημιά στους καρπούς.

Πίνακας 1. Μέγιστη και μέση δύναμη πρόσκρουσης (Gs) $\pm$ τυπική απόκλιση (TA) και μέγιστη και μέση ταχύτητα πρόσκρουσης (Veloc, m.s⁻¹) $\pm$ TA ψευδοκαρπού 204 g (528) και 111 g (530) κατά την πτώση του από διαφορετικά ύψη σε σταθερή μεταλλική επιφάνεια.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	IS	Max Gs	Mean Gs $\pm$ TA	Max Veloc	Mean Veloc $\pm$ TA
Πτώση σε μεταλλική επιφάνεια 20 cm	528	263	133 $\pm$ 26	3,21	2,08 $\pm$ 0,29
Πτώση σε μεταλλική επιφάνεια 30 cm	528	387	148 $\pm$ 19	3,98	2,02 $\pm$ 0,22
Πτώση σε μεταλλική επιφάνεια 40 cm	528	428	191 $\pm$ 19	5,81	2,62 $\pm$ 0,21
Πτώση σε μεταλλική επιφάνεια 20 cm	530	263	133 $\pm$ 17	3,02	1,94 $\pm$ 0,26
Πτώση σε μεταλλική επιφάνεια 30 cm	530	354	161 $\pm$ 12	3,84	1,99 $\pm$ 0,20
Πτώση σε μεταλλική επιφάνεια 40 cm	530	414	186 $\pm$ 12	4,7	2,43 $\pm$ 0,19

Οι καρποί συγκομίζονται συνήθως σε κουβάδες στα μεγάλων μεγέθους δέντρα επικλινών περιοχών ή σε μικρού μεγέθους δέντρα επίπεδων περιοχών καλλιέργειας. Η πτώση ψευδοκαρπών σε άδειο μεταλλικό κουβά προκάλεσε μικρότερες δυνάμεις και ταχύτητες πρόσκρουσης από την αντίστοιχη πτώση σε σταθερή μεταλλική επιφάνεια ανεξαρτήτως μεγέθους ψευδοκαρπού (Πίν. 2). Αυτό προφανώς οφείλεται στην ελαστικότητα του φύλλου μετάλλου από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο κουβάς. Η πτώση των ψευδοκαρπών σε άδειο πλαστικό κουβά έδωσε μικρότερες αναπτυσσόμενες δυνάμεις και μέγιστες ταχύτητες πρόσκρουσης αλλά μεγαλύτερη μέση ταχύτητα πρόσκρουσης από πτώση σε άδειο μεταλλικό κουβά, πιθανόν λόγω της μεγαλύτερης ευλυγισίας και επομένως ελαστικότητας της επιφάνειας HDPE του

πλαστικού κουβά (Πίν. 2). Η πτώση των ψευδοκαρπών σε μισογεμάτο με καρπούς μεταλλικό κουβά ήταν λιγότερο ζημιογόνος (μικρότερη δύναμη και ταχύτητα πρόσκρουσης) από πτώση σε άδειο μεταλλικό κουβά, καθώς πιθανώς η πλαστικότητα των καρπών κατά την πρόσκρουση του ψευδοκαρπού ήταν μεγαλύτερη της ελαστικότητας της μεταλλικής επιφάνειας του κουβά. Αντίθετα, η πτώση του ψευδοκαρπού σε μισογεμάτο πλαστικό κουβά έδωσε υψηλότερες τιμές δύναμης πρόσκρουσης και χαμηλότερες τιμές ταχύτητας πρόσκρουσης από την πτώση σε άδειο πλαστικό κουβά. Επίσης η πτώση ψευδοκαρπών σε μισογεμάτο πλαστικό κουβά ήταν παρόμοια ή περισσότερο ζημιογόνος από την πτώση σε μισογεμάτο μεταλλικό κουβά. Ο μικρός ψευδοκαρπός δέχθηκε μικρότερες δυνάμεις και μέγιστες ταχύτητες πρόσκρουσης από και παρόμοιες μέσες ταχύτητες πρόσκρουσης σε όλες τις ανωτέρω μελετηθείσες παραμέτρους με τον μεγάλο ψευδοκαρπό.

Πίνακας 2. Μέγιστη και μέση δύναμη πρόσκρουσης (G_s) $\pm$ τυπική απόκλιση (TA) και μέγιστη και μέση ταχύτητα πρόσκρουσης ($Veloc$, $m.s^{-1}$) $\pm$ TA ψευδοκαρπού 204 g (528) και 111 g (530) κατά την πτώση του από 30 cm σε άδειο ή μισογεμάτο με μήλα ή αχλάδια μεταλλικό ή πλαστικό κουβά.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	IS	Max G_s	Mean $G_s \pm TA$	Max $Veloc$	Mean $Veloc \pm TA$
Σε άδειο μεταλλικό κουβά	528	128	62 $\pm$ 2,9	3,98	2,22 $\pm$ 0,11
Σε άδειο μεταλλικό κουβά	530	189	74 $\pm$ 4,0	4,67	2,03 $\pm$ 0,48
Σε άδειο πλαστικό κουβά	528	63	49 $\pm$ 4,7	3,50	2,56 $\pm$ 0,19
Σε άδειο πλαστικό κουβά	530	122	63 $\pm$ 6,2	4,13	2,59 $\pm$ 0,1
Σε μισογεμάτο μεταλλικό κουβά	528	106	62 $\pm$ 5,0	2,05	1,47 $\pm$ 0,18
Σε μισογεμάτο μεταλλικό κουβά	530	139	65 $\pm$ 6,7	2,92	1,36 $\pm$ 0,3
Σε μισογεμάτο πλαστικό κουβά	528	114	75 $\pm$ 5,8	2,38	1,73 $\pm$ 0,21
Σε μισογεμάτο πλαστικό κουβά	530	165	88 $\pm$ 7,1	2,65	1,62 $\pm$ 0,3

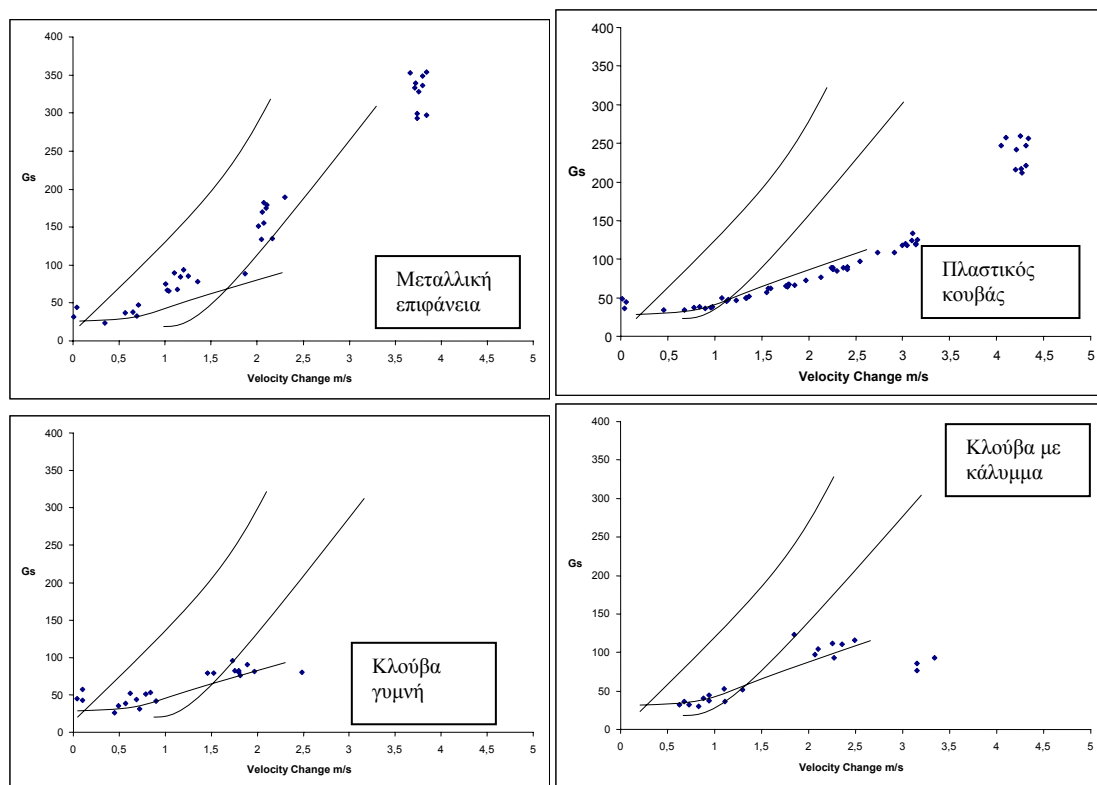
Πίνακας 3. Μέγιστη και μέση δύναμη πρόσκρουσης (G_s) $\pm$ τυπική απόκλιση (TA) και μέγιστη και μέση ταχύτητα πρόσκρουσης ($Veloc$, $m.s^{-1}$) $\pm$ TA ψευδοκαρπού 204 g (528) και 111 g (530) κατά την πτώση του από διαφορετικά ύψη σε άδεια κλούβα χωρίς ή με κάλυμμα πλαστικού με φυσαλίδες και τεντόπανου εσωτερικά.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	IS	Max G_s	Mean $G_s \pm TA$	Max $Veloc$	Mean $Veloc \pm TA$
Άδεια κλούβα χωρίς κάλυμμα 20 cm	528	96	61 $\pm$ 7,1	2,5	1,08 $\pm$ 0,18
Άδεια κλούβα χωρίς κάλυμμα 30 cm	528	114	63 $\pm$ 6,5	2,98	1,37 $\pm$ 0,17
Άδεια κλούβα χωρίς κάλυμμα 40 cm	528	150	78 $\pm$ 6,1	2,89	1,56 $\pm$ 0,16
Άδεια κλούβα με κάλυμμα 20 cm	528	79	66 $\pm$ 10	2,97	1,91 $\pm$ 0,32
Άδεια κλούβα με κάλυμμα 30 cm	528	127	75 $\pm$ 7,4	3,56	1,64 $\pm$ 0,23
Άδεια κλούβα με κάλυμμα 40 cm	528	127	80 $\pm$ 7,4	4,09	2,07 $\pm$ 0,24
Άδεια κλούβα χωρίς κάλυμμα 20 cm	530	95	61 $\pm$ 16	2,49	1,12 $\pm$ 0,25
Άδεια κλούβα χωρίς κάλυμμα 30 cm	530	109	66 $\pm$ 14	2,89	1,34 $\pm$ 0,23
Άδεια κλούβα χωρίς κάλυμμα 40 cm	530	146	80 $\pm$ 13	2,84	1,51 $\pm$ 0,22
Άδεια κλούβα με κάλυμμα 20 cm	530	78	65 $\pm$ 22	2,74	1,91 $\pm$ 0,36
Άδεια κλούβα με κάλυμμα 30 cm	530	122	70 $\pm$ 16	3,34	1,70 $\pm$ 0,26
Άδεια κλούβα με κάλυμμα 40 cm	530	122	74 $\pm$ 17	4,03	1,89 $\pm$ 0,27

Η συγκομιδή των μήλων και αχλαδιών περιλαμβάνει και τη συγκομιδή κατ' ευθείαν σε κλούβες ή το αδειάσμα των καρπών από τον κουβά σε κλούβες. Η περίπτωση του αδειάσματος από κουβά σε παλετοκιβώτιο 300 ή 500 kg δεν μελετήθηκε καθώς δεν χρησιμοποιούνται στη Θεσσαλία. Αναμένεται πάντως οι πτώσεις των καρπών να είναι πιο μεγάλες και οι ζημιές πιο έντονες από τις αναφερόμενες κατωτέρω. Η δύναμη και ταχύτητα πρόσκρουσης των ψευδοκαρπών

αυξήθηκε με πτώση των καρπών σε άδεια πλαστική κλούβα από διαφορετικά ύψη που πιθανόν να συμβαίνουν κατά τη συγκομιδή (Πίν. 3). Η αύξηση του ύψους πτώσης μήλων έχει βρεθεί να αυξάνει το μωλωπισμό τους (Ericsson and Tahir, 1996).

Η πτώση ψευδοκαρπών επίσης μελετήθηκε σε κλούβα η οποία εσωτερικά είχε καλυφθεί με πλαστικό φύλλο με φυσαλίδες καλυμμένο από τεντόπανο με σκοπό τη μείωση την πιθανή μείωση των μωλωπισμών καθώς τα υλικά αναμένονταν να απορροφήσουν τη δύναμη πρόσκρουσης. Η πτώση των ψευδοκαρπών σε καλυμμένη άδεια κλούβα έδωσε παρόμοιες δυνάμεις πρόσκρουσης (εκτός από τη μέγιστη που ήταν μικρότερη) και μεγαλύτερες ταχύτητες πρόσκρουσης από την πτώση των ψευδοκαρπών σε γυμνή άδεια κλούβα (Πίν. 3). Οι δύο ψευδοκαρποί δέχθηκαν παρόμοιες δυνάμεις και ταχύτητες πρόσκρουσης για κάθε ύψος πτώσης σε κλούβα με ή χωρίς κάλυμμα. Η συσχέτιση δύναμης και ταχύτητας πρόσκρουσης των μετρήσεών μας μετά από πτώση του μικρού ψευδοκαρπού από ύψος 30 cm στις κύριες επιφάνειες υλικών συσκευασίας που μελετήθηκαν φαίνεται στο Σχήμα 1. Φαίνεται ότι η μεταλλική μας επιφάνεια ήταν πιο εύκαμπτη από αυτή της αναφοράς της εταιρείας, αλλά από την πτώση σε αυτή όλα τα μήλα θα μωλωπίζονταν (οι τιμές βρίσκονται πάνω από την καμπύλη που είναι το κατώφλι ζημιάς για μήλα 5 ποικιλιών). Η πτώση σε πλαστικό κουβά ελάχιστα μόνο θα ζημιώνει τους καρπούς, η πτώση σε κλούβα χωρίς εσωτερικό κάλυμμα θα μωλώπιζε τους περισσότερους καρπούς, ενώ η πτώση σε κλούβα με εσωτερικό κάλυμμα φάνηκε ξεκάθαρα ότι μείωσε την πιθανότητα πολλοί καρποί να μωλωπισθούν.



Σχήμα 1. Συσχέτιση δύναμης επιβράδυνσης (Gs) και ταχύτητας πρόσκρουσης για την πτώση του ψευδοκαρπού 111 g από 30 cm ύψος στα διάφορα μέσα συγκομιδής. Η κατώτερη περισσότερο οριζόντια γραμμή αναφοράς είναι το κατώφλι ζημιάς για 5 ποικιλίες μήλων. Η πρώτη μεγαλύτερης κλίσης γραμμή αναφοράς είναι από πτώση του ψευδοκαρπού σε άκαμπτη σκληρή μεταλλική επιφάνεια και η επόμενη από μεταλλική επιφάνεια με πλαστική αφρώδη επικάλυψη πάχους 3 cm.

Το άδειασμα κουβά με καρπούς και τους ψευδοκαρπούς σε άδεια κλούβα προκάλεσε μεγαλύτερη ζημιά (καταγράφηκαν υψηλότερες δυνάμεις και ταχύτητες πρόσκρουσης) από το άδειασμα κουβά σε μισογεμάτη κλούβα είτε αυτή ήταν ακάλυπτη είτε ήταν καλυμμένη στις εσωτερικές επιφάνειες με πλαστικό φύλλο με φυσαλίδες και τεντόπανο (Πίν. 4). Το άδειασμα καρπών σε ακάλυπτη κλούβα προκάλεσε παρόμοιες δυνάμεις πρόσκρουσης και μεγαλύτερες ταχύτητες πρόσκρουσης από το άδειασμα σε καλυμμένη όπως ανωτέρω κλούβα. Κάλυψη των επιφανειών με απορροφητικά υλικά μειώνει συνήθως τη ζημιά στους καρπούς (Hyde, 1997), ενώ αντίθετα και μεγαλύτερη ζημιά σε καρπούς έχει βρεθεί με υλικά απορροφητικά των χτυπημάτων σε διαλογητήρια σε σχέση με τις γυμνές σκληρές επιφάνειες (Armstrong et al., 1995). Η πτώση του ψευδοκαρπού από την κορυφή του κουβά με φρούτα σε άδεια ή μισογεμάτη κλούβα δέχθηκε μόνο σε μερικές περιπτώσεις υψηλότερες δυνάμεις και ταχύτητες πρόσκρουσης από την πτώση του ψευδοκαρπού ευρισκόμενου ανάμεσα στους καρπούς του κουβά, ενώ συνήθως δεν υπήρχαν διαφορές από τη θέση του ψευδοκαρπού στον κουβά.

Πίνακας 4. Μέγιστη και μέση δύναμη πρόσκρουσης (Gs) $\pm$ τυπική απόκλιση (TA) και μέγιστη και μέση ταχύτητα πρόσκρουσης (Veloc, m.s⁻¹) $\pm$ TA ψευδοκαρπού 204 g (528) και 111 g (530) κατά την πτώση του από κουβά σε κλούβα παρουσία καρπών.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	IS	Max Gs	Mean Gs $\pm$ TA	Max Veloc	Mean Veloc $\pm$ TA
Από κορυφή γεμάτου κουβά σε άδεια κλούβα χωρίς κάλυμμα	528	150	53 $\pm$ 5,5	3,99	1,3 $\pm$ 0,21
Από κορυφή γεμάτου κουβά σε μισογεμάτη κλούβα χωρίς κάλυμμα	528	70	46 $\pm$ 2,0	2,35	1,07 $\pm$ 0,08
Από μέσον γεμάτου κουβά σε άδεια κλούβα χωρίς κάλυμμα	528	112	46 $\pm$ 3,5	3,59	1,19 $\pm$ 0,14
Από μέσον γεμάτου κουβά σε μισογεμάτη κλούβα χωρίς κάλυμμα	528	70	42 $\pm$ 3,1	1,83	0,93 $\pm$ 0,12
Από κορυφή γεμάτου κουβά σε άδεια κλούβα χωρίς κάλυμμα	530	243	65 $\pm$ 2,9	6,37	1,51 $\pm$ 0,56
Από κορυφή γεμάτου κουβά σε μισογεμάτη κλούβα χωρίς κάλυμμα	530	136	59 $\pm$ 3,7	3,46	1,16 $\pm$ 0,71
Από μέσον γεμάτου κουβά σε άδεια κλούβα χωρίς κάλυμμα	530	140	56 $\pm$ 4,0	2,6	1,23 $\pm$ 0,77
Από μέσον γεμάτου κουβά σε μισογεμάτη κλούβα χωρίς κάλυμμα	530	105	56 $\pm$ 4,9	2,05	1,11 $\pm$ 0,95
Από κορυφή γεμάτου κουβά σε άδεια κλούβα με κάλυμμα	528	144	62 $\pm$ 3,4	3,67	1,11 $\pm$ 0,10
Από κορυφή γεμάτου κουβά σε μισογεμάτη κλούβα με κάλυμμα	528	102	49 $\pm$ 3,9	2,09	0,8 $\pm$ 0,11
Από μέσον γεμάτου κουβά σε άδεια κλούβα με κάλυμμα	528	119	48 $\pm$ 3,6	4,33	0,99 $\pm$ 0,10
Από μέσον γεμάτου κουβά σε μισογεμάτη κλούβα με κάλυμμα	528	90	45 $\pm$ 4,8	2,20	0,72 $\pm$ 0,13
Από κορυφή γεμάτου κουβά σε άδεια κλούβα με κάλυμμα	530	138	56 $\pm$ 2,9	3,55	1,09 $\pm$ 0,10
Από κορυφή γεμάτου κουβά σε μισογεμάτη κλούβα με κάλυμμα	530	94	46 $\pm$ 3,4	2,07	0,76 $\pm$ 0,12
Από μέσον γεμάτου κουβά σε άδεια κλούβα με κάλυμμα	530	116	55 $\pm$ 3,1	4,57	1,01 $\pm$ 0,10
Από μέσον γεμάτου κουβά σε μισογεμάτη κλούβα με κάλυμμα	530	88	51 $\pm$ 4,2	2,04	0,77 $\pm$ 0,14

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι δυνάμεις και ταχύτητες πρόσκρουσης που δέχονται τα μήλα και αχλάδια κατά τη συγκομιδή με την τοποθέτηση στους κουβάδες και το άδειασμα στις κλούβες ή την τοποθέτηση κατ' ευθείαν στην κλούβα ήταν σημαντικές, ώστε να δύνανται να προκαλέσουν ακόμα και εμφανή μωλωπισμό πέραν της βέβαιης αντίδρασης του μεταβολισμού των καρπών με αυξημένες καταβολικές διεργασίες και μείωση της μετασυλλεκτικής ζωής και ποιότητας. Βέβαια η ελαστικότητα και πλαστικότητα των μέσων συγκομιδής μείωσε ιδιαίτερα τη δύναμη πρόσκρουσης και λιγότερο την ταχύτητα πρόσκρουσης των ψευδοκαρπών σε σχέση με τη σταθερή ανελαστική μεταλλική επιφάνεια της εργασίας μας.

Από τις δύο παραμέτρους που καταγράφονται από τους ψευδοκαρπούς φαίνεται ότι η δύναμη (ουσιαστικά η επιβράδυνση) πρόσκρουσης είναι η λιγότερο ευαίσθητη στην πλαστικότητα της επιφάνειας πρόσκρουσης από τις παραμέτρους που μετριοούνται, ενώ η ταχύτητα πρόσκρουσης (συγκεκριμένα η σχέση του ρυθμού επιβράδυνσης προς το χρόνο που διαρκεί η επιβράδυνση έως τον εκμηδενισμό της) ήταν μεγαλύτερη όταν η επιφάνεια πρόσκρουσης είχε μεγαλύτερη πλαστικότητα (καρπούς ή κάλυμμα κλούβας). Από τα αποτελέσματά μας δεν φαίνεται ουσιαστική διαφορά στην πιθανότητα μωλωπισμών μεταξύ των πλαστικών και μεταλλικών κουβάδων και μεταξύ πλαστικών κλουβών με ή χωρίς εσωτερικό κάλυμμα. Επίσης, η θέση των ψευδοκαρπών στον κουβά κατά το άδειασμα στην κλούβα δεν άλλαξε ουσιαστικά τη ζημιά που δέχονται. Καταλήγοντας προτείνονται η κατάλληλη επιμόρφωση των εργατών συγκομιδής και βοηθητικά μέσα για μείωση της διαφοράς ύψους από το χέρι του εργάτη έως το μέσο συγκομιδής, που μπορούν να μειώσουν το μωλωπισμό και τις αρνητικές του συνέπειες στην ποιότητα καρπού.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Περιφερειακού Πόλου Καινοτομίας Θεσσαλίας με χρηματοδότηση από τη Γ.Γ.Ε.Τ. και σε συνεργασία με τον Αγροτικό Συνεταιρισμό Ζαγοράς Πηλίου και την Χρ. Παπαστεργίου Α.Ε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Armstrong, P.R., Brown, G.K. and Timm, E.J., 1995. *Cushioning choices can avoid produce bruising during handling*. In: Harvest and Postharvest Technologies for Fresh Fruits and Vegetables, ASAE, St. Joseph, USA, pp. 183-190.
- Ericsson, N.A. and Tahir, I.I., 1996. *Studies on apple bruising. I. The effects of fruit characteristics, harvest date and precooling on bruise susceptibility of three apple cultivars*. Acta Agriculturae Scandinavica, 46: 214-217.
- Garcia, J.L. and Ruiz-Altisent, M., 1998. *Bruising damage in pome fruits: factors which affect damage appearance and control of damage using electronic fruits*. Revista Científica Rural, 3: 133-139.
- Halloran, N., Kasm, M.U. and Cagiran, R., 1999. *Determination of mechanical injury and effects of bruising on the postharvest quality of cantaloupes*. Acta Horticulturae, 492: 105-111.
- Hyde, G.M., 1997. *Bruising – impacts, why apples bruise, and what you can do to minimize bruising*. Tree Fruit Postharvest Journal, 8: 9-12.

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΜΗΛΩΝ ΑΠΟ ΜΩΛΩΠΙΣΜΟΥΣ

Γ.Δ. Νάνος¹, Σ. Λεοντόπουλος² και Θ. Γέμτος³

^{1,2}Εργαστήριο Δενδροκομίας, ³Εργ. Γεωργικής Μηχανολογίας,
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,

Οδός Φυτόκου, 38446, Βόλος

E-mails: ¹gnanos@agr.uth.gr, ²s_leontopoulos@yahoo.com, ³gemtos@agr.uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η δύναμη και ταχύτητα επιβράδυνσης κατά την πρόσκρουση των μήλων από τη μεταχείριση από τους εργάτες στη συγκομιδή έως και το διαλογητήριο μελετήθηκαν με δύο ηλεκτρονικούς ψευδοκαρπούς (204 και 111 g). Μετρήσεις ελήφθησαν κατά τη συγκομιδή, μεταφορά στο συσκευαστήριο και κατά τη διακίνηση στο διαλογητήριο με διάφορα μέσα συγκομιδής και συσκευασίας. Παρά τις συχνές προσκρούσεις των καρπών σε όλα τα στάδια μετασυλλεκτικής μεταχείρισης και της συσκευασίας, οι δυνάμεις πρόσκρουσης ήταν γενικά μικρές για πρόκληση αισθητικής υποβάθμισης της ποιότητας, ενώ οι υψηλότερες δυνάμεις πρόσκρουσης βρέθηκαν κατά τη διαδικασία συγκομιδής. Βρέθηκαν μόνο ελάχιστες διαφορές μεταξύ των δυνάμεων πρόσκρουσης που δέχθηκαν οι ψευδοκαρποί των δύο μεγεθών.

Λέξεις κλειδιά: πιεζοηλεκτρικό στοιχείο, ηλεκτρονικός ψευδοκαρπός, συγκομιδή, διαλογητήριο.

APPLE BRUISING FROM HUMAN HANDLING DURING HARVEST AND PACKINGHOUSE OPERATIONS

G.D. Nanos¹, S. Leontopoulos² and T. Gemtos³

^{1,2}Lab. of Pomology, ³Lab. of Agricultural Engineering,

School of Agricultural Sci., University of Thessaly, Fitoko str., Volos 38446, Greece

E-mails: ¹gnanos@agr.uth.gr, ²s_leontopoulos@yahoo.com, ³gemtos@agr.uth.gr

ABSTRACT

Impact force and deceleration velocity of apples due to human handling were measured from harvest through all operations in packinghouse with two instrumented spheres (204 και 111 g). Measurements were taken during harvest, local transportation and during packinghouse handling with various containers or packages. Even though the instrumented spheres measured numerous bruising incidents during postharvest handling, the impact forces and velocity were generally low to cause bruising damage except during harvest when the highest forces were measured. Only few differences were found between the impact forces measured with the two different in size instrumented spheres.

Key words: instrumented sphere, postharvest handling, impact force, impact velocity.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σημαντικό πρόβλημα στην ποιότητα των συγκομιζόμενων φρούτων προκαλεί η πρόσκρουσή τους στα δοχεία συγκομιδής ή συσκευασίας και πάνω σε άλλους καρπούς. Προκαλείται είτε από κακή χρήση του εξοπλισμού είτε από κακή μεταχείριση από το προσωπικό που συγκομίζει ή μεταχειρίζεται τους καρπούς και τις συσκευασίες κατά τη διακίνηση στη μετασυλλεκτική αλυσίδα (μεταφορά, συσκευασία). Οι προσκρούσεις των καρπών, ακόμα και αν δεν προκαλέσουν λύση της επιδερμίδας και σήψη, προκαλούν μεταχρωματισμό της σάρκας από τη λύση πολλών κυττάρων της σάρκας και την παραγωγή σκουρόχρωμων πολυφαινόλων με τη δράση της πολυφαινολοξειδάσης. Το σημαντικότερο όμως είναι ότι οι μωλωπισμοί προκαλούν επιτάχυνση της αναπνοής και της παραγωγής αιθυλενίου. Όλα τα ανωτέρω έχουν σαν συνέπεια την αισθητική υποβάθμιση της ποιότητας, απώλεια θρεπτικής αξίας και μείωση της μετασυλλεκτικής ζωής των καρπών (Halloran et al., 1999).

Η διερεύνηση των συνθηκών κάτω από τις οποίες δημιουργούνται συνθήκες μωλωπισμών των καρπών θα οδηγήσει σε μέτρα αποφυγής τους και βελτίωση της ποιότητας και της αξίας των καρπών. Για την προσομοίωση της δύναμης πρόσκρουσης των καρπών έχουν δημιουργηθεί ψευδοκαρποί διαφόρων μεγεθών εξοπλισμένοι με πιεζοηλεκτρικά στοιχεία που μπορούν να μετρήσουν την επιβράδυνση κατά την πρόσκρουση στην εκάστοτε επιφάνεια και το χρόνο που θα απαιτηθεί για να εκμηδενιστεί η κίνηση του ψευδοκαρπού. Από τις μετρούμενες παραμέτρους καταγράφεται η επιβράδυνση (εκφραζόμενη στο εξής σαν δύναμη) κατά την πρόσκρουση, υπολογίζεται η μέση ταχύτητα επιβράδυνσης (η σχέση του ρυθμού επιβράδυνσης προς το χρόνο που διαρκεί η επιβράδυνση έως τον εκμηδενισμό της) κατά το συμβάν και αποθηκεύονται στον ψευδοκαρπό σε καταγραφικό από όπου μεταφέρονται σε Η/Υ για επεξεργασία. Οι ψευδοκαρποί μπορούν να προσομοιώσουν οποιαδήποτε μεταχείριση και σημείο στη μετασυλλεκτική αλυσίδα των νωπών καρπών χωρίς πάντα να σχετίζονται απόλυτα οι παράμετροι που μετρά ο ψευδοκαρπός με την τελική ζημιά του καρπού (Garcia and Ruiz-Altisent, 1998). Βέβαια οι ψευδοκαρποί μετρούν μόνο τη ζημιά από χτυπήματα στους καρπούς και όχι από στατική πίεση που μπορούν να δεχθούν σε μια συσκευασία, ενώ και στις δύο περιπτώσεις το αποτέλεσμα στον καρπό είναι μωλωπισμός (Geyer and Herold, 1995).

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι παράμετροι πρόσκρουσης στα σημεία της μετασυλλεκτικής αλυσίδας των μήλων όπου η κακή μεταχείριση των καρπών, των συσκευασιών ή του εξοπλισμού από τον άνθρωπο μπορεί να προκαλέσει ικανές δυνάμεις πρόσκρουσης που είναι πιθανόν να υποβαθμίσουν την ποιότητα των μήλων.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δύο μεγέθη (204 και 111 g) ηλεκτρονικών ψευδοκαρπών για τη μέτρηση και καταγραφή του αριθμού χτυπημάτων ανά επανάληψη και της δύναμης και ταχύτητας επιβράδυνσης από την πρόσκρουση των μήλων από τη μεταχείριση των εργατών στη συγκομιδή έως και το διαλογητήριο. Οι ψευδοκαρποί αποτελούνται από τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο ενσωματωμένο σε ανθεκτικό πλαστικό αδρανές υλικό σε σχήμα σφαίρας, έχουν ενσωματωμένο καταγραφικό και μπαταρία και με κατάλληλο λογισμικό επεξεργάζονται και επικοινωνούν με υπολογιστή παλάμης, ώστε το όλο σύστημα να είναι απόλυτα ανεξάρτητο και συμβατό με εργασίες πεδίου. Οι ψευδοκαρποί που χρησιμοποιήθηκαν ήταν της εταιρείας Techmark Inc (Lansing, MI, USA) με υπολογιστή παλάμης Compaq iPAQ.

Συγκεκριμένα σε εμπορικό μηλέωνά της περιοχής Αγίας Λάρισας προσομοιώθηκε από τους εργάτες που συγκομίζουν μήλα η κοπή και τοποθέτησή τους σε πλαστικό κουβά και η μεταφορά των καρπών σε πλαστική κλούβα 16 kg με άδειασμα του κουβά. Η διαδικασία επαναλήφθηκε 10 φορές. Οι κλούβες τοποθετούνταν πάνω σε φορτηγό ή

σε παλέτα και κατόπιν σε φορτηγό χωρητικότητας 1 ή 4 t και μεταφέρονταν στο διαλογητήριο της εταιρείας στην περιοχή Ανάβρας. Κατά τη μεταφορά οι δύο ψευδοκαρποί βρίσκονταν μέσα σε παρακείμενες κλούβες ψηλά και προς τα πίσω στο φορτίο ώστε να δεχθούν τη μέγιστη δυνατή καταπόνηση. Η διαδικασία επαναλήφθηκε σε δύο μηλεώνες.

Στην περιοχή Ζαγοράς Πηλίου οι ψευδοκαρποί τοποθετήθηκαν ψηλά σε κλούβες σε κάθε φορτίο και μεταφέρθηκαν από μηλεώνες προς το διαλογητήριο του Συνεταιρισμού. Οι μηλεώνες βρίσκονταν στις τρεις ζώνες συγκομιδής της περιοχής ανάλογα το υψόμετρο. Το διαλογητήριο βρίσκεται στην πρώτη ζώνη και υψόμετρο περίπου 250 m, η 1^η ζώνη οριοθετείται έως τα 350 m υψόμετρο (3 μηλεώνες), η 2^η ζώνη από 350 - 600 m υψόμετρο (3 μηλεώνες) και η 3^η άνω των 600 m (2 μηλεώνες). Έτσι καθώς αυξάνεται το υψόμετρο που βρίσκεται ο μηλεώνας, αυξάνεται και η απόσταση από το διαλογητήριο, αλλά όχι αναγκαστικά και η διάρκεια μεταφοράς των προϊόντων από χωματόδρομους, καθώς αυτοί σχετίζονται με την απόσταση του μηλεώνα από τους τοπικούς ασφαλτόδρομους και όχι από το υψόμετρο. Θεωρείται ότι στους ασφαλτόδρομους οι προσκρούσεις καρπών είναι ελάχιστες παρά βέβαια την ύπαρξη ατελειών στον ασφαλτοτάπητα. Στην ανωτέρω μεταφορά (περιοχές Αγιάς και Ζαγοράς), καθώς οι διαδρομές έγιναν από διαφορετικούς μηλεώνες και αποστάσεις, δεν υπολογίστηκαν μέσοι όροι και φαίνονται μόνο οι μετρήσεις που καταγράφηκαν ανά διαδρομή.

Στο διαλογητήριο γίνεται η εκφόρτωση των κλουβιών και παλετοποίηση και μεταφορά των παλετών με περονοφόρα οχήματα. Επιπλέον οι κλούβες μηχανικά αδειάζουν σε νερό στο διαλογητήριο αλλά μετά τη διαλογή σε ποιότητες επανατοποθετούνται σε κλούβες για να οδηγηθούν στη συντήρηση. Η ανάδρομη διαδικασία ακολουθείται κατά τη διαλογή και συσκευασία αργότερα κατά τη διάρκεια της εμπορικής περιόδου. Έτσι οι κλούβες δέχονται επαναλαμβανόμενους χειρισμούς από εργάτες για τοποθέτηση σε ή αφαίρεση από παλέτες και από περονοφόρα οχήματα με μονάδα εδώ την παλέτα με ένα μεγάλο αριθμό κλουβιών συνήθως πάνω σε αυτή. Στο διαλογητήριο του Α.Σ. Ζαγοράς Πηλίου έγινε προσομοίωση των προσκρούσεων που δέχονται οι καρποί με τους δύο ψευδοκαρπούς μέσα σε κλούβες και εμπορικές συσκευασίες που χειρίζονταν οι εργάτες αφαιρώντας τες από παλέτες ή στοιβάζοντας παλέτες και από τις μετακινήσεις των παλετών με τα περονοφόρα οχήματα μέσα στο διαλογητήριο του Συνεταιρισμού, το δάπεδο του οποίου έχει πρόσφατα βελτιωθεί με βιομηχανικό τάπητα. Η κάθε μεταχείριση από τις ανωτέρω επαναλήφθηκε πέντε φορές.

Μετά από κάθε επανάληψη της κάθε διαδικασίας, τα δεδομένα αποθηκεύονταν επιτόπου για περαιτέρω ανάλυση με τη βοήθεια υπολογιστή παλάμης. Μέγιστες τιμές, μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις της δύναμης και ταχύτητας πρόσκρουσης παρουσιάζονται για κάθε σημείο μετρήσεων της μετασυλλεκτικής αλυσίδας. Τα όρια για μωλωπισμό των μήλων βρίσκονται από μια ελαφρά παραβολική καμπύλη αναφοράς που επηρεάζεται από τη μέγιστη δύναμη πρόσκρουσης και τη μέγιστη ταχύτητα πρόσκρουσης με ελάχιστες τιμές 27 και 0,25 και μέγιστες 97 και 2,6, για τη δύναμη και ταχύτητα πρόσκρουσης, αντίστοιχα. Τιμές των δύο παραγόντων που δίνουν σημεία πάνω από την καμπύλη αναφοράς αναμένεται να προκαλέσουν εμφανή μωλωπισμό.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η κοπή και τοποθέτηση μήλων σε πλαστικό κουβά είναι η αρχική και πιο συχνά εφαρμοζόμενη μέθοδος συγκομιδής όταν έχουμε πυκνές φυτεύσεις και χαμηλού ύψους δέντρα. Κατά τη συλλογή των μήλων η πτώση των καρπών στον πλαστικό κουβά προκάλεσε αρκετά και έντονα χτυπήματα καθώς οι προσκρούσεις των επόμενων καρπών που συγκομίζονταν ήταν επίσης αρκετά ισχυρές και καταγράφονταν από τον ψευδοκαρπό (Πίν. 1). Είναι προφανές ότι ο ψευδοκαρπός δέχθηκε τη μέγιστη δύναμη και ταχύτητα πρόσκρουσης που καταγράφηκε κατά την πτώση του στον κουβά, ενώ

ακολούθησαν άλλες προσκρούσεις μικρότερης έντασης από τους επόμενους συγκομιζόμενους καρπούς. Ο μικρότερος ψευδοκαρπός δέχθηκε πάνω από διπλάσια δύναμη και ταχύτητα πρόσκρουσης και όμοιο αριθμό χτυπημάτων σε σχέση με το μεγαλύτερο ψευδοκαρπό προφανώς λόγω των πτώσεων των επόμενων καρπών πάνω στον ψευδοκαρπό. Φαίνεται ότι η διαδικασία της συγκομιδής προκαλεί αρκετές προσκρούσεις σε ένα καρπό κατά την πτώση του στο μέσο συγκομιδής και από αυτούς που σταδιακά προστίθενται στον κουβά και αρκετά δυνατές καθώς ο εργάτης πρέπει να σκύψει για να αφήσει τα μήλα στον κουβά χωρίς να τα 'ρίξει' σε αυτόν από μια απόσταση συχνά 20-30 cm. Αν ο κουβάς βρισκόταν σταθεροποιημένος πάνω σε ένα χειροκίνητο αμαξίδιο σε κατάλληλο ύψος (έως τη μέση του εργάτη), είναι πιθανόν το ύψος πτώσης και αντίστοιχα οι δυνάμεις πρόσκρουσης να ήταν πολύ μικρότερες. Ακόμα καλύτερα θα ήταν αν οι καρποί τοποθετούνταν κατευθείαν στην κλούβα που θα βρισκόταν πάνω σε χειροκίνητο αμαξίδιο στο χωράφι.

Στον αγρό ο γεμάτος κουβάς μεταφέρεται στην παλέτα όπου οι καρποί αδειάζονται σε πλαστικές κλούβες χωρητικότητας 16 kg. Το άδειασμα από τον κουβά στην κλούβα προκάλεσε ακόμα εντονότερα χτυπήματα στους ψευδοκαρπούς από ότι κατά τη συγκομιδή και σαν μέσο όρο αλλά και σαν μέγιστη δύναμη και ταχύτητα πρόσκρουσης που καταγράφηκε (Πίν. 1).

Πίνακας 1. Προσομοίωση μεταχειρίσεων στη συγκομιδή και μεταφορά στο διαλογητήριο με χρήση δύο ψευδοκαρπών (IS), ενός 111 g (530) και ενός 204 g (528). Παρουσιάζονται ο αριθμός των προσκρούσεων (#), η μέγιστη και μέση δύναμη πρόσκρουσης (Gs) $\pm$ τυπική απόκλιση (TA) και η μέγιστη και μέση ταχύτητα πρόσκρουσης (Veloc, m.s⁻¹) $\pm$ TA.

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ	IS	#	Max Gs	Mean Gs $\pm$ TA	Max Veloc	Mean Veloc $\pm$ TA
Αγία, από δέντρο σε πλαστικό κουβά	530	4,7	84	29 $\pm$ 1,3	2,42	0,82 $\pm$ 0,05
Αγία, από δέντρο σε πλαστικό κουβά	528	4,8	31	13 $\pm$ 1,2	1,52	0,43 $\pm$ 0,04
Αγία, από πλαστικό κουβά σε κλούβα	530	4	122	42 $\pm$ 1,6	4,18	1,21 $\pm$ 0,06
Αγία, από πλαστικό κουβά σε κλούβα	528	4,3	51	36 $\pm$ 3,2	1,31	0,98 $\pm$ 0,12
Αγία, διαδρομή χωράφι προς διαλογητήριο	530	9	23	13 $\pm$ 3,2	1,37	0,59 $\pm$ 0,12
Αγία, διαδρομή χωράφι προς διαλογητήριο	530	14	28	12 $\pm$ 2,6	2,25	0,48 $\pm$ 0,10
Αγία, διαδρομή χωράφι προς διαλογητήριο	528	2	44	29 $\pm$ 6,9	1,50	0,9 $\pm$ 0,26
Αγία, διαδρομή χωράφι προς διαλογητήριο	528	2	24	19 $\pm$ 6,9	0,63	0,46 $\pm$ 0,26
Ζαγ., διαδρομή χωράφι - διαλ/ριο, 1 ^η ζώνη	530	18	11,1	9 $\pm$ 2,3	0,65	0,37 $\pm$ 0,08
Ζαγ., διαδρομή χωράφι - διαλ/ριο, 1 ^η ζώνη	530	32	12,9	8,8 $\pm$ 1,7	0,52	0,37 $\pm$ 0,06
Ζαγ., διαδρομή χωράφι - διαλ/ριο, 1 ^η ζώνη	530	6	15,4	10,7 $\pm$ 3,9	1,07	0,5 $\pm$ 0,15
Ζαγ., διαδρομή χωράφι - διαλ/ριο, 2 ^η ζώνη	530	7	13,9	11,6 $\pm$ 3,6	0,3	0,25 $\pm$ 0,14
Ζαγ., διαδρομή χωράφι - διαλ/ριο, 2 ^η ζώνη	530	14	17,5	11,8 $\pm$ 2,6	0,48	0,23 $\pm$ 0,10
Ζαγ., διαδρομή χωράφι - διαλ/ριο, 2 ^η ζώνη	530	6	13,1	10,6 $\pm$ 3,9	0,44	0,33 $\pm$ 0,15
Ζαγ., διαδρομή χωράφι - διαλ/ριο, 3 ^η ζώνη	530	46	26,8	19,6 $\pm$ 1,4	0,03	0,02 $\pm$ 0,05
Ζαγ., διαδρομή χωράφι - διαλ/ριο, 3 ^η ζώνη	530	18	19,8	15,6 $\pm$ 2,3	0,04	0,03 $\pm$ 0,08
Ζαγ., διαδρομή χωράφι - διαλ/ριο, 1 ^η ζώνη	528	1	17,7	17,7 $\pm$ 6,7	0,75	0,75 $\pm$ 0,37
Ζαγ., διαδρομή χωράφι - διαλ/ριο, 1 ^η ζώνη	528	3	11,5	10,9 $\pm$ 5,6	0,39	0,35 $\pm$ 0,21
Ζαγ., διαδρομή χωράφι - διαλ/ριο, 1 ^η ζώνη	528	1	16,2	16,2 $\pm$ 6,8	0,61	0,61 $\pm$ 0,05

Αυτά τα χτυπήματα είναι ικανά να προκαλέσουν σημαντική καταπόνηση στους καρπούς. Και εδώ ο μικρού μεγέθους ψευδοκαρπός δέχθηκε πολύ υψηλότερες δυνάμεις και ταχύτητες πρόσκρουσης από το μεγαλύτερο ψευδοκαρπό ιδιαίτερα όσον αφορά τις μέγιστες τιμές των ανωτέρω μεταβλητών. Πρέπει να αναφερθεί ότι οι μεγαλύτεροι καρποί έχουν βρεθεί να μωλωπίζονται περισσότερο από τους μικρότερους και αυτό μάλλον οφείλεται στο πιο προχωρημένο στάδιο ωριμότητας των μεγάλων καρπών (Ericsson and Tahir, 1996; Garcia and Ruiz-Altisent, 1998). Συνοπτικά οι μικρότεροι

καρποί φαίνεται να δέχονται μεγαλύτερες δυνάμεις πρόσκρουσης αλλά είναι πιο ανθεκτικοί στο μωλωπισμό πιθανόν λόγω του μικρότερου βαθμού ωριμότητας από τους μεγαλύτερους καρπούς.

Στην Αγιά η μεταφορά με μικρά φορτηγά από το χωράφι στο διαλογητήριο μέσα από χωματόδρομους και ασφαλτοστρωμένες τοπικές οδούς προκάλεσε πολλά και μέτριας έντασης χτυπήματα κύρια στο μικρότερο ψευδοκαρπό (Πίν. 1). Ο μεγαλύτερος ψευδοκαρπός παρότι δέχθηκε ελάχιστα χτυπήματα, αυτά είχαν μεγαλύτερη δύναμη πρόσκρουσης αλλά παρόμοια ταχύτητα πρόσκρουσης με αυτά του μικρότερου καρπού. Στη Ζαγορά η μετακίνηση των γεμάτων κλουβιών γίνεται από τρεις 'ζώνες' ανάλογα το υψόμετρο και απόσταση από το διαλογητήριο που βρίσκεται στη χαμηλότερη ζώνη (1^η ζώνη). Βρέθηκε μεγάλη παραλλακτικότητα από χωράφι σε χωράφι όσον αφορά τον αριθμό χτυπημάτων ανά διαδρομή ανάλογα με τη διάρκεια διαδρομής σε χωματόδρομο (Πίν. 1). Πάντως καθώς αυξάνονταν το υψόμετρο του μηλεώνα (από την 1^η στην 3^η ζώνη) αυξήθηκε και η μέση και μέγιστη δύναμη πρόσκρουσης που δέχθηκε ο μικρός ψευδοκαρπός χωρίς να επηρεαστεί η ταχύτητα πρόσκρουσης. Και στη Ζαγορά ο μεγαλύτερος ψευδοκαρπός δέχθηκε λιγότερα χτυπήματα από το μικρότερο ψευδοκαρπό ανά διαδρομή χωρίς όμως ουσιαστικές διαφορές στη δύναμη και ταχύτητα πρόσκρουσης. Πρέπει να τονιστεί ότι οι χωματόδρομοι ως ορεινοί είναι πιο ανώμαλοι στη Ζαγορά από ότι στην Αγιά. Οι δυνάμεις και ταχύτητες πρόσκρουσης πάντως στη Ζαγορά ήταν παρόμοιες και συχνά μικρότερες από αυτές στην Αγιά προφανώς λόγω της χαμηλότερης ταχύτητας κίνησης των οχημάτων στους δύσβατους χωματόδρομους της Ζαγοράς. Και στην Ιταλία σε παρόμοια μελέτη με τις ποικιλίες μήλων που καλλιεργούνται και στην Ελλάδα βρέθηκε ότι η διαδικασία της συγκομιδής και της μεταφοράς των καρπών από τον αγρό στο διαλογητήριο προκάλεσαν μεγαλύτερη ζημιά από προσκρούσεις σε σχέση με τη διαχείριση των καρπών στο διαλογητήριο (Ragni, 1997).

Πίνακας 2. Μέτρηση αριθμού προσκρούσεων (#), μέγιστης και μέσης δύναμης πρόσκρουσης (Gs) $\pm$ τυπική απόκλιση (TA) και μέγιστης και μέσης ταχύτητας πρόσκρουσης (Veloc, m.s⁻¹) $\pm$ TA κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση παλετών με συσκευασίες μήλων και αχλαδιών με χρήση δύο ψευδοκαρπών (IS), ενός 111 g (530) και ενός 204 g (528).

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΙΑΛΟΓΗΤΗΡΙΟ	IS	#	Max Gs	Mean Gs $\pm$ TA	Max Veloc	Mean Veloc $\pm$ TA
Πτώση μεγάλης συσκευασίας, Μήλα	528	1	13,6	10,1 $\pm$ 0,6	0,45	0,3 $\pm$ 0,05
Πτώση μικρής συσκευασίας, Μήλα	528	<1	42,7	40,0 $\pm$ 0,2	1,02	0,9 $\pm$ 0,02
Πτώση συσκευασίας Χύμα, Μήλα	528	<1	11,5	10,8 $\pm$ 1,1	0,4	0,36 $\pm$ 0,08
Πτώση δίσειρης συσκευασίας, Αχλάδια	528	<1	15,7	14,0 $\pm$ 0,2	0,34	0,3 $\pm$ 0,02
Πτώση μεγάλης συσκευασίας, Μήλα	530	1	13,3	10,0 $\pm$ 0,6	0,46	0,31 $\pm$ 0,04
Πτώση μικρής συσκευασίας, Μήλα	530	<1	18,9	6,9 $\pm$ 0,1	2,00	0,8 $\pm$ 0,01
Πτώση συσκευασίας Χύμα, Μήλα	530	<1	11	10,0 $\pm$ 1,1	0,82	0,44 $\pm$ 0,08
Πτώση δίσειρης συσκευασίας, Αχλάδια	530	<1	8,3	8,0 $\pm$ 0,1	0,7	0,50 $\pm$ 0,01

Οι πλαστικές κλούβες αγρού και συντήρησης των καρπών και τα χαρτοκιβώτια και ξυλοκιβώτια εμπορίου δέχονται διάφορες πτώσεις και χτυπήματα από τους εργάτες στο διαλογητήριο από τη φόρτωση και εκφόρτωση των παλετών. Αυτά τα χτυπήματα των διάφορων συσκευασιών που χρησιμοποιούνται με μήλα για διαλογή και με μήλα και αχλάδια για το εμπόριο βρέθηκαν να προκαλούν το πολύ μία πρόσκρουση ανά μεταχείριση της συσκευασίας και γενικά μικρής έντασης χτυπήματα αλλά με σχετικά υψηλές ταχύτητες πρόσκρουσης στους ψευδοκαρπούς (Πίν. 2). Οι δυνάμεις και ταχύτητα πρόσκρουσης που δέχθηκαν οι δύο μεγεθών ψευδοκαρποί ήταν παρόμοιες.

Η παλέτα είναι η συνήθης μονάδα μεταφοράς των συσκευασιών μέσα στο διαλογητήριο, στους χώρους συντήρησης και προς τις αγορές. Οι μεταφορά παλετών εντός του διαλογητηρίου από και προς τους χώρους συντήρησης από περνοφόρα οχήματα βρέθηκε να προκαλεί αρκετά αλλά μικρής έντασης και ταχύτητας χτυπήματα στους καρπούς (Πίν. 3). Οι τοποθετήσεις των παλετών στο χώρο με χτύπημα περίπου από 20-30 cm των παλετών είτε οριζόντια είτε κατακόρυφα δεν προκάλεσαν ζημιές στους καρπούς καθώς οι ψευδοκαρποί δέχθηκαν έως μία μόνο πρόσκρουση ανά μετακίνηση, όπως αναμενόταν, και οι καταγραφείσες δυνάμεις και ταχύτητες πρόσκρουσης ήταν πολύ χαμηλές για να προκαλέσουν κάποια καταπόνηση στους καρπούς. Οι δυνάμεις και ταχύτητα πρόσκρουσης που δέχθηκαν οι δύο μεγεθών ψευδοκαρποί ήταν παρόμοιες. Αντίθετα, στην Ισπανία με τη χρήση ψευδοκαρπών από τη συγκομιδή έως τη διαχείριση στο διαλογητήριο μήλων και αχλαδιών, οι πτώσεις και μετακινήσεις παλετών βρέθηκαν να προκαλούν τις μεγαλύτερες δυνάμεις πρόσκρουσης (Garcia and Ruiz-Altisent, 1998).

Πίνακας 3. Μέτρηση αριθμού προσκρούσεων (#), μέγιστης και μέσης δύναμης πρόσκρουσης (Gs) $\pm$ τυπική απόκλιση (TA) και μέγιστης και μέσης ταχύτητας πρόσκρουσης (Veloc, m.s⁻¹) $\pm$ TA με χρήση δύο ψευδοκαρπών (IS), ενός 111 g (530) και ενός 204 g (528) κατά τη μετακίνηση παλετών με συσκευασίες μήλων και αχλαδιών με περνοφόρο όχημα. Η απόσταση πτώσης ή χτυπήματος της παλέτας ήταν 20-30 cm.

ΠΕΡΟΝΟΦΟΡΑ ΟΧΗΜΑΤΑ	IS	#	Max Gs	Mean Gs $\pm$ TA	Max Veloc	Mean Veloc $\pm$ TA
Διαδρομή διαλογέα προς θάλαμο ψύξης	528	15	14,7	9,8 $\pm$ 0,51	0,65	0,28 $\pm$ 0,05
Διαδρομή διαλογέα προς θάλαμο ψύξης	530	15	14,6	9,6 $\pm$ 0,48	0,63	0,29 $\pm$ 0,05
Οριζόντιο χτύπημα παλέτα-παλέτα μήλα	528	<1	9	8,2 $\pm$ 0,51	0,32	0,21 $\pm$ 0,06
Οριζόντιο χτύπημα παλέτα-παλέτα μήλα	530	<1	8,3	8 $\pm$ 0,52	0,28	0,19 $\pm$ 0,06
Οριζόντιο χτύπημα παλέτα-παλέτα αχλάδια	528	<1	8,9	8,9 $\pm$ 0,97	0,21	0,18 $\pm$ 0,11
Οριζόντιο χτύπημα παλέτα-παλέτα αχλάδια	530	<1	8,9	8,0 $\pm$ 0,91	0,19	0,14 $\pm$ 0,10
Κατακόρυφη πτώση παλέτα σε παλέτα μήλα	528	<1	11,3	9,2 $\pm$ 0,61	0,24	0,21 $\pm$ 0,07
Κατακόρυφη πτώση παλέτα σε παλέτα μήλα	530	<1	11	9 $\pm$ 0,57	0,27	0,19 $\pm$ 0,06
Κατακόρυφη πτώση παλέτα σε παλέτα αχλ	528	1	14,0	9,1 $\pm$ 0,41	0,26	0,22 $\pm$ 0,04
Κατακόρυφη πτώση παλέτα σε παλέτα αχλ	530	1	13,8	9 $\pm$ 0,38	0,42	0,25 $\pm$ 0,04
Κατακόρυφη πτώση παλέτα - δάπεδο μήλα	528	<1	11,1	9 $\pm$ 0,56	0,81	0,21 $\pm$ 0,06
Κατακόρυφη πτώση παλέτα - δάπεδο μήλα	530	<1	11	9 $\pm$ 0,52	0,74	0,21 $\pm$ 0,05
Κατακόρυφη πτώση παλέτα - δάπεδο αχλ	528	<1	9	7,9 $\pm$ 0,56	0,32	0,15 $\pm$ 0,06
Κατακόρυφη πτώση παλέτα - δάπεδο αχλ	530	<1	8,9	8,0 $\pm$ 0,48	0,30	0,16 $\pm$ 0,05

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι σημαντικές προσκρούσεις των καρπών κατά τη διαδικασία της συγκομιδής στον οπωρώνα επιδέχονται μείωσης του αριθμού και της έντασης είτε με τη χρήση χειροκίνητων αμαξιδίων είτε με την εκπαίδευση των εργατών. Επιπλέον ταχεία πρόψυξη των καρπών με την παραλαβή τους στο διαλογητήριο μειώνει την ανάπτυξη του μωλωπισμού (και των λοιπών αρνητικών συνεπειών στην ποιότητα) που έχουν δεχθεί έως το σημείο της παραλαβής τους στο διαλογητήριο, όταν αυτή η ζημιά δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή (Toivonen et al., 2007).

Αντίθετα με ό, τι αναμέναμε, οι μετακινήσεις των κλουβιών είτε χειροκίνητα στην παραλαβή και διαλογητήριο είτε μηχανικά με τη μεταφορά παλετών με περνοφόρα οχήματα δεν προκάλεσαν προσκρούσεις ικανές να προκαλέσουν μωλωπισμό αλλά, πιθανόν, ούτε και απώλειες ποιότητας από καταπόνηση.

Τέλος, οι μικρότεροι καρποί φαίνεται να δέχονται περισσότερα και ισχυρότερα χτυπήματα από τους μεγαλύτερους καρπούς κατά τη συγκομιδή στον αγρό και την

αρχική μεταφορά, ενώ δεν βρέθηκαν διαφορές στην ένταση των χτυπημάτων που δέχονται μικροί και μεγάλοι καρποί κατά τις υπόλοιπες μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Περιφερειακού Πόλου Καινοτομίας Θεσσαλίας με χρηματοδότηση από τη Γ.Γ.Ε.Τ. και σε συνεργασία με τον Αγροτικό Συνεταιρισμό Ζαγοράς Πηλίου και την Χρ. Παπαστεργίου Α.Ε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ericsson, N.A. and Tahir, I.I., 1996. *Studies on apple bruising. I. The effects of fruit characteristics, harvest date and precooling on bruise susceptibility of three apple cultivars*. Acta Agriculturae Scandinavica, 46: 214-217.
- Garcia, J.L. and Ruiz-Altisent, M., 1998. *Bruising damage in pome fruits: factors which affect damage appearance and control of damage using electronic fruits*. Revista Cientifica Rural, 3: 133-139.
- Geyer, M. and Herold, B., 1995. *Methods and limits for measurement of mechanical load on fruits and vegetables in harvest and post-harvest period*. Acta Horticulturae, 379: 579-586.
- Halloran, N., Kasm, M.U. and Cagiran, R., 1999. *Determination of mechanical injury and effects of bruising on the postharvest quality of cantaloupes*. Acta Horticulturae, 492: 105-111.
- Ragni, L., 1997. *Analysis of the mechanical damage of products in lines for grading and packaging apples*. Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura, 59: 51-55.
- Toivonen, P.M.A., Hampson, C., Stan, S., McKenzie, D.L. and Hocking, R., 2007. *Factors affecting severity of bruises and degree of apparent bruise recovery in a yellow-skinned apple*. Postharvest Biology and Technology, 45: 276-280.

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΕ ΘΕΡΜΟ ΑΕΡΑ ΕΔΩΔΙΜΟΥ ΜΑΝΙΤΑΡΙΟΥ *AGARICUS BISPORUS*

Θ. Σωτηριάδης, Ε. Π. Αγγλογάλλος, Γ. Ξανθόπουλος και Γρ. Λαμπρινός

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ.,
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 118 55, Αθήνα,
Τηλ.: 210 5294031, Φαξ: 210 52 4032
E-mail: refrigenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι μεταβολές των χρωματικών παραμέτρων της λαμπρότητας (L^*), της συνολικής μεταβολής χρώματος (ΔE) καθώς και του δείκτη καστανώσης (BI) αφυδατούμενων ολόκληρων λευκών μανιταριών *Agaricus bisporus* σε ρεύμα θερμού αέρα. Η διεργασία πραγματοποιήθηκε σε θερμοκρασίες 45 °C, 55 °C και 65 °C και σε ταχύτητες αέρα ≥ 1 m/s. Παρατηρήθηκε πως η ξήρανση σε υψηλότερες θερμοκρασίες, οδήγησε αντίστοιχα και σε υψηλότερες τελικές τιμές του L^* (λευκότερο τελικό προϊόν) και μικρότερες του ΔE . Το μεγαλύτερο ποσοστό της μεταβολής του BI έλαβε χώρα στα αρχικά στάδια της ξήρανσης όπου και οι τιμές της ενεργότητας του νερού (a_w) του προϊόντος ήταν πολύ υψηλές ($a_w > 0.98$).

Λέξεις κλειδιά: χρωματικές παράμετροι, λευκό μανιτάρι, ξήρανση σε ρεύμα αέρα, ενεργότητα νερού.

STUDY OF THE CHROMATIC PARAMETERS EVOLUTION DURING AIR DRYING OF MUSHROOMS *AGARICUS BISPORUS*

Th. Sotiriadis, E. P. Agglogallos, G. Xanthopoulos and Gr. Lambrinos

Laboratory of Agricultural Engineering, Department of NRM & AE,
Agricultural University of Athens, 75 Iera Odos Str., Athens, Greece 11855,
Tel.: +3 210 5294031, Fax: +3 210 5294032,
e-mail: refrigenergy@aua.gr

ABSTRACT

In the present research were investigated the changes of three chromatic parameters, the lightness (L^*), the total colour difference (ΔE) and the brown index (BI) during air drying of white mushroom *Agaricus bisporus*. Drying process was carried out in three temperatures 45 °C, 55 °C και 65 °C and air velocities ≥ 1 m/s. It was observed that drying in higher air temperatures drove in higher L^* values (whiter final product) and lower ΔE values. Most of the BI changes have taken place at the initial drying stages in which the calculated water activity (a_w) values of the drying product were quite high ($a_w > 0.98$).

Key words: chromatic parameters, white mushroom, air drying, water activity.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ταμανιτάρια είναι εδώδιμοι μύκητες και υιοθετήθηκαν στην ανθρώπινη διατροφή ήδη από τα αρχαία χρόνια. Αποτελούνται από 32.7% πρωτεΐνες, 2.4% λίπη και 47.7% υδρογονάνθρακες. Είναι ιδιαίτερος φθαρτά προϊόντα ενώ η ποιοτική τους υποβάθμιση ξεκινά με τη συγκομιδή τους. Ένας τρόπος συντήρησής τους είναι να υποστούν κάποια επεξεργασία, όπως είναι η αφυδάτωση (Nachiket et al., 2007).

Η αφυδάτωση, μεταξύ των άλλων μεθόδων επεξεργασίας, έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματική στη συντήρηση των μανιταριών, ενώ ειδικότερα η ξήρανση με ρεύμα θερμού αέρα αποτελεί μία σχετικά απλή και οικονομική μέθοδο (Pal and Chakraverty, 1997). Η αφυδάτωση γενικώς εξασφαλίζει βιολογική σταθερότητα στο προϊόν λόγω σημαντικής μείωσης της ενεργότητας του νερού, με συνέπεια τη μείωση της μικροβιακής δραστηριότητας και των φυσικοχημικών μεταβολών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής του (Mayor and Sereno, 2004). Ωστόσο, η χρήση σχετικά υψηλών θερμοκρασιών για την ταχύτερη απομάκρυνση της περιεχόμενης υγρασίας από το προϊόν οδηγεί σε ποιοτική υποβάθμιση και ειδικότερα σε απώλεια χρώματος, βιταμινών, υφής κτλ.

Το χρώμα ειδικότερα αποτελεί ένα πολύ σημαντικό ποιοτικό κριτήριο για τους καταναλωτές επηρεάζοντας σημαντικά τις επιλογές τους. Το χρώμα έχει αποδειχθεί ότι είναι η πρώτη ιδιότητα σε ένα νωπό προϊόν την οποία ταυτοποιεί ο καταναλωτής και αντιστοιχεί στην ποιότητά του (Medeni, 2006). Οι φυτικοί ιστοί υφίστανται συνήθως εκτεταμένη κασάνωση κατά τη διάρκεια της αφυδάτωσης και αποθήκευσής τους. Η κασάνωση των φρούτων και λαχανικών κατά τη διάρκεια της αφυδάτωσης τους οφείλεται σε ενζυμικές και μη αντιδράσεις (Krokida et al., 2001).

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της συμβολής των παραγόντων της ξήρανσης (θερμοκρασία και ταχύτητα του αέρα ξήρανσης) στην κασάνωση του αφυδατούμενου προϊόντος που προκύπτει κατά τη διάρκεια της διεργασίας καθώς και να εκτιμηθεί όσο γίνεται καλύτερα το ποσοστό που κάθε είδος κασάνωσης (ενζυμική ή μη) συμμετέχει στη μεταβολή αυτή.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ

Τα πειράματα ξήρανσης πραγματοποιήθηκαν με νωπά λευκά καλλιεργούμενα μανιτάρια του είδους *Agaricus bisporus*. Η προμήθεια τους γινόταν από τοπικό supermarket με άμεση μεταφορά και αποθήκευσή τους σε ψυγείο στο εργαστήριο σε θερμοκρασία 4.0 ± 1.0 °C. Λήφθηκε μέριμνα ώστε η ξήρανση των μανιταριών να γίνεται την ίδια ή την επόμενη της αγοράς τους ενώ η συλλογή τους να είχε γίνει το αργότερο την προηγούμενη της αγοράς ημέρα, ώστε να ήταν όσο το δυνατόν πιο φρέσκα. Η αρχική περιεχόμενη υγρασία των μανιταριών ήταν 13.50 ± 0.34 kg_N/kg_{Ξ0} ή 93.04 ± 0.24 % Φ.Κ. ($p \leq 0.05$). Η ξήρανση των δειγμάτων έγινε χωρίς την εφαρμογή φυσικών (ζεμάτισμα με νερό ή ατμό) ή χημικών (χρήση αντιοξειδωτικών ουσιών όπως κιτρικού οξέος, ασκορβικού οξέος ή διοξειδίου του θείου) προχειρισμών.

2.2. ΞΗΡΑΝΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Η ξήρανση των μανιταριών πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονα σε δύο πειραματικές εγκαταστάσεις ξήρανσης οι οποίες σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν στο εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Γ.Π.Α. Κατά τη διάρκεια του πειράματος γινόταν τακτικός έλεγχος της ταχύτητας και θερμοκρασίας του αέρα ξήρανσης και καταγραφή της απώλειας βάρους των αφυδατούμενων δειγμάτων και των αντίστοιχων επιφανειακών θερμοκρασιακών μεταβολών τους (Xanthopoulos et al., 2007). Πραγμα-

τοποιήθηκαν συνολικά εννέα πειράματα ξήρανσης σε τρεις θερμοκρασίες (45, 55 και 65 °C) και τρεις ταχύτητες αέρα (1.0, 3.0, 5.0 m/s). Η διαδικασία ξήρανσης τερματιζόταν όταν η περιεχόμενη υγρασία ήταν κάτω από 18% Φ.Κ. Η μέση απόλυτη υγρασία του αέρα ξήρανσης στο επίπεδο ξήρανσης, ήταν $5.78 \pm 1.08 \text{ kg}_\text{N} / \text{kg}_{\text{ΞΑ}}$ ($p \leq 0.05$). Τα μανιτάρια τοποθετούνταν σε ειδικό συρμάτινο περιέκτη με τον πύλο τους αντίθετα προς τη ροή του αέρα. Η θέση των μανιταριών στο καλάθι ήταν πάντα η ίδια ώστε να εξασφαλίζονται σταθερές συνθήκες ξήρανσης. Σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα τα δείγματα ζυγίζονταν.

Παράλληλα με την καταγραφή της απώλειας βάρους των μανιταριών γίνονταν και μέτρηση των χρωματικών παραμέτρων L^* , a^* και b^* σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Για την καταγραφή των χρωματικών μεταβολών χρησιμοποιήθηκε χρωματόμετρο Minolta CR-300. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν στο άνω μέρος του πύλου (σε τρία σημεία και εξάγονταν ο μέσος όρος). Εν συνεχεία υπολογιζόταν η ολική μεταβολή του χρώματος, ΔΕ (Total Colour Difference) από την εξ. (1) και ο δείκτης καστάνωσης ΒΙ (Browning Index) από τις εξ. 2 και 3 (Medeni, 2006).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

$$BI = \frac{[100 \cdot (x - 0.31)]}{0.172} \quad (2)$$

$$x = \frac{(a^* + 1.75 \cdot L^*)}{(5.645 \cdot L^* + a^* - 3.012 \cdot b^*)} \quad (3)$$

2.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η στατιστική ανάλυση των πειραματικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα Statgraphics Plus 5.1. Κατά τη στατιστική ανάλυση (ANOVA) μελετήθηκαν η επίδραση της θερμοκρασίας και της ταχύτητας του αέρα ξήρανσης καθώς και της περιεχόμενης υγρασίας του προϊόντος στις τιμές των χρωματικών παραμέτρων L^* , ΔΕ και ΒΙ. Όπου απαιτήθηκε έγιναν και έλεγχοι πολλαπλών συγκρίσεων (multiple range tests) με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου Fisher, LSD. Σχεδόν όλες οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

3.1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΣΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ L^* , ΔΕ ΚΑΙ ΒΙ

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση της παλινδρόμησης της επίδρασης της ταχύτητας και θερμοκρασίας του αέρα ξήρανσης καθώς και της περιεχόμενης υγρασίας του προϊόντος στις τιμές των χρωματικών παραμέτρων L^* , ΔΕ και ΒΙ δίνονται περιληπτικά στον Πίνακα 1. Από τον Πίνακα 1 παρατηρούμε πως η ταχύτητα του αέρα δεν έχει καμία σημαντική επίδραση στις τιμές των χρωματικών παραμέτρων. Παρατηρήθηκε πως η μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας είναι σημαντικός παράγοντας και για τις τρεις χρωματικές παραμέτρους. Τέλος, η θερμοκρασία του αέρα έχει σημαντική επίδραση μόνο στις τιμές των L^* και ΔΕ.

Πίνακας 1. Επίδραση της θερμοκρασίας, της ταχύτητας του αέρα ξήρανσης, και της αδιάστατης περιεχόμενης υγρασίας του προϊόντος στα L^* , ΔE και BI .

	Θερμοκρασία αέρα ξήρανσης	Ταχύτητα αέρα ξήρανσης	Αδιάστατη περιεχόμενη υγρασία
L^*	+	–	+
ΔE	+	–	+
BI	–	–	+
+ = σημαντική επίδραση; – = μη σημαντική επίδραση			

Ακολουθώντας, πραγματοποιήθηκε ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης (multiple regression analysis) με ανεξάρτητες μεταβλητές τη θερμοκρασία του αέρα ξήρανσης (T), της περιεχόμενης υγρασίας (M_t) και της αδιάστατης περιεχόμενης υγρασίας (M_t/M_0), για κάθε μια από τις παραμέτρους BI , ΔE και L^* . Τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το R^2_{adj} έδωσε η αδιάστατη περιεχόμενη υγρασία και η περιεχόμενη υγρασία, όπως φαίνονται στον Πίνακα 2. Οι τιμές των στατιστικών παραμέτρων φανερώσουν σημαντική συσχέτιση των εξαρτημένων από τις ανεξάρτητες μεταβλητές για $p \leq 0.001$.

Πίνακας 2. Συσχετίσεις των BI , ΔE και L^* και οι αντίστοιχες στατιστικές παράμετροι.

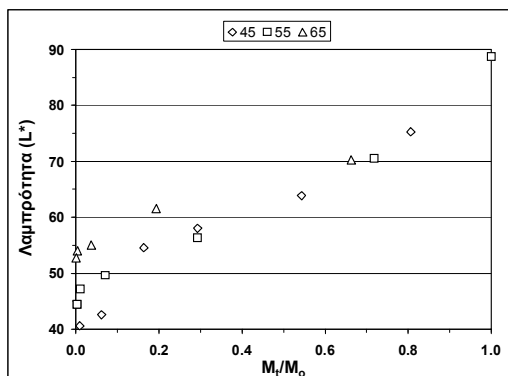
Χρωματικός παράγοντας	Μαθηματικές σχέσεις	R^2_{adj}	SEE	Τιμή p
L^*	$L^* = 26.137 + 40.8 \cdot 10^4 \cdot (M_t/M_0) + 0.373 \cdot T$	0.951	3.49	≤ 0.001
BI	$BI = 48.144 - 31.760 \cdot (M_t/M_0)$	0.941	2.91	≤ 0.001
ΔE	$\Delta E = 65.491 - 40.897 \cdot (M_t/M_0) - 0.383 \cdot T$	0.953	3.43	≤ 0.001

3.2. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ L^* ΚΑΙ ΔE

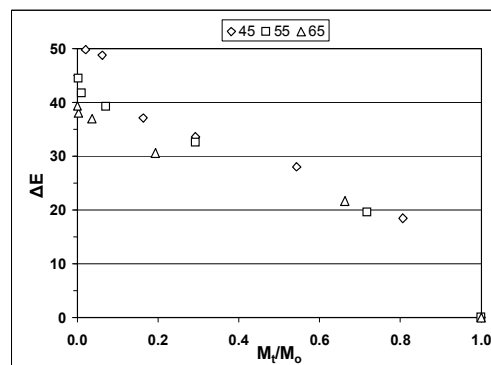
Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η μεταβολή του L^* συναρτήσει της αδιάστατης περιεχόμενης υγρασίας (M_t/M_0) για τις τρεις θερμοκρασίες ξήρανσης (45 °C, 55 °C, 65 °C). Παρατηρούμε ότι αυξανόμενης της θερμοκρασίας ξήρανσης, αυξάνεται η τελική τιμή της παραμέτρου L^* . Έτσι, στο τέλος της ξήρανσης η τιμή της L^* στους 45 °C είναι 40.61 στους 55 °C και 65 °C είναι 44.45 και 52.76 αντίστοιχα. Φαίνεται πως αύξηση της θερμοκρασίας ξήρανσης οδηγεί σε λευκότερο τελικό προϊόν. Η τάση αυτή μπορεί να οφείλεται και στο γεγονός πως αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε μείωση του συνολικά απαιτούμενου χρόνου ξήρανσης. Πράγματι στους 65 °C απαιτούνται 8 h ξήρανσης ενώ στους 45 °C περίπου 11 h. Το γεγονός πως αύξηση της θερμοκρασίας ξήρανσης οδηγεί σε τελικό προϊόν πιο λευκό έρχεται σε αντίθεση με τους Nachiket et al. (2007) οι οποίοι σε ξήρανση με θερμό αέρα (50 °C, 55 °C, 60 °C) μανιταριών *Pleurotus spp.*, που προηγουμένως είχαν υποστεί επεξεργασία (ζεμάτισμα και θείωση), αναφέρουν πως αύξηση της θερμοκρασίας ξήρανσης οδηγεί σε χαμηλότερες L^* τιμές παρόλα αυτά σύγκριση μεταξύ διαφορετικών ειδών μανιταριών ακόμα και κάτω από τις ίδιες συνθήκες ξήρανσης θα πρέπει να γίνεται με επιφύλαξη αφού δεν είναι δυνατή η γενίκευση των αποτελεσμάτων χωρίς προηγούμενη πειραματική επαλήθευση.

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται η μεταβολή της ΔE με την M_t/M_0 . Η τιμή της ΔE αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ξήρανσης. Παρατηρείται ότι αυξανόμενης της θερμοκρασίας

ξήρανσης, μειώνεται η τελική τιμή της ΔΕ. Έτσι, στο τέλος της ξήρανσης η τιμή της ΔΕ στους 45°C είναι περίπου 49.87 ενώ στους 55 °C και 65 °C είναι 44.5 και 39.5 αντίστοιχα.



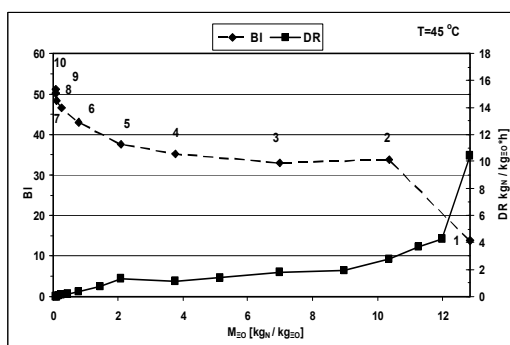
Σχήμα 1. Μεταβολή της L^* με την αδιάστατη περιεχόμενη υγρασία.



Σχήμα 2. Μεταβολή της ΔΕ με την αδιάστατη περιεχόμενη υγρασία.

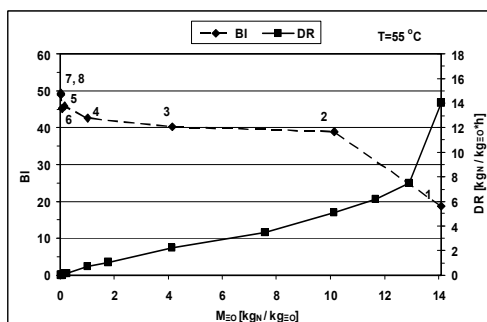
3.3. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΚΑΣΤΑΝΩΣΗΣ BI

Στα Σχήματα 3–5 παρουσιάζονται οι μεταβολές του BI και του ρυθμού ξήρανσης DR με την $M_{\Xi 0}$ στις τρεις θερμοκρασίες ξήρανσης (45 °C, 55 °C και 65 °C). Παρατηρείται η ύπαρξη μίας παρόμοιας τάσης στη μεταβολή των DR και BI με την περιεχόμενη υγρασία.

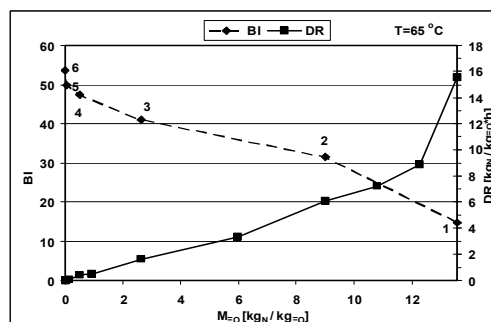


Σχήμα 3. Μεταβολή του BI και του DR με την περιεχόμενη υγρασία στους 45 °C.

Αυτή η τάση είναι πιο εμφανής στις θερμοκρασίες των 45 °C και 55 °C (Σχήματα 3 και 4) στις οποίες μπορούμε να πούμε ότι διακρίνουμε τρεις φάσεις, μία αρχική απότομη άνοδο του BI (περίοδος έντονης καστανώσης του προϊόντος), μια ενδιάμεση όπου ο BI ανέρχεται αργά και σταθερά και μία τελική που αντιστοιχεί σε αισθητή άνοδο του BI έως την τελική του τιμή. Οι μεταβολές του BI φαίνεται να συνδέονται με τις αντίστοιχες αλλά αντίθετες μεταβολές της κλίσης του DR.

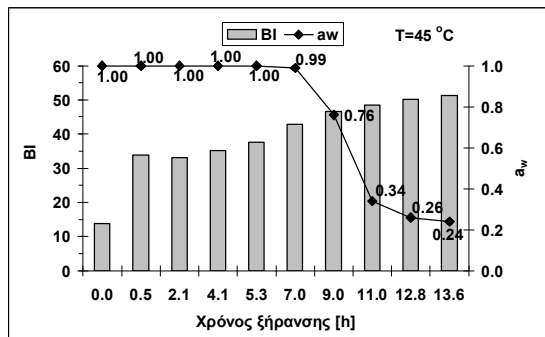


Σχήμα 4. Μεταβολή των BI και DR με την περιεχόμενη υγρασία στους 55 °C.

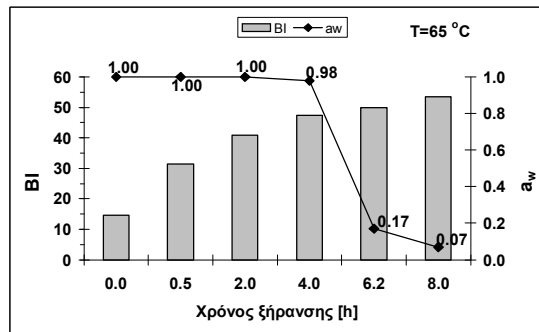


Σχήμα 5. Μεταβολή των BI και DR με την περιεχόμενη υγρασία στους 65 °C.

Στα Σχήματα 6 και 7 παρουσιάζονται η μεταβολή του BI και της a_w με το χρόνο ξήρανσης στους 45 °C και 65 °C, ενώ στον Πίνακα 3 παρατίθενται οι τιμές του BI, το ποσοστό καστάνωσης $[\Delta BI = (B_t - B_o / B_f - B_o)]$ και οι αντίστοιχες τιμές της M_{db} , της a_w και του χρόνου ξήρανσης t (h) για τις τρεις θερμοκρασίες ξήρανσης.



Σχήμα 6. Μεταβολή του BI και της a_w με το χρόνο ξήρανσης, T=45 °C.



Σχήμα 7. Μεταβολή του BI και της a_w με το χρόνο ξήρανσης, T=65 °C.

Ο υπολογισμός της a_w στις τρεις θερμοκρασίες ξήρανσης έγινε από τις ισόθερμες καμπύλες ξήρανσης των μανιταριών *Agaricus bisporus* των Shivhare et al. (2003).

Οι Rahman and Labuza (2007) αναφέρουν πως ο ρυθμός της μη-ενζυμικής καστάνωσης εμφανίζεται υψηλός στην ενδιάμεση περιοχή υγρασίας (intermediate moisture range) όπου $0.60 < a_w < 0.90$, ενώ μειώνεται στα πολύ χαμηλά και πολύ υψηλά ποσοστά περιεχόμενης υγρασίας. Η μη-ενζυμική καστάνωση παρουσιάζει μέγιστο κοντά στην τιμή $a_w = 0.65$ ενώ ο ρυθμός της ενζυμικής καστάνωσης επιταχύνεται σε υψηλά ποσοστά περιεχόμενης υγρασίας (Rahman and Labuza, 2007). Σε πολύ υψηλές τιμές $a_w > 0.90$, επικρατεί η ενζυμική καστάνωση έναντι της μη-ενζυμικής.

Στα Σχήματα 6 και 7 παρατηρούμε πως οι αρχικές τιμές του BI αντιστοιχούν σε πολύ υψηλές τιμές $a_w > 0.98$ γεγονός που καταγράφεται και στον Πίνακα 3. Πιο συγκεκριμένα, για τη θερμοκρασία των 45 °C οι πρώτες έξι μετρήσεις αντιστοιχούν σε τιμές $a_w > 0.99$. Από τον Πίνακα 3 φαίνεται επίσης ότι μέχρι και την έκτη μέτρηση του BI έχει λάβει χώρα το 77.65% της συνολικής καστάνωσης του προϊόντος. Αντίστοιχα αποτελέσματα παρατηρούνται και στις θερμοκρασίες των 55 °C και 65 °C. Έτσι, στους 55 °C οι τέσσερις πρώτες μετρήσεις του BI που αντιστοιχούν σε $a_w > 0.99$, καταγράφουν το 78.59% της συνολικής καστάνωσης και στους 65 °C οι τέσσερις πρώτες μετρήσεις του BI σε $a_w > 0.98$ και καλύπτουν το 83.83% της συνολικής καστάνωσης του προϊόντος. Τα δεδομένα αυτά ενισχύουν την υπόθεση ότι για BI όπου $a_w > 0.98$ επικρατεί η ενζυμικής φύσεως καστάνωση.

Υπεύθυνο για την ενζυμική καστάνωση είναι το ένζυμο πολυφαινόλοξειδάση (PPO) το οποίο υπάρχει σε μεγάλο ποσοστό στα μανιτάρια. Το ένζυμο αυτό καταλύει την οξείδωση των φαινολικών ενώσεων παρουσία μοριακού οξυγόνου, παρουσιάζοντας ειδικευση στις δι-φαινόλες. Κατά την οξείδωση των δι-φαινολών σχηματίζονται κουϊνόνες, οι οποίες πολυμεριζόμενες δίνουν το χαρακτηριστικό καφέ χρώμα (Γαλιώτου, 1998). Παράλληλα έχει διαπιστωθεί πως η πρωτεϊνική δομή της PPO δεν αλλοιώνεται μέχρι τους 70–75 °C (Hutchings, 1994). Αυτό σημαίνει πως η δράση της μπορεί να εκδηλώνεται και κατά τη διάρκεια της ξήρανσης. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί πως η ενζυμική δράση απαιτεί την παρουσία νερού. Η κίνηση του νερού που συμπαρασύρει τα αντιδρώντα συστατικά (ένζυμο και υπόστρωμα) είναι ο κρίσιμος παράγοντας της περιοριστικής ή μη δραστηριότητας των ενζύμων και όχι τόσο η παρουσία και μόνο νερού. Η περιοχή δράσης του ενζύμου επεκτείνεται και σε τιμές χαμηλής a_w , τότε όμως

ίσως λείπει η κινητικότητα του νερού όπου παρίσταται και το οξυγόνο (Ρόδης, 1995).

Πίνακας 3. Ο BI, το ΔBI, οι αντίστοιχες τιμές της $M_{\Xi O}$, της a_w και του χρόνου ξήρανσης.

BI	ΔBI (%)	$M_{\Xi O}$ (%)	a_w	t (h)
45 °C				
13.80	0.00	12.84	1.00	0.00
33.81	53.39	10.35	1.00	0.50
33.07	51.40	6.97	1.00	2.05
35.15	56.94	3.75	1.00	4.05
37.65	63.61	2.09	1.00	5.25
42.91	77.65	0.79	0.99	6.99
46.64	87.61	0.26	0.76	8.99
48.39	92.28	0.12	0.34	10.99
50.23	97.19	0.09	0.26	12.77
51.28	100.00	0.09	0.24	13.58
55 °C				
18.72	0.00	14.09	1.00	0.00
38.85	65.95	10.12	1.00	0.50
40.11	70.09	4.13	1.00	2.00
42.71	78.59	1.01	0.99	3.79
45.94	89.19	0.15	0.53	5.22
45.11	86.47	0.06	0.21	6.01
49.00	99.20	0.03	0.12	8.02
49.24	100.00	0.03	0.12	9.09
65 °C				
14.74	0.00	13.57	1.00	0.00
31.43	42.93	8.99	1.00	0.50
41.01	67.57	2.62	1.00	2.02
47.33	83.83	0.49	0.98	4.00
49.91	90.46	0.04	0.17	6.16
53.61	100.00	0.01	0.07	7.95

Στην αρχική φάση της ξήρανσης απομακρύνεται το μεγαλύτερο ποσοστό του διαθέσιμου νερού που είναι χαλαρά δεσμευμένο και διαθέτει τη μεγαλύτερη κινητικότητα (Ruan and Chen, 1998). Η αλλαγή του DR πιθανώς να σηματοδοτεί και την αλλαγή στην κινητικότητα του νερού και κατ' επέκταση μείωση της αντίστοιχης ενζυμικής δράσης. Τα συστήματα ξήρανσης πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να αφυδατώνουν ταχέως το προϊόν στην ενδιάμεση περιοχή υγρασίας ($0.60 < a_w < 0.90$), με σκοπό να ελαχιστοποιούν τον κίνδυνο καστανώσεων ενζυμικών ή μη (Rahman, 2007). Από τις ισόθερμες καμπύλες ξήρανσης των *Agaricus bisporus* (Shivhare et al., 2003) προκύπτει πως το υγρασιακό εύρος 0.18–0.26 $kg_N/kg_{\Xi O}$ (15–20% Φ.Κ.) αντιστοιχεί σε a_w μεταξύ 0.54 και 0.85. Χρονικά αυτό το υγρασιακό εύρος, που εκφράζει την ενδιάμεση περιοχή υγρασίας, παρατηρείται:

- στους $T=45\text{ }^{\circ}\text{C}$, μεταξύ της έκτης και έβδομης μέτρησης του BI και διαρκεί το πολύ 2 h (Σχήματα 3, 6 και Πίνακας 3) σε σύνολο 14 περίπου ωρών ξήρανσης,
- στους $T=55\text{ }^{\circ}\text{C}$, μεταξύ της τέταρτης και πέμπτης μέτρησης του BI και διαρκεί το πολύ 1.43 h (Σχήμα 4 και Πίνακας 3) σε σύνολο 9 h ξήρανσης και
- στους $T=65\text{ }^{\circ}\text{C}$, μεταξύ τέταρτης και πέμπτης μέτρησης του BI και διαρκεί το πολύ

2.16 h (Σχήματα 6 και Πίνακας 3) σε σύνολο 8 h ξήρανσης.

Παρατηρούμε, ότι και στις τρεις θερμοκρασίες, ο μέσος χρόνος που καταγράφηκε κατά τη δίοδο από το υγρασιακό εύρος 15–20% Φ.Κ. αποτέλεσε το 15–20% του συνολικού χρόνου ξήρανσης.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η μεταβολή των L^* , ΔE και BI κατά τη διάρκεια της ξήρανσηςμανιταριών *Agaricus Bisporus*. Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως οι παράγοντες ξήρανσης που επηρεάζουν σημαντικά τα L^* , ΔE και BI είναι, για μεν το L^* και ΔE η περιεχόμενη υγρασία του προϊόντος και δευτερευόντως η θερμοκρασία, για δε το BI μόνο η περιεχόμενη υγρασία. Η ανάλυση παλινδρόμησης έδωσε σχέσεις που περιγράφουν την εξάρτηση των χρωματικών παραμέτρων με τους παράγοντες που τις επηρεάζουν. Συγκεκριμένα αναπτύχθηκαν τρία μοντέλα υπολογισμού για κάθε ένα εκ των L^* , ΔE και BI . Τα L^* και ΔE συσχετίστηκαν με την αδιάστατη περιεχόμενη υγρασία και τη θερμοκρασία ξήρανσης και προέκυψαν συσχετίσεις με $R_{adj}^2=0.951$ και 0.953 αντίστοιχα. Ο δείκτης καστάνωσης BI συσχετίστηκε με την αδιάστατη περιεχόμενη υγρασία με $R_{adj}^2=0.941$. Επίσης παρατηρήθηκε πως αυξανόμενη της θερμοκρασίας ξήρανσης αυξάνεται και η τελική τιμή της χρωματικής παραμέτρου L^* πιθανότατα λόγω συντόμευσης του χρόνου ξήρανσης. Από την ανάλυση, φαίνεται πως στα αρχικά στάδια της ξήρανσης το πιο μεγάλο μέρος της καστάνωσης είναι ενζυμικής φύσεως. Στα πρώτα στάδια της καστάνωσης διαπιστώθηκε πως η a_w στο προϊόν είναι πολύ υψηλή ($a_w>0.98$) και για τις τρεις θερμοκρασίες ξήρανσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γαλιώτου, Π.Μ., 1998. *Ενζυμολογία τροφίμων*, Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Αδημοσίευτες.
- Hutchings, B. J., 1994. *Food colour and appearance*. Chapman and Hall, New York.
- Krokida, M.M., Maroulis, Z.M. and Saravacos, G.D., 2001. *The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products*. International Journal of Food Science and Technology, 36: 53–59.
- Mayor, L. and Sereno, A.M., 2004. *Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review*. Journal of Food Engineering, 61: 373–386.
- Medeni, M. 2006. *Effect of thermal processing on tristimulus changes of fruits*. Stewart Postharvest Review, 2(5): 1–8.
- Nachiket, K., Pramod, B. and Ajay, V., 2007. *Changes in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying*. Journal of Food Engineering, 78: 1207–1211.
- Pal, U.S and Chakraverty, A., 1997. *Thin layer convection–drying of mushrooms*. Energy Conversion and Management, 2: 107–113.
- Ρόδης, Π.Σ., 1995. *Μέθοδοι Συντήρησης Τροφίμων*, Σταμούλης Α., Αθήνα-Πειραιάς.
- Rahman, S.M. and Labuza, T.P., 2007. Water activity and Food preservation. In S.M. Rahman (ed). *Handbook of food preservation*, CRC Press, New York.
- Ruan, R.R. and Chen, P.L., 1998. *Water in Foods and Biological Materials*. CRC Press, New York.
- Shivhare, U.S., Arora, S., Ahmed, J. and Raghavan G.S.V., 2004. *Moisture adsorption isotherms for mushrooms*, L.W.T.–Food Science and Technology, 37: 133–137.
- Xanthopoulos, G., Lambrinos, Gr. and Manolpoulou, H., 2007. *Evaluation of Thin–layer Models for Mushroom (Agaricus Bisporus) Drying*. Drying Technology, 9: 1471–1481.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΣΕ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΑΛΙΕΥΜΑΤΩΝ

Ε. Γ. Χατζής¹, Κ. Δ. Σιαφαρίκας² και Στ. Ψυχογιού³

^{1,3}Τμ. Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών,
Ιερά Οδός 75, Τ.Κ. 11855, Τηλ.: 210 5294029, Φαξ: 210 5126376

²Σειλιστριάς 1, Α. Ιλίσια, Τηλ.: 210 7487759

E-mail: ¹l_chatzis@aua.gr, ²ksiaf@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας ήταν η διενέργεια ανάλυσης για τον προσδιορισμό μικροβιολογικών, χημικών και φυσικών κινδύνων που απαιτούν έλεγχο, ο βαθμός ελέγχου που απαιτείται για τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων καθώς και η περιγραφή της τεχνικής ανάλυσης. Με την ανάλυση αξιολογούνται οι υφιστάμενοι κίνδυνοι και κατηγοριοποιούνται τα προληπτικά μέτρα ελέγχου με βάση το πρότυπο ISO 22000:2005 σε προαπαιτούμενα (PRPs), λειτουργικά προαπαιτούμενα προγράμματα (OPRPs) και κρίσιμα σημεία ελέγχου (CCPs). Οι υπεύθυνοι όλων των επιχειρήσεων τροφίμων θα πρέπει να καταρτίζουν και να εφαρμόζουν, σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) 852/2004, του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, προγράμματα και διαδικασίες ασφάλειας των τροφίμων βάσει των αρχών HACCP.

Λέξεις κλειδιά: HACCP, σύστημα διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων, υγιεινή και ασφάλεια, αλιευτικό προϊόν.

HAZARD ANALYSIS FOR FOOD SAFETY MANAGEMENT SYSTEM IN A FISH TRADING COMPANY

E.G. Chatzis¹, K.D. Siafarikas² and S. Psychogiou³

^{1,3}Department of Natural Resources Development & Agricultural Engineering,
Agricultural University of Athens, 75 Iera Odos Str., 118 55, Athens, Greece

²Seilistrias 1, A. Ilisia, Tel.: 210 7487759

E-mail: ¹l_chatzis@aua.gr, ²ksiaf@yahoo.gr

ABSTRACT

The aim of this work was the conduction of a hazard analysis to determine which microbiological, chemical or natural hazards need to be controlled, the degree of control required to ensure food safety as well as the description of hazard analysis technique. A hazard assessment was conducted so that control measures were selected and categorized at prerequisite programs (PRPs) operational prerequisite programs (OPRPs) and critical control points (CCPs). The selection and assessment of control measures was conducted according to the standard ISO22000:2005. According to (EC) No 852/2004 the food business operators should establish and operate food safety programs and procedures based on the HACCP principles.

Key words: HACCP, food safety management system, fish hygiene and safety, fish products

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων τροφίμων θα πρέπει να καταρτίζονται και να εφαρμόζουν σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) 852/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, προγράμματα και διαδικασίες ασφάλειας των τροφίμων βάσει των αρχών HACCP. Σύμφωνα με τον ίδιο κανονισμό οι απαιτήσεις σχετικά με την ανάλυση των κινδύνων θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις αρχές του Codex Alimentarius. Στη συγκεκριμένη μελέτη λαμβάνονται υπόψη και οι ειδικές απαιτήσεις για τον καθορισμό κανόνων υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης, οι οποίες προκύπτουν από τον κανονισμό (ΕΚ) 853/2004.

Με τη μελέτη και εφαρμογή συστήματος διαχείρισης ασφάλειας των τροφίμων σύμφωνα με το πρότυπο ISO22000:2005, συνδυάζονται η αμοιβαία επικοινωνία στην αλυσίδα των τροφίμων, η συστηματική διαχείριση, τα προαπαιτούμενα καθώς και οι αρχές HACCP (Hazard Analysis - Critical Control Points/ Ανάλυση Κινδύνων – Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου). Τα στοιχεία αυτά είναι κοινώς αποδεκτά ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια των τροφίμων σε όλη την έκταση της αλυσίδας τροφίμων μέχρι την κατανάλωση. Για την εφαρμογή του προτύπου απαιτείται η αναγνώριση και αξιολόγηση όλων των πιθανών κινδύνων που λογικά αναμένεται να εμφανιστούν, συμπεριλαμβανομένων των κινδύνων που συνδέονται με το είδος των διεργασιών και των χρησιμοποιούμενων εγκαταστάσεων και εξοπλισμών. Με την ανάλυση των κινδύνων προσδιορίζεται η στρατηγική διασφάλισης του ελέγχου των κινδύνων με συνδυασμό των προαπαιτούμενων, των λειτουργικών προαπαιτούμενων προγραμμάτων και του σχεδίου HACCP (ISO, 2005).

Το είδος, η εποχή, η τροφή, η περιοχή αλίευσης, η ηλικία αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για τη θρεπτική αξία αλλά και για την ύπαρξη επιμόλυνσης των αλιευμάτων (EFSA, 2005). Πολύ σημαντικός παράγοντας επιμόλυνσης αποτελεί η περιβαλλοντική μόλυνση (Hinck et al., 2009). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περιοχή της Βαλτικής θάλασσας στην οποία υπάρχει σημαντική ρύπανση με πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs) και διοξίνες. Έχει διαπιστωθεί ότι στην περιοχή αυτή τα επίπεδα διοξίνης στις ρέγγες είναι περίπου 3,5 φορές υψηλότερα από ότι σε ρέγγες άλλων περιοχών αλίευσης. Το ίδιο ισχύει και για το σολομό της περιοχής αυτής καθώς είναι περίπου 5 φορές περισσότερο μολυσμένος από διοξίνη, συγκριτικά με τον εκτρεφόμενο (EFSA, 2005).

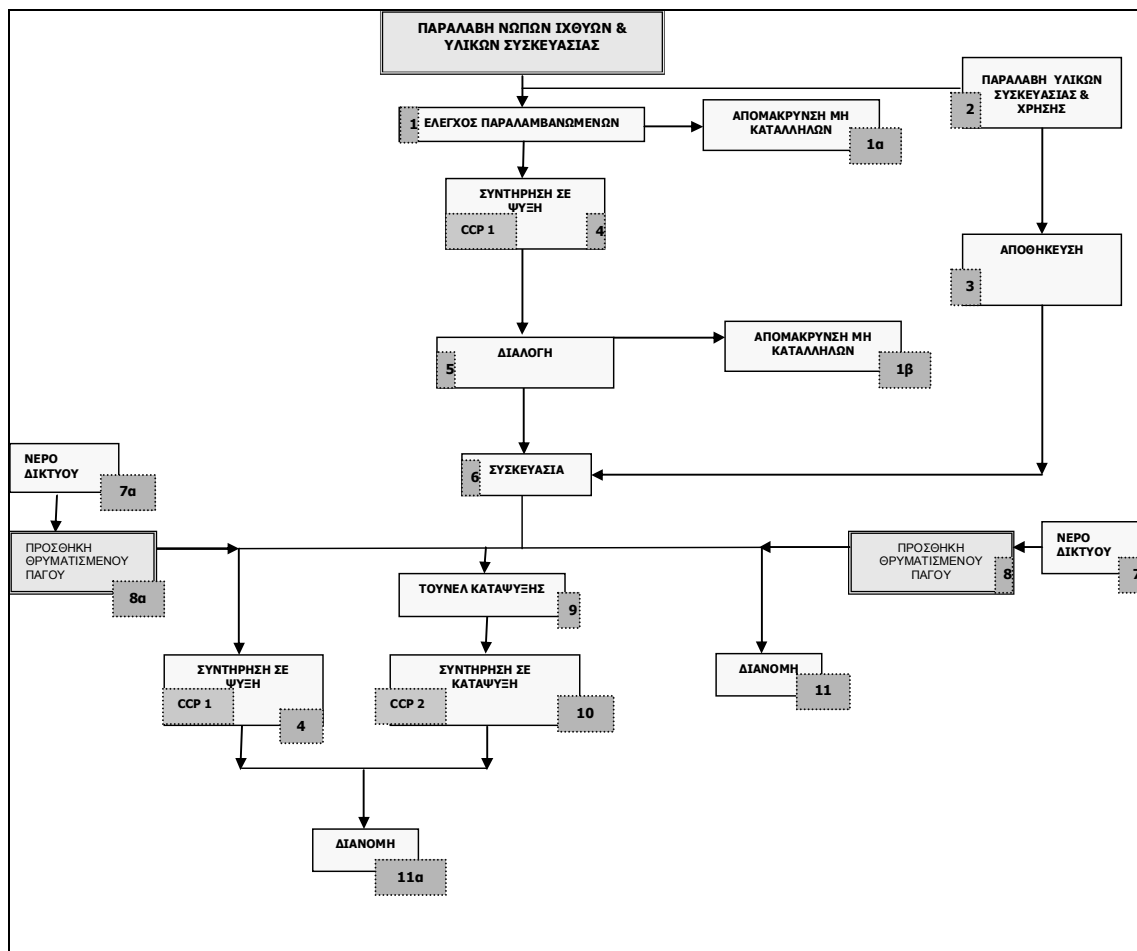
Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν: (i) η καταγραφή και αξιολόγηση των σημαντικότερων κινδύνων για τα αλιευτικά προϊόντα και τα δίθυρα μαλάκια σε επιχείρηση διακίνησης τους, (ii) η προσέγγιση της τεχνικής ανάλυσης των κινδύνων, (iii) η κατηγοριοποίηση των προληπτικών μέτρων ελέγχου, (iv) ο προσδιορισμός των βασικότερων αιτιών για τους καταγεγραμμένους κινδύνους.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την ανάλυση των κινδύνων αρχικά ελέχθησαν τα προαπαιτούμενα στο κατά πόσο ανταποκρίνονται στις ανάγκες του οργανισμού για την ασφάλεια των τροφίμων με διενέργεια πραγματογνωμοσύνης, κατά την οποία αναδείχτηκε η αρτιότητα των εγκαταστάσεων της επιχείρησης σε όλα τα επίπεδα. Στη συνέχεια συγκροτήθηκε ομάδα ασφάλειας τροφίμων δίνοντας ιδιαίτερη βάση στη διεπιστημονική γνώση και εμπειρία. Η ομάδα ασφάλειας των τροφίμων συνέλεξε πληροφορίες για τα διακινούμενα από την επιχείρηση αλιευτικά προϊόντα (ψάρια, μαλακόστρακα, κεφαλόποδα) και δίθυρα μαλάκια όπως αυτά ορίζονται από τον κανονισμό (ΕΚ) 853/2004. Έπειτα πραγματοποιήθηκε συλλογή των τεχνικών δεδομένων των προϊόντων, προσδιορίστηκε η χρήση αυτών στη τροφική αλυσίδα και έπειτα από καταγραφή του συνόλου του εξοπλισμού σχηματίστηκαν και επαληθεύτηκαν τα διαγράμματα ροής. Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται ενδεικτι-

κά το διάγραμμα ροής των νωπών ιχθύων.

Παράλληλα πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση προκειμένου να προσδιοριστεί για κάθε αναγνωρισμένο κίνδυνο, εάν η εξάλειψη ή η μείωσή του σε αποδεκτά επίπεδα είναι απαραίτητη για την παραγωγή ασφαλών τροφίμων και εάν απαιτείται έλεγχός του για να διευκολύνεται η επίτευξη των καθορισμένων αποδεκτών επιπέδων κινδύνου. Η αξιολόγηση έγινε λαμβάνοντας υπόψη την ενδεχόμενη σοβαρότητα των αρνητικών επιπτώσεων (ISO, 2005) στην υγεία (Α: 1 έως 3) και την πιθανότητα εμφάνισής τους (Β: 1 έως 3).



Σχήμα 1. Διάγραμμα ροής νωπών ιχθύων.

Από τα παραπάνω η επικινδυνότητα (R) ορίζεται από το γινόμενο: $A \times B$. Βάσει της αξιολόγησης επιλέγεται ο κατάλληλος συνδυασμός προληπτικών μέτρων ελέγχου που προλαμβάνουν, εξαλείφουν ή μειώνουν τους αναγνωρισμένους κινδύνους στα καθορισμένα αποδεκτά επίπεδα:

R: 1-2/ Δεν απαιτούνται περαιτέρω ενέργειες

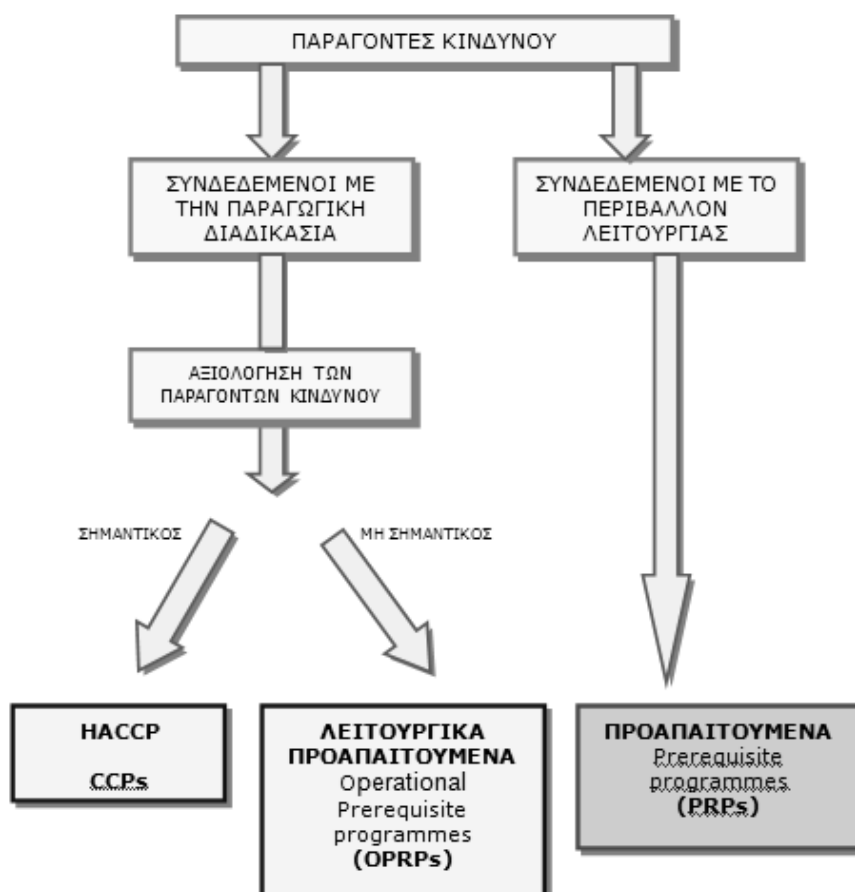
R: 4-6/ Καθιερώνεται Λειτουργικό Προαπαιτούμενο (OPRP)

R: 9/ Καθιερώνεται Κρίσιμο Σημείο Ελέγχου (CCP)

Με βάση τα διαγράμματα ροής, κατά την αναγνώριση των κινδύνων εξετάστηκαν τα διάφορα στάδια συνεκτιμώντας τα στάδια που προηγούνται και ακολουθούν. Στην ανάλυση ελήφθησαν υπόψη η προέλευση των αλιευτικών προϊόντων, των δίθυρων μαλακίων και των υλικών που μπορεί να έλθουν σε επαφή με το προϊόν, καθώς υπάρχει περίπτωση να επηρεάσουν την αξιολόγηση της εμφάνισης κινδύνων και των επιπέδων αυτών.

Από τη μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε, προσδιορίστηκαν οι τρεις κατηγορίες κινδύνου για τους οποίους έπειτα από αξιολόγηση σύμφωνα με την πηγή τους, την πιθανότητα εμφάνισης τους, τη φύση τους καθώς και τη σοβαρότητα των αρνητικών επιπτώσεών τους στην ανθρώπινη υγεία, η παρακολούθηση τους κρίθηκε να γίνεται με λειτουργικά προαπαιτούμενα προγράμματα και σχέδιο HACCP (ISO, 2005).

Η κατηγοριοποίηση των προληπτικών μέτρων ελέγχου πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το Διάγραμμα Αποφάσεων του σχήματος 2 το οποίο βασίζεται στις Τεχνικές Προδιαγραφές ISO/TS 22004:2005 (ISO, 2005α). Από αυτό προέκυψαν τα προαπαιτούμενα (PRPs) και τα λειτουργικά προαπαιτούμενα προγράμματα (OPRPs) όπως δειγματοληπτικές εργαστηριακές χημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις, καθώς και τα κρίσιμα σημεία ελέγχου (CCPs) όπως η παρακολούθηση των θερμοκρασιών συντήρησης.



Σχήμα 2. Διάγραμμα αποφάσεων για την κατηγοριοποίηση των προληπτικών μέτρων ελέγχου

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η ανάλυση των κινδύνων αποτέλεσε μέρος του ΣΔΑΤ (Σύστημα Διαχείρισης Ασφάλειας Τροφίμων) για την εφαρμογή του οποίου απαιτούνται είκοσι τεκμηριωμένες διαδικασίες, σαράντα διαφορετικά έντυπα ελέγχων και παρακολούθησης καθώς και δεκαεπτά οδηγίες εφαρμογής.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στα αποτελέσματα παρουσιάζονται οι κίνδυνοι για τα αλιευτικά προϊόντα και τα δίθυρα μαλάκια οι οποίοι αναγνωρίζονται στο στάδιο της παραλαβής (Πίν. 1).

Πίνακας 1. Αναγνωρισμένοι μικροβιολογικοί, χημικοί και φυσικοί κίνδυνοι στο στάδιο παραλαβής των αλιευτικών προϊόντων και δίθυρων μαλακίων

	Ψάρια	Μαλακ/κα	Κεφ/δα	Δίθ. μαλάκια	Αξιολόγηση		
					A	B	R
Κίνδυνος (Μ) (τοξίνες και οι μεταβολίτες τους)					3	2	6
Salmonella SPP				✓			
Παράσιτα	✓						
Vibrio spp.	✓						
E. coli	✓			✓			
Ισταμίνη	✓						
Κίνδυνος (Χ)					3	2	6
Παραλυτικός Ιχθυοτοξισμός (PSP)				✓			
Οκαδαϊκό οξύ, δινοφουσιτοξίνες και πεκτενοτοξίνες μαζί				✓			
Γεσοτοξίνες				✓			
Αζασπειροξέα				✓			
Αζώτο τριμεθυλαμίνης (TMA-N).	✓						
Βιοτοξίνες-Σιγκουατοξίνη ή μυοπαραλυτικές τοξίνες	✓	✓	✓				
Αμνησιακός Ιχθυοτοξισμός (ASP)				✓			
Μόλυβδος, Mb	✓	✓	✓	✓			
Κάδμιο, Cd	✓	✓	✓	✓			
Υδράργυρος, Hg	✓	✓	✓				
Διοξίνες και PCB	✓	✓					
Καρκινογόνοι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονανθράκες-ΠΑΥ* Δείκτης: Βενζο[α]πυρένιο	✓	✓	✓	✓			
Ολικό πτητικό βασικό άζωτο (TVB-N)	✓			✓			
Τοξίνες από δηλητ. ψάρια	✓						
Κίνδυνος (Φ)					3	2	6
Ξύλο, Μέταλλο, Γυαλί, Πλαστικό	✓	✓	✓	✓			

Βασική αιτία επιμόλυνσης είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος αφού μπορεί να προκαλέσει π.χ. επιμόλυνση με ΠΑΥ (πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες-γονιδιοτοξικά καρκινογόνες ουσίες) λόγω πετρελαιοκηλίδων οφειλόμενων στη ναυτιλία (ΕΕ, 2006). Σε αυτή τη βάση η επιστημονική επιτροπή για τα κτηνιατρικά μέτρα σε σχέση με τη δημόσια υγεία (ΕΕΚΜΔΥ) έχει συστήσει τη χρήση του E. coli αντί για τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή, κατά την εφαρμογή βακτηριακών δεικτών, ως ένδειξη κοπρανώδους μόλυνσης (ΕΕ, 2007).

Την περιβαλλοντική ρύπανση αναφέρει και η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια

των Τροφίμων, όσον αφορά το υψηλό ποσοστό εύρεσης καδμίου κατά την περίοδο 2003-2007. Οι αναλύσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν κατέγραψαν ιδιαίτερα υψηλές συγκεντρώσεις καδμίου σε αλιεύματα (EFSA, 2009). Ιδιαίτερα σημαντικό κίνδυνο αποτελεί η ύπαρξη θαλάσσιων βιοτοξίνων σε δίθυρα μαλάκια. Οι δηλητηριώδεις αυτές ουσίες συσσωρεύονται από τα δίθυρα μαλάκια, ιδίως όταν τρέφονται με πλαγκτόν που περιέχει τοξίνες (ΕΕ., 2004α).

Ειδική πρόβλεψη για το πρόβλημα των διοξινών λαμβάνει ο Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1881/2006 σύμφωνα με τον οποίο θέτονται όρια σε διάφορες κατηγορίες διοξινών. Βάσει του Κανονισμού αυτού, ορισμένα είδη ψαριών που προέρχονται από την περιοχή της Βαλτικής ενδέχεται να περιέχουν υψηλά επίπεδα διοξινών και πολυχλωροδιφαινυλίων. Επειδή επομένως τα ψάρια αυτά δεν συμμορφώνονται ως προς τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα διοξινών στη σύστασή τους, αποκλείονται από το ανθρώπινο διατροφολόγιο. Υπάρχουν ενδείξεις σύμφωνα με τον ίδιο κανονισμό, ότι ο αποκλεισμός των ψαριών από τη διατροφή μπορεί να έχει αρνητικό αντίκτυπο στην υγεία των ανθρώπων της περιοχής αυτής. Σημαντικό πρόβλημα αποτελεί και η ύπαρξη υδραργύρου με τον οποίο επιβαρύνονται τα ιχθυηρά σε περιοχές επιβαρυνμένες με ρύπους (π.χ από βιομηχανική δραστηριότητα).

Από την μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο σύνολο του πεδίου εφαρμογής, τα προληπτικά μέτρα κατηγοριοποιήθηκαν σε έξι προαπαιτούμενα (PRPs), έντεκα λειτουργικά προαπαιτούμενα προγράμματα (OPRPs) και δύο κρίσιμα σημεία ελέγχου (CCPs) τα οποία καταγράφονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Ταξινόμηση προληπτικών μέτρων ελέγχου σε CCPs, OPRPs, & PRPs.

Προληπτικό μέτρο	CCP	OPRP	PRP
Συντήρηση με ψύξη	√		
Κατάψυξη	√		
Υγιεινή Προσωπικού		√	
Καθαρισμός – Απολύμανση		√	
Εντομοκτονία – Μυοκτονία		√	
Παρεμπόδιση διασταυρούμενης επιμόλυνσης		√	
Εκπαίδευση προσωπικού		√	
Διαχείριση απορριμμάτων/ υποπροϊόντων		√	
Συντήρηση εξοπλισμού και διακρίβωση οργάνων		√	
Εργαστηριακές αναλύσεις σε διαπιστευμένο εργαστήριο		√	
Διαχείριση πιστοποιητικών προμηθευτών		√	
Ποιοτικός Έλεγχος παραλαμβανόμενων		√	
Διαχείριση απορριμμάτων			
Έλεγχος πλυσίματος στολών προσωπικού		√	
Χωροδιάταξη στο εσωτερικό			√
Περιβάλλον Χώρος			√
Διαχείριση αποβλήτων-αποχέτευση			√
Δίκτυο νερού/ πυρόσβεσης			√
Υποστηρικτικός εξοπλισμός (ηλεκτρογεννήτρια, σύστημα ψύξης)			√
Εξοπλισμός μεταφοράς			√

Η ανάλυση ανέδειξε την ύπαρξη του κινδύνου διακίνησης στην αγορά απαγορευμένων δηλητηριωδών ψαριών των οικογενειών: Tetraodontidae, Molidae, Diodontidae και Canthigasteridae (ΕΕ, 2004α; ΕΕ, 2004b). Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι από το

2007, το Ινστιτούτο Υγιεινής Τροφίμων Θεσσαλονίκης (ΕΕΑΘΒ) ανίχνευσε τη τετροδοτοξίνη σε δείγμα λαγοκέφαλου (οικ. Tetraodontidae), προερχόμενο από τη θαλάσσια περιοχή του Χορευτού Πηλίου. Η ανάλυση του δείγματος κατέδειξε την παρουσία τετροδοτοξίνης. Το αποτέλεσμα αυτό αποτελεί και την πρώτη αναφορά, σε πανευρωπαϊκό επίπεδο, για την παρουσία τετροδοτοξίνης σε *Lagocerphalus sceleratus* που αλιεύτηκε σε ευρωπαϊκά ύδατα.

Τα κρίσιμα σημεία ελέγχου, όπως αυτά καταγράφονται στο σχέδιο HACCP, παρακολουθούνται με αυτόματα καταγραφικά με συχνότητα καταγραφής κάθε 5 λεπτά. Η καταγραφή πραγματοποιείται σε όλους τους χώρους της επιχείρησης καθώς και στα μέσα μεταφορά έως και την παράδοση των προϊόντων.

Οι φυσικοί κίνδυνοι οι οποίοι αναγνωρίστηκαν μπορεί να οφείλονται στη μη τήρηση της Ορθής Βιομηχανικής Πρακτικής (GMP), αλλά και σε άλλους παράγοντες που έχουν να κάνουν με τους χειρισμούς των προϊόντων κατά τη μεταφορά τους στην επιχείρηση.

Πολύ σημαντικό προληπτικό μέτρο ελέγχου είναι ο ποιοτικός έλεγχος στην παραλαβή των προϊόντων (Martinsdóttir et al., 2001). Με την υλοποίηση του συστήματος, ειδικευμένο προσωπικό διενεργεί ελέγχους σύμφωνα με τις καταγεγραμμένες οδηγίες με στόχο τη ελαχιστοποίηση της πιθανότητας διακίνησης επικίνδυνου προϊόντος.

Όταν –έπειτα από οργανοληπτική εξέταση– προκύπτουν αμφιβολίες ως προς τη φρεσκάδα των αλιευτικών προϊόντων, είναι δυνατόν να λαμβάνονται δείγματα και να υποβάλλονται σε εργαστηριακούς ελέγχους για τον προσδιορισμό των επιπέδων ολικού πτητικού βασικού αζώτου (TVB-N) και αζώτου τριμεθυλαμίνης (TMA-N). Η έλλειψη φρεσκάδας αποτελεί το κύριο αίτιο ύπαρξης των TVB-N και TMA-N (ΕΕ, 2004b).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αλιευτικά προϊόντα και δίθυρα μαλάκια αποτελούν ένα υψηλής επικινδυνότητας τρόφιμο για το οποίο η πιθανότητα επιμόλυνσης στις μέρες μας έχει αυξηθεί λόγω της αυξημένης περιβαλλοντικής ρύπανσης. Η υλοποίηση και εφαρμογή ενός συστήματος διαχείρισης ασφάλειας των τροφίμων, σε επιχείρηση εμπορίας, αποτελεί ιδιαίτερα πολύπλοκη και απαιτητική διαδικασία, λόγω της φύσης του προϊόντος αλλά και του τρόπου λειτουργίας της. Με την ανάλυση προσδιορίστηκαν και αξιολογήθηκαν με την τεχνική του πρότυπου ISO22000:2005 οι μικροβιολογικοί, χημικοί και φυσικοί κίνδυνοι. Για τον έλεγχο των παραπάνω και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου εμφάνισης τους καταγράφηκαν 2 κρίσιμα σημεία ελέγχου και 12 λειτουργικά προαπαιτούμενα προγράμματα.

Από τα λειτουργικά προαπαιτούμενα, ιδιαίτερη σημασία για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας διακίνησης επικίνδυνου προϊόντος, αποτελεί ο ποιοτικός έλεγχος κατά την παραλαβή των προϊόντων από ειδικευμένο προσωπικό.

Η εφαρμογή του συστήματος διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων όπως αυτή καθορίζεται από το πρότυπο ISO22000:2005, απαιτεί συλλογική προσπάθεια της διοίκησης, των εργαζομένων καθώς και ειδικευμένου μόνιμου ή μη επιστημονικού προσωπικού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΕΕ, 2004. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 852/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Απριλίου 2004 για την υγιεινή των τροφίμων. L 226.
- ΕΕ, 2004α. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 853/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Απριλίου 2004 για τον καθορισμό ειδικών κανόνων υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης. L 139.
- ΕΕ, 2004b. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 854/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 29ης Απριλίου 2004, για τον καθορισμό ειδικών διατάξεων για την

- οργάνωση των επίσημων ελέγχων στα προϊόντα ζωικής προέλευσης που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο. L 226.
- EE, 2006. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1881/2006 της Επιτροπής της 19ης Δεκεμβρίου 2006 για καθορισμό μέγιστων επιτρεπτών επιπέδων για ορισμένες ουσίες οι οποίες επιμολύνουν τα τρόφιμα. L 364.
- EE, 2007. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1441/2007 της Επιτροπής της 5ης Δεκεμβρίου 2007 για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 της Επιτροπής περί μικροβιολογικών κριτηρίων για τα τρόφιμα. L 322.
- EE, 2008. Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1022/2008 της Επιτροπής της 17ης Οκτωβρίου 2008 για τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2074/2005 όσον αφορά τα όρια ολικού πτητικού βασικού αζώτου (TVB-N). L 277.
- EFSA, 2005. *Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the European Parliament related to the safety assessment of wild and farmed fish*. Question N° EFSA-Q-2004-22. The EFSA Journal 236.
- EFSA, 2005. *Press Releases & News Stories*. European Food Safety Authority. <http://www.efsa.europa.eu>.
- EFSA, 2009. *Cadmium in food - Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain*. <http://www.efsa.europa.eu>
- Hinck, J.E., Schmitt, J.C., Chojnacki, A.K., & Tillitt E.D. 2009. *Environmental contaminants in freshwater fish and their risk to piscivorous wildlife based on a national monitoring program*. Environmental Monitoring and Assessment. 152:469-494.
- ISO, 2005. *Σύστημα Διαχείρισης Ασφάλειας των Τροφίμων-Απαιτήσεις για τους οργανισμούς της αλυσίδας τροφίμων*. ΕΛΟΤ EN ISO2000. ICS 67020.
- ISO, 2005α. *ISO/TS Προδιαγραφές 22004 Συστήματα διαχείρισης της ασφάλειας τροφίμων-Οδηγίες για την εφαρμογή του προτύπου ISO 22000:2005*. ΕΛΟΤ/TE 85/2004-03-15/N066.
- Martinsdóttir, E., Sveinsdóttir, K., Luten, J., Schelvis-Smit, R. and Hyldig, G. 2001. *Sensory Evaluation of Fish Freshness*. Reference Manual for the Fish Sector. QIM Eurofish.

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ» ΜΗΛΩΝ GOLDEN DELICIOUS ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Ε.Γ. Χατζής¹, Ε. Μανωλοπούλου², Ε. Αραβαντινός-Καρλάτος¹,
Γ. Ξανθόπουλος¹ και Γρ. Λαμπρινός¹

¹Τμ. Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, Τ.Κ. 11855

²ΤΕΙ Καλαμάτας, Σ.ΤΕ.Γ., Τμ. Φ.Π., Αντικάλamos, 24 100 Καλαμάτα

E-mails: ¹refrigenergy@.aua.gr, ²e.manolopoulou@teikal.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της μεταβολής του χρώματος των τομών «ελάχιστα επεξεργασμένων μήλων» ποικιλίας Golden Delicious με δύο μεθόδους χρωματομέτρησης με χρωματομέτρο και ανάλυση ψηφιακών εικόνων, καθώς και ο οργανοληπτικός έλεγχος. Η παραγοντική ανάλυση διασποράς έδειξε ότι οι παράμετροι της ολικής μεταβολής του χρώματος ΔE^* και του δείκτη καστανώσης BI οι οποίες προέκυψαν από την ανάλυση ψηφιακών εικόνων επηρεάζονται κατά παρόμοιο τρόπο με την αντίστοιχη αξιολόγηση από τον οργανοληπτικό έλεγχο σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01. Οι παράγοντες ΔE^* και BI των δυο τεχνικών μεταβάλλονται γραμμικά με το χρόνο συντήρησης. Στην περίπτωση της τεχνικής με ανάλυση ψηφιακών εικόνων η μεταβολή αυτή είναι περισσότερο ισχυρή.

Λέξεις κλειδιά: χρώμα, ανάλυση εικόνας, ελάχιστη επεξεργασία, μήλα Golden Delicious.

STUDY OF “MINIMALLY PROCESSED” GOLDEN DELICIOUS APPLES COLOUR CHANGE BY IMAGE ANALYSIS

E.G. Chatzis¹, H. Manolopoulou², E. Aravantinos-Karlatos¹,
G. Xanthopoulos² and Gr. Lamprinos¹

¹Department of Natural Resources Development & Agricultural Engineering,
Agricultural University of Athens, 75 Iera Odos Str., 118 55, Athens, Greece

²Dep. of Crop Science, Faculty of Agricultural Technology, Technological
Educational Institute of Kalamata, Antikalamos, 24 100 Kalamata

E-mails: ¹refrigenergy@.aua.gr, ²e.manolopoulou@teikal.gr

ABSTRACT

The aim of this work is the study of “minimally processed” Golden Delicious apples colour’s change by chromameter and image analysis methods, as well as the sensory evaluation. The analysis of variance showed that the total colour difference ΔE^* and bruising index BI that resulted from the image analysis are influenced in similar way by the corresponding evaluation of the sensory panel at 0.01 significance level. There is linear relationship of chromameter and image analysis ΔE^* , BI parameters with the storage time. This change is more powerful in the case of image analysis technique.

Key words: colour, image analysis, minimal processing, Golden Delicious apples.

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 (Chatzis et al., 2007).

Τα πλεονεκτήματα της ποιοτικής αξιολόγησης φρούτων και λαχανικών με ανάλυση ψηφιακής εικόνας 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 (Chatzis et al., 2007).

Τα ελαφρώς επεξεργασμένα προϊόντα παρουσιάζουν υψηλό ρυθμό ποιοτικής υποβάθμισης διότι οι χειρισμοί της προετοιμασίας (αποφλοιώση, τεμαχισμός κ.λ.π) προκαλούν καταστροφή της κυτταρικής διαμερισματοποίησης και επιτάχυνση των μεταβολικών δραστηριοτήτων με αποτέλεσμα την αλλαγή της γεύσης, της υφής και της θρεπτικής αξίας των προϊόντων. Σημαντική αλλαγή παρουσιάζει το χρώμα λόγω οξειδωσης των φαινολικών συστατικών από την δράση της πολυφαινολοξειδάσης παρουσία O_2 (Gonzalez-Aguilar et al., 2005).

Σύμφωνα με τους Kim και συνεργάτες (1993) τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που επηρεάζονται από τους χειρισμούς προετοιμασίας είναι η υφή και το χρώμα. Επιπλέον ο αναφέρει ότι η εμφάνιση (χρώμα, σχήμα) των μήλων καθορίζει την αποδοχή τους από τους καταναλωτές και κατ' επέκταση την εμπορική τους αξία (Abbott, 2005; Harker et al., 1997). Συνήθως η καλή εμφάνιση επηρεάζει τον καταναλωτή περισσότερο από ότι η θρεπτική αξία και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, χωρίς να υπάρχει πάντα συσχέτιση μεταξύ της εκτίμησης της ποιότητας που προέρχεται από την εμφάνιση και αυτής που προκύπτει από τα άλλα χαρακτηριστικά (Kays, 1999).

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της επίδρασης του χρόνου αποθήκευσης της Α' ύλης, της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης των φρεσκοκομμένων μήλων στη μεταβολή των χρωματικών παραγόντων της ολική μεταβολής του χρώματος ΔE^* , του δείκτη κασάνωσης BI καθώς και στα αποτελέσματα οργανοληπτικής αξιολόγησης. Επιπλέον σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη της ύπαρξης γραμμικής συσχέτισης τόσο μεταξύ των χρωματικών παραγόντων ΔE^* και BI των δύο τεχνικών, όσο και μεταξύ αυτών σε συνάρτηση με το χρόνο συντήρησης των δειγμάτων.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Μήλα ποικιλίας *Golden Delicious* συγκομίστηκαν στο στάδιο φυσιολογικής ωριμότητας, στις αρχές Οκτωβρίου (2/10/2007) από οπωρώνα της περιοχής Τεγέας (Ν. Αρκαδίας). Μεταφέρθηκαν άμεσα με φορτηγό ψυγείο στο εργαστήριο όπου κατόπιν διαλογής αποθηκεύτηκαν σε ψυκτικό θάλαμο θερμοκρασίας 0°C και σχετική υγρασίας 95%.

Από την 1^η ημέρα αποθήκευσης των μήλων και κάθε 20 ημέρες έως και την 120^η ημέρα, δείγμα 27 φρούτων προετοιμάστηκε με «ελάχιστη επεξεργασία» για συντήρηση. Σε κάθε πειραματική σειρά τα μήλα πλύθηκαν με εμβάπτιση σε υδατικό διάλυμα ($\theta \approx 14^\circ\text{C}$) 100ppm NaOCl (διάρκεια πλυσίματος 2 λεπτά), ξεβγάλθηκαν, σκουπίστηκαν με απορροφητικό χαρτί και τεμαχίστηκαν σε 8 ισομεγέθεις φέτες ανά μήλο με ειδικό

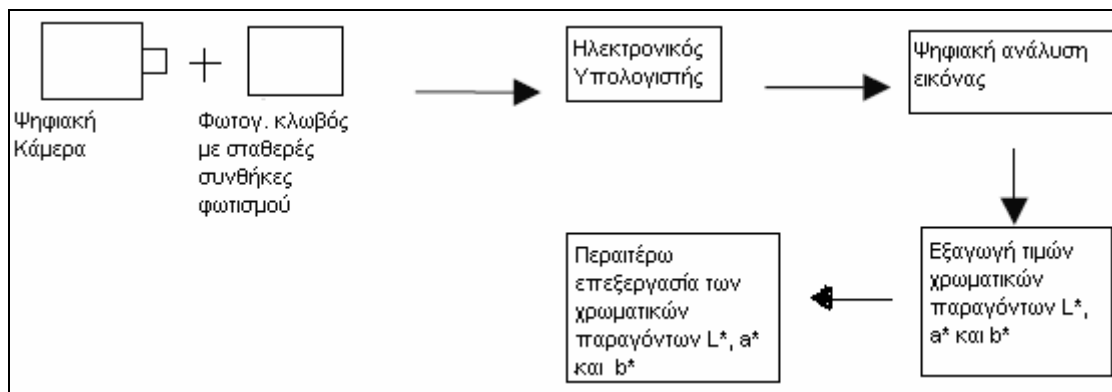
κοπτικό εργαλείο. Οι φέτες των μήλων εμβαπτίστηκαν σε νερό θερμοκρασίας 5°C (εντός ψυκτικού θαλάμου) και περιεκτικότητας 1% ασκορβικού οξέως, 1% CaCl₂ και 0,5% κιτρικού οξέως για 5 λεπτά (Gunes et al., 2001; Varela et al., 2007). Στη συνέχεια μετά από ελαφρύ στέγνωμα με απορροφητικό χαρτί, οι φέτες τοποθετήθηκαν σε συσκευασίες PET (6 φέτες/ συσκευασία τύπου clamshells) για προστασία από την αφυδάτωση και πιθανή επιμόλυνση που θα υπήρξε από την ελεύθερη έκθεση στον αέρα των θαλάμων. Σε κάθε νέα πειραματική σειρά έξι ομάδες των έξι συσκευασιών συντηρήθηκαν στους 0°C και 5°C για 14 ημέρες.

Η μεταβολή του χρώματος προσδιορίστηκε με τις εξής μεθόδους:

α) Με την κλασσική χρωματομετρική μέθοδο με χρωματόμετρο Minolta CR-300. Πριν από κάθε χρήση το χρωματόμετρο βαθμονομήθηκε με χρήση της πρότυπης πλάκας CR-A43 (Yxy, χρωματικό μοντέλο) όπως προβλέπεται (Minolta, 1995). Οι μετρήσεις ελήφθησαν σε 6 διαφορετικά σημεία (3 σε κάθε πλευρά) ανά φέτα μήλου (Σχ. 1), σε 2 φέτες ανά συσκευασία (συνολικά 12 δείγματα ανά θερμοκρασία και ημερομηνία μέτρησης). Για τον προσδιορισμό των χρωματικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε το ευρέως χρησιμοποιούμενο στον ποιοτικό έλεγχο των τροφίμων χρωματικό μοντέλο CIELab (L^* : φωτεινότητα, a^* : πράσινο-κόκκινο, b^* : μπλε-κίτρινο) (Yam and Papadakis, 2004; Χατζής κ.α, 2006; Chatzis et al., 2007).

β) Με μέθοδο ανάλυσης ψηφιακών εικόνων. Χρησιμοποιήθηκε ψηφιακή φωτογραφική μηχανή Konica Minolta Dimage Z6 με προεπιλεγμένες ρυθμίσεις σε ότι αφορά τον χρόνο έκθεσης (ταχύτητα κλείστρου) σε 1/15 sec, την φωτεινότητα του φακού f.5, το υψηλότερο επίπεδο ποιότητας εικόνας (High Quality) με διαστάσεις αυτής 640x480 pixel (Clelland and Eismann, 2001). Η οριζόντια και κατακόρυφη ανάλυση είναι 72dpi και η λήψη πραγματοποιήθηκε με μηδενική εστίαση (zoom) χωρίς χρήση φλας (Chatzis et al., 2007). Η αρχική απεικόνιση του χρώματος των λαμβανομένων ψηφιακών εικόνων βασίζεται στο χρωματικό μοντέλο sRGB.

Η διαδικασία εξαγωγής των τιμών των χρωματικών παραγόντων L^* , a^* , και b^* παρουσιάζεται συνοπτικά στο Σχήμα 1.

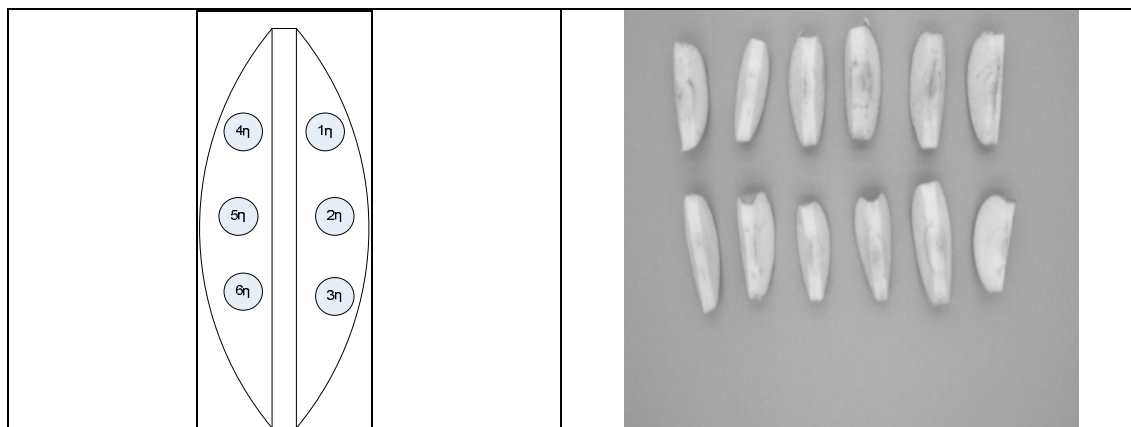


Πηγή: Χατζής κ.α, 2006; Chatzis et al., 2007

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

Η λήψη πραγματοποιήθηκε με χρήση ειδικού φωτογραφικού κλωβού-στούντιο (Colour Viewer) Graphic Lite GLE με λαμπτήρες πρότυπου συστήματος φωτισμού D65 (ISO, 1999). Η ανάλυση των ψηφιακών εικόνων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση λογισμικού σε περιβάλλον C# με ρυθμίσεις φωτισμού λήψης D65 και γωνίας λήψης (Standard Observer) 10°. Από την ανάλυση των εικόνων προέκυψαν οι χρωματικοί παράγοντες L^* , a^* , b^* των δειγμάτων σύμφωνα με το χρωματικό μοντέλο CIELab, όπως και στην τεχνική κλασσικής χρωματομετρίας.

Στο σχήμα 2 εκτός της μεθόδου λήψης μετρήσεων με το χρωματόμετρο παρουσιάζεται και η διαφορά της αξιολογούμενης επιφάνειας σε κάθε τεχνική.



Σχήμα 2. Σχηματική παρουσίαση της αξιολογούμενης επιφάνειας δείγματος των 6 μετρήσεων με την τεχνική του χρωματόμετρου έναντι αξιολογούμενης επιφάνειας με την τεχνική ανάλυσης ψηφιακών εικόνων (πραγματική εικόνα)

γ) Με οργανοληπτική αξιολόγηση από 10 κριτές περιγραφικής ανάλυσης, βάσει κλίμακας 1 έως 5 (1: Πλήρης καστάνωση, 2: Μεγάλο ποσοστό καστάνωσης, 3: Μέτρια καστάνωση, 4: Ελαφρά καστάνωση, 5: Καθόλου καστάνωση) (Kader and Cantwell, 2006). Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε σε 6 δείγματα (2 φέτες μήλων το κάθε ένα) για κάθε θερμοκρασία συντήρησης (0°C & 5°C) χωρίς να είναι γνωστή στους κριτές η σειρά ταξινόμησης ανά θερμοκρασία (Mwithiga et. al 2007).

Σε κάθε ημέρα μέτρησης το χρώμα μετρήθηκε με τις δυο τεχνικές σε δύο φέτες από κάθε συσκευασία (συνολικά: 2X6=12 φέτες) για κάθε θερμοκρασία. Στις 14 μέρες συντήρησης κάθε πειραματικής σειράς οι μετρήσεις του χρώματος αλλά και ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκαν παράλληλα κατά την έναρξη του πειράματος, την 2^η, την 4^η, την 7^η, την 9^η, την 11^η και την 14^η ημέρα συντήρησης των δειγμάτων.

Οι μελετούμενοι παράγοντες και στις δύο τεχνικές είναι η ολική μεταβολή του χρώματος ΔE^* (Chatzis et al., 2007), και ο δείκτης καστάνωσης BI (Maskan, 2001) όπως αυτοί περιγράφονται από τις εξισώσεις 1 & 2:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

$$BI = 100 \left[\frac{\left(\frac{a + 1,75L}{5,645L + a - 3,012b} \right) - 0,31}{0,17} \right] \quad (2)$$

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα Statgraphics Centurion με παραγοντική ανάλυση διασποράς (Multifactor Anova) καθώς και με απλή συσχέτιση (Simple Regression) δύο παραγόντων. Σημειώνεται ότι για τη διευκόλυνση της παρουσίασης των αποτελεσμάτων έχουν χρησιμοποιηθεί οι εξής συμβολισμοί:

t_p: ο χρόνος αποθήκευσης της Α' ύλης σε ημέρες, θ: η θερμοκρασία συντήρησης του κομμένου προϊόντος σε °C, t_{sp}: ο χρόνος συντήρησης του κομμένου προϊόντος μετά την ελάχιστη επεξεργασία σε ημέρες, CHM: η τεχνική του χρωματομέτρου IA.Cm: η τεχνική της ανάλυσης ψηφιακών εικόνων, B_{sp}: ο οργανοληπτικός έλεγχος.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα της παραγοντικής ανάλυσης διασποράς σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01 των παραμέτρων ΔE^* και BI οι οποίοι προέκυψαν από τις δυο μεθόδους μέτρησης του χρώματος καθώς και των τιμών βαθμολογιών της οργανοληπτικής αξιολόγησης παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

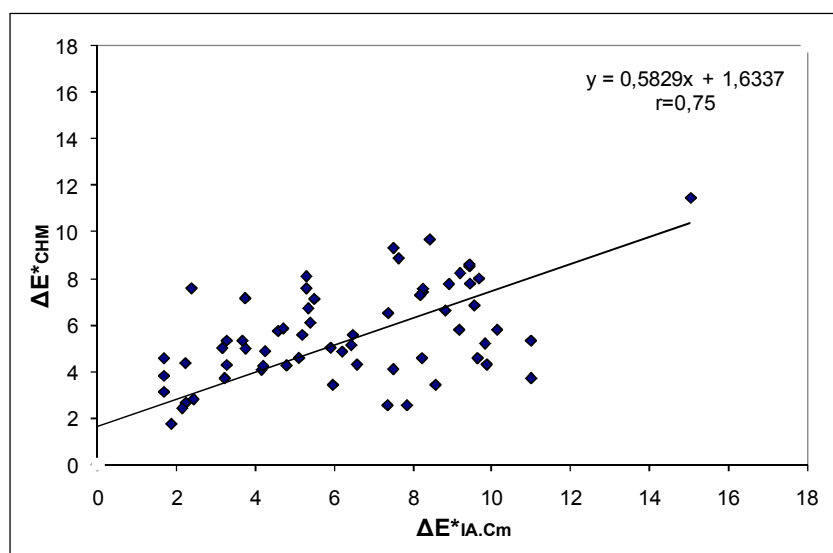
Παράγων	ΔE^*_{CHM}	$\Delta E^*_{IA.Cm}$	BI_{CHM}	$BI_{IA.Cm}$	B_{sp}
t_p	NS	***	NS	***	***
t_{sp}	***	***	***	***	***
θ	NS	***	NS	***	***

NS: μη στατιστικά σημαντική επίδραση
 ***: στατιστικά σημαντική επίδραση p<0.01

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι οι παράγοντες t_p , t_{sp} και θ επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά τόσο τις παραμέτρους $\Delta E^*_{IA.Cm}$ και $BI_{IA.Cm}$ όσο και τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης της καστάνωσης B_{sp} . Οι παράγοντες ΔE^*_{CHM} και BI_{CHM} επηρεάζονται σημαντικά μόνο από το χρόνο συντήρησης των φρεσκοκομμένων μήλων t_{sp} και όχι από τους παράγοντες t_p και θ .

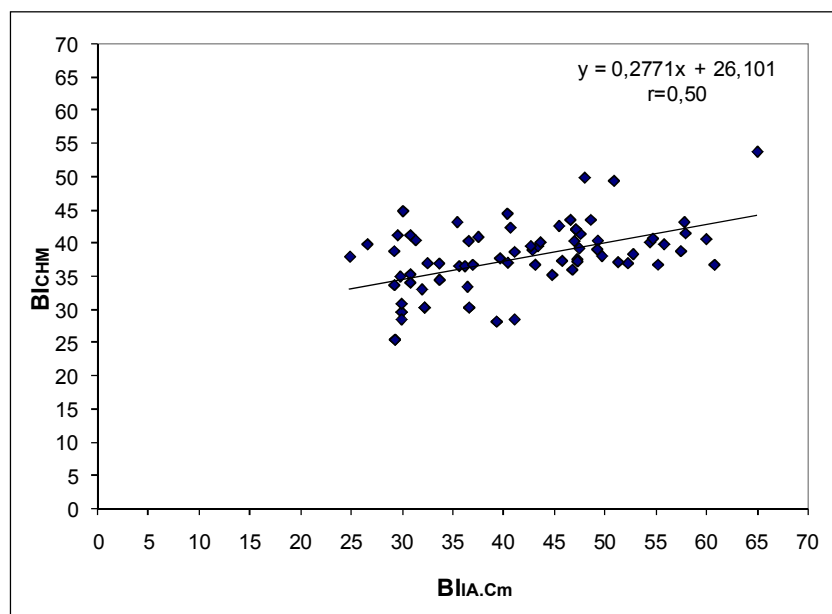
Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι τόσο κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο όσο και κατά την τεχνική με ανάλυση ψηφιακών εικόνων αξιολογείται το σύνολο σχεδόν της επιφάνειας των δειγμάτων. Η δυνατότητα αυτή δεν δίνεται από την τεχνική του χρωματομέτρου με την οποία σε κάθε μέτρηση αξιολογείται επιφάνεια δείγματος ίση με 50.24 mm² που αντιστοιχεί περίπου στο 15% της συνολικής με αποτέλεσμα να μην μπορούν να καταγραφούν στο σύνολό τους οι μεταβολές του χρώματος.

Η γραμμική συσχέτιση της ολικής μεταβολής (Σχ. 3) του χρώματος των δύο τεχνικών είναι θετική με συντελεστή ισχυρού συσχετίσης $r=0.75$ (Παπαδόπουλος, 2008).



Σχήμα 3. Συσχέτιση της ολικής μεταβολής χρώματος ΔE^* εκτιμημένης με τις δύο τεχνικές.

Οι δείκτες καστάνωσης $BI_{IA.Cm}$ και BI_{CHM} παρουσιάζουν ομοίως θετική γραμμική συσχέτιση (Σχ. 4), με συντελεστή συσχετίσης $r=0.50$ (μέση), (Παπαδόπουλος, 2008).



Σχήμα 4. Συσχέτιση του δείκτη καστάνωσης BI_{CHM} τεχνικής με χρωματόμετρο έναντι του δείκτη καστάνωσης $BI_{IA.Cm}$ της τεχνικής με ανάλυση ψηφιακών εικόνων.

Από τα σχήματα 3 και 4 των συσχετίσεων της ολικής μεταβολής του χρώματος ΔE^*_{CHM} έναντι $\Delta E^*_{IA.Cm}$ και του δείκτη καστάνωσης BI_{CHM} έναντι $BI_{IA.Cm}$ είναι φανερό ότι οι δυο τεχνικές παρουσιάζουν αποκλίσεις. Οι αποκλίσεις αυτές οφείλονται, όπως ήδη αναφέρθηκε κυρίως στη μικρή επιφάνεια εκτίμησης του χρώματος με την τεχνική του χρωματόμετρου, στην ιδιαιτερότητα του κομμένου προϊόντος αλλά και στον διαφορετικό τύπο φωτισμού (Chatzis et al., 2007).

Τα όποια σφάλματα μπορεί να είναι συστηματικά ή και τυχαία. Τα πρώτα εκτρέπουν συστηματικά προς την ίδια φορά το αποτέλεσμα και δεν αφορά στην αιτία που τα προκαλούν. Μπορεί να οφείλονται στη συσκευή (χρωματόμετρο, κάμερα), στον παρατηρητή καθώς και στις σχέσεις που χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό του αποτελέσματος π.χ BI και ΔE^* .

Τα τυχαία σφάλματα δεν είναι γνωστά και προκύπτουν από μη προγνώσιμες ή μη σταθερές μεταβολές των παραγόντων που επηρεάζουν την μέτρηση. Οι επιδράσεις των τυχαίων αυτών μεταβολών έχουν ως αποτέλεσμα οι μετρήσεις του ίδιου μεγέθους στο ίδιο δείγμα, με τις δυο τεχνικές, να διαφέρουν μεταξύ τους αλλά εντούτοις να βρίσκονται σε μία περιοχή κοντά στην αληθή τιμή. Παραδείγματα τυχαίων σφαλμάτων αποτελεί τυχαίο σφάλμα του χειριστή σε κάποια από τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Taylor, 1999). Στα τυχαία σφάλματα της τεχνικής με το χρωματόμετρο ανήκουν και οι πολύ περισσότερο εντοπισμένες μετρήσεις (Σχ. 2) έναντι της επιφάνειας της οποίας μετράται το χρώμα με την τεχνική ανάλυσης ψηφιακών εικόνων.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω αλλά και το γεγονός ότι τα σφάλματα υπολογισμού των L^* , a^* , b^* από τις δυο τεχνικές τροποποιούνται μέσω των εξισώσεων υπολογισμού των ΔE^* και BI μπορεί να εξηγηθεί το γεγονός ότι οι παράμετροι αυτοί δεν μεταβάλλονται με τον ίδιο τρόπο πέρα από τη φυσική τους σημασία που έχει να κάνει με τις χρωματικές μεταβολές.

Τα αποτελέσματα ελέγχου της γραμμικότητας των μεταβολών των παραμέτρων ΔE^*_{CHM} , $\Delta E^*_{IA.Cm}$, BI_{CHM} και $BI_{IA.Cm}$ των δυο τεχνικών ως προς το χρόνο συντήρησης των τεμαχισμένων μήλων παρουσιάζονται στον πίνακα 2. Από τον πίνακα προκύπτει ότι η τεχνική ανάλυσης ψηφιακών εικόνων παρουσιάζει ισχυρότερη γραμμική συσχέτιση σε σχέση με τη δυναμική γραμμική συσχέτιση των αποτελεσμάτων της τεχνικής με το χρωματόμετρο. Αυτό είναι αποτέλεσμα της μέτρησης του χρώματος σε

μεγαλύτερη επιφάνεια με την τεχνική ανάλυσης των ψηφιακών εικόνων έναντι αυτής με το χρωματόμετρο.

Πίνακας 2. Συντελεστές α και β των γραμμικών σχέσεων $\Delta E^* = \alpha t_{sp} + \beta$ και $BI = \alpha t_{sp} + \beta$ των δυο τεχνικών CHM και IA.Cm, BI_{CHM} και $BI_{IA.Cm}$ ως προς το χρόνο συντήρησης των κομμένων μήλων (t_{sp}) καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές γραμμικής συσχέτισης

0°C	ΔE^*_{CHM}			$\Delta E^*_{IA.Cm}$			BI_{CHM}			$BI_{IA.Cm}$		
t_p	α	β	r	α	β	r	α	β	r	α	β	r
20	0.48	0	0.84 ^g	0.55	0	0.95 ^g	0.81	30.50	0.93 ^g	1.25	27.72	0.87 ^g
40	0.66	0	0.43 ^d	0.41	0	0.64 ^e	0.58	33.20	0.56 ^e	0.48	31.90	0.63 ^e
60	0.78	0	0.58 ^e	0.74	0	0.75 ^f	0.72	32.40	0.53 ^e	1.37	25.27	0.72 ^f
80	0.42	0	0.56 ^e	0.74	0	0.94 ^g	0.72	35.34	0.77 ^f	1.10	33.02	0.97 ^g
100	0.52	0	0.80 ^g	0.75	0	0.87 ^g	0.44	35.13	0.90 ^g	1.17	29.72	0.94 ^g
120	0.47	0	0.78 ^g	0.62	0	0.93 ^g	0.62	31.76	0.81 ^g	1.25	38.56	0.89 ^g
5°C	ΔE^*_{CHM}			$\Delta E^*_{IA.Cm}$			BI_{CHM}			$BI_{IA.Cm}$		
t_p	α	β	r	α	β	r	α	β	r	α	β	r
20	1.34	0	0.98 ^g	1.31	0	0.95 ^g	2.08	34.34	0.94 ^g	2.36	34.50	0.95 ^g
40	0.74	0	0.90 ^g	0.92	0	0.97 ^g	1.14	29.78	0.95 ^g	1.56	30.50	0.92 ^g
60	0.76	0	0.70 ^f	0.74	0	0.94 ^g	0.86	30.50	0.79 ^f	1.46	29.72	0.92 ^g
80	0.52	0	0.57 ^d	0.98	0	0.88 ^g	0.72	35.17	0.77 ^f	1.60	38.12	0.95 ^g
100	0.59	0	0.61 ^e	0.85	0	0.84 ^g	0.67	32.04	0.72 ^f	1.46	39.75	0.94 ^g
120	0.62	0	0.68 ^e	0.62	0	0.89 ^g	0.76	34.78	0.87 ^g	1.33	39.26	0.89 ^g

Οι δείκτες d, e, f, g αξιολογούν την ισχύ της γραμμικής συσχέτισης ως εξής (Παπαδόπουλος, 2008):

- $0.3 \leq r < 0.5$ υπάρχει ασθενής γραμμική συσχέτιση: d
- $0.5 \leq r < 0.7$ υπάρχει μέση γραμμική συσχέτιση: e
- $0.7 \leq r < 0.8$ υπάρχει ισχυρή γραμμική συσχέτιση: f
- $0.8 \leq r < 1$ υπάρχει πολύ ισχυρή γραμμική συσχέτιση: g

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ολική μεταβολή του χρώματος ΔE^* και ο δείκτης καστάνωσης BI που προέκυψαν από την τεχνική ανάλυσης ψηφιακών εικόνων επηρεάστηκαν κατά τον ίδιο τρόπο με τα αποτελέσματα της αξιολόγησης από τον οργανοληπτικό έλεγχο, κάτι το οποίο δεν συνέβη και με τη τεχνική του χρωματομέτρου. Οι ίδιες παράμετροι της τεχνικής αυτής επηρεάστηκαν στατιστικά σημαντικά μόνο από τη θερμοκρασία συντήρησης των δειγμάτων γεγονός που ενισχύει το πλεονέκτημα της τεχνικής ανάλυσης εικόνων με την οποία δίδεται η δυνατότητα μέτρησης του χρώματος του συνόλου σχεδόν της επιφάνειας των δειγμάτων.

Οι δυο μέθοδοι προσδιορισμού του χρώματος παρουσίασαν ισχυρή θετική γραμμική συσχέτιση για την παράμετρο ΔE^* με $r=0.75$ και ασθενή θετική γραμμική συσχέτιση για την παράμετρο BI με $r=0.50$. Οι ίδιοι παράμετροι ΔE^* και BI και των δυο μεθόδων μέτρησης του χρώματος παρουσίασαν γραμμική συσχέτιση με το χρόνο συντήρησης των ελάχιστα επεξεργασμένων μήλων. Η γραμμική αυτή συσχέτιση είναι ισχυρότερη στην περίπτωση προσδιορισμού του χρώματος με ανάλυση ψηφιακών εικόνων, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στη δυνατότητα εκτίμησης του χρώματος του συνόλου σχεδόν της επιφάνειας των δειγμάτων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abbott, A.J., Saftner, A.R., Gross C., Bryan K., Vinyard T. and Janick J., 2005. *Consumer evaluation and quality measurement of fresh-cut slices of 'Fuji,' 'Golden Delicious,' 'GoldRush,' and 'Granny Smith' apples*. Postharvest Biology and Technology, 33: 127-140.

- 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*. Proceedings of CIGR Section VI 3rd International Symposium. Naples.
- Clelland, D. and Eismann, K., 2001. *Ψηφιακή φωτογραφία*. (μετάφ. Γ. Στάμου) Εκδ. Anubis, Αθήνα, 405 pp.
- Gunes, G., Watkins, B. C. and Hotchkis, H. J., 2001. *Physiological responses of fresh-cut apple slices under high CO₂ and low O₂ partial pressures*. Postharvest Biology and Technology, 22: 197-204.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., Cruz, R.S., Valdez S.H, Ortiz, F., Aguilar., P.R. and Wang, C.Y., 2005. *Biochemical changes of fresh-cut pineapple slices treated with antibrowning agents*. Journal of Food Science and Technology, 40: 377-383.
- ISO, 1999. ISO 10526:1999. *CIE standard illuminants for colorimetry*. International Organization for standardization. CIE S 005. Second edition 1999-06-01.
- Kader, A. and Cantwell, M. 2006. *Produce Quality Rating Scales and Color Charts*. Postharvest Horticulture Series No 23. University of California. Davis.
- Kays, S.J., 1999. *Preharvest factors affecting appearance*. Postharvest Biology and Technology, 15:233-247.
- Kim, D.M., Smith, N.L. and Lee, C.Y., 1993. *Apple cultivar variations in response to heat treatment and minimal processing*. Journal of Food Science, 58: 1111-1114.
- Μανωλοπούλου, Ε., 2004. *Συντήρηση με ελάχιστους μεταποιητικούς χειρισμούς-Κατάψυξη αγρ. Προϊόντων*. Παραδόσεις ΠΜΣ τμ. ΑΦΠ&ΓΜ στην Ειδίκευση «Συντήρηση Νωπών Αγροτικών Προϊόντων», ΓΠΑ, Αθήνα.
- Maskan, M., 2001. *Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying*. Journal of Food Engineering, 48:169-175.
- Minolta, 1995. *Chroma Meter CR-300*. Instruction Manual Minolta. Japan. p. 81
- Mwithiga, G., Mukolwe I.M., Shitanda D. and Karanja N.P., 2006. *Evaluation of the effect of ripening on the sensory quality and properties of tamarillo (Cyphomandra betaceae) fruits*. Journal of Food Engineering, 79:117-123.
- Παπαδόπουλος, Γ., 2008. *Συσχέτιση δύο μεταβλητών*. Σημειώσεις παραδόσεων εργαστηρίου μαθηματικών και στατιστικής. ΓΠΑ. www.aua.gr/gpapadopoulos.
- Taylor, J.R., 1999. *An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements*. University Science Books. 94 pp.
- Varela, P., Salvador, A. and Fiszman, M.S., 2007. *The use of calcium chloride in minimally processed apples: A sensory approach*. European Food Research and Technology, 224: 461-467.
- Yam, L.K. and Papadakis, S.E., 2004. *A simple digital imaging method for measuring and analyzing colour of food surfaces*. Journal of Food Engineering, 61:137-142.
- Χατζής, Ε., Ξανθόπουλος, Γ., Λαμπρινός, Γρ. and Κούρτης, Α., 2006. *Χρωματική Αξιολόγηση μαρουλιού στους 0°C και 10°C με Χρωματόμετρο και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας*. AgroThesis, 4 (1): 50-56.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΤΟΜΙΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ *AGARICUS BISPORUS*

Ε-Π. Αγγλογάλλος, Θ. Σωτηριάδης, Γ. Ξανθόπουλος και Γρ. Λαμπρινός
Εργ. Γεωργικής Μηχανολογίας, Τμ. ΑΦΠ & ΓΜ., Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών,
Ιερά Οδός 75, Τ.Κ 118 55, Αθήνα, Τηλ.: 210 5294031, Φαξ: 210 5294032
E-mail: refrigenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η ξήρανση ολόκληρων μανιταριών *Agaricus bisporus* σε “χαλαρή” διάταξη (ατομικά) με σκοπό τον προσδιορισμό του φαινόμενου συντελεστή διάχυσης D_e και τη σύγκριση των πειραματικών καμπυλών ξήρανσης με δημοσιευμένα μοντέλα ξήρανσης. Επίσης εκτιμήθηκε η μεταβολή της ισοδύναμης διαμέτρου των μανιταριών συναρτήσει της περιεχόμενης υγρασίας τους. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η θερμοκρασία του αέρα ξήρανσης είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για την πρόβλεψη της μεταβολής της περιεχόμενης υγρασίας, καθώς και του συνολικού χρόνου ξήρανσης, ενώ παρουσιάζεται σημαντική εξάρτηση του συντελεστή D_e από τη θερμοκρασία ξήρανσης πρωτίστως και την περιεχόμενη υγρασία του προϊόντος δευτερευόντως.

Λέξεις κλειδιά: ξήρανση μανιταριών, φαινόμενος συντελεστής διάχυσης, καμπύλες ξήρανσης.

EVALUATION OF THE EFFECTIVE DIFFUSION COEFFICIENT AND PREDICTION OF MUSHROOM *AGARICUS BISPORUS* MOISTURE CONTENT DURING AIR-DRYING

E-P. Agglogalos, Th. Sotiriadis, G. Xanthopoulos and Gr. Lambrinos
Lab. of Agricultural Engineering, Dep. of NRM & AE,
Agricultural University of Athens, 75 Iera Odos Str., Athens, 11855, Greece
Tel.: +30 210 5294031, Fax: +30 210 5294032
E-mail: refrigenergy@aua.gr

ABSTRACT

In the present work was studied the drying of whole mushrooms (*Agaricus bisporus*) in loose configuration. The effective diffusion coefficient was determined as well the equivalent diameter of the drying product with the moisture content. The derived experimental drying curves were compared with the published drying model by Xanthopoulos et al. (2007). The conducted statistical analysis showed that the air drying temperature was the most significant factor for the prediction of the moisture content as well the total drying time. It was also noted that the effective diffusion coefficient was significantly influenced mainly by the drying temperature and secondly by the moisture content of the product.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ανάμεσα στα 38,000 γνωστά είδημανιταριών, το πιο διαδεδομένο καλλιεργούμενο είναι το λευκόμανιτάρι *Agaricus bisporus*. Τα εδώδιμα λευκάμανιτάρια είναι επιθυμητά για τα γευστικά χαρακτηριστικά τους, τη χαμηλή θερμιδική τους αξία, τις βιταμίνες της ομάδας Β και για τα μεταλλικά τους στοιχεία. Συγχρόνως όμως, είναι και ένα προϊόν που υποβαθμίζεται ποιοτικά ταχέως μετά τη συγκομιδή του. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η βέλτιστη εφαρμογή μεθόδων συντήρησης αμέσως μετά τη συλλογή τους. Μεταξύ των εφαρμοζόμενων μεθόδων συντήρησης, η ξήρανση αποτελεί μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδο.

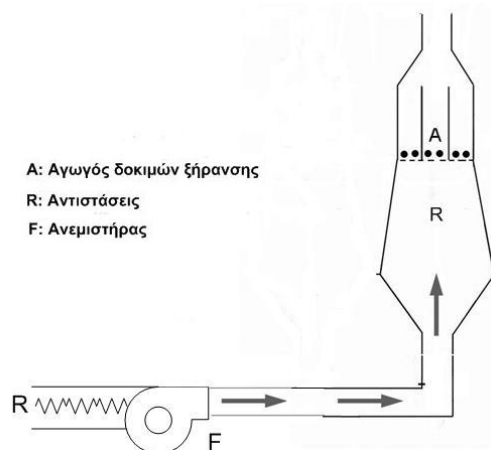
Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές ερευνητικές εργασίες σχετικές με τη ξήρανση του λευκούμανιταριού. Οι Xanthopoulos et al. (2007) μελέτησαν την εφαρμογή επτά γνωστών ημιεμπειρικών μοντέλων ξήρανσης στα πειραματικά τους αποτελέσματα.. Εμπειρικά μοντέλα έχουν επίσης αναπτυχθεί από τους Giri και Prasad (2007) για την εκτίμηση της σταθεράς ξήρανσης και του ρυθμού αφυδάτωσης συναρτήσει των παραγόντων ξήρανσης με χρήση μικροκυμάτων και διηλεκτρικής ξήρανσης σε κενό. Οι Walde et al. (2007), μελέτησαν τα αποτελέσματα διαφόρων προχειρισμών και μεθόδων ξήρανσης στην αφυδάτωση τωνμανιταριών.

Ο Pabis (1999), ασχολήθηκε με την αρχική φάση της ξήρανσης σε λαχανικά καιμανιτάρια καθώς και την επίδραση της συρρίκνωσης. Οι Shivhare et al. (2004), ανέπτυξαν ισόθερμες καμπύλες ξήρανσης για το λευκό εδώδιμομανιτάρι *Agaricus bisporus*. Οι Torringa et al. (2000), μελέτησαν την αφυδάτωση τωνμανιταριών εφαρμόζοντας αρχικά οσμωτική αφυδάτωση και στη συνέχεια ξήρανση με μικροκύματα και θερμό ρεύμα αέρα. Παράλληλα οι Funebo και Ohlsson (1998) μελέτησαν τον συνδυασμό ξήρανσης με μικροκύματα και θερμό ρεύμα αέρα σε μήλο καιμανιτάρι. Οι Min et al. (2005) μελέτησαν τη μετουσίωση των πρωτεϊνών σεμανιτάρια κάτω από διάφορες συνθήκες ξήρανσης.

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε ξήρανση ολόκληρωνμανιταριών σε «χαλαρή» διάταξη (ατομικά) χωρίς προηγουμένως αυτά να έχουν υποστεί καμία επεξεργασία. Στις διάφορες πειραματικές συνθήκες, μελετήθηκαν παράγοντες όπως η μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας και του ρυθμού αφυδάτωσης, η πυκνότητα αφυδάτωσης (flux) καθώς και ο προσδιορισμός του φαινομένου συντελεστή διάχυσης του προϊόντος. Επίσης έγινε σύγκριση των πειραματικών καμπυλών ξήρανσης με αυτές που υπολογίζονται από το αντίστοιχο μοντέλο ξήρανσης που αναπτύχθηκε από τους Xanthopoulos et al. (2007).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η ξήρανση τωνμανιταριών πραγματοποιήθηκε σε δυο πειραματικές εγκαταστάσεις ξήρανσης (Σχήμα 1), οι οποίες κατασκευάστηκαν στο εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Οι πειραματικές συσκευές εξασφαλίζουν έλεγχο της ταχύτητας και της θερμοκρασίας του αέρα ξήρανσης. Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος γινόταν συνεχής καταγραφή της απώλειας βάρους του υπό ξήρανση προϊόντος καθώς και των επιφανειακών θερμοκρασιακών μεταβολών (Xanthopoulos et al., 2007).



Σχήμα 1. Πειραματική εγκατάσταση ξηραντηρίου με ηλεκτρικές αντιστάσεις.

2.1. ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Στα πειράματα ξήρανσης, χρησιμοποιήθηκαν για κάθε πειραματική συνθήκη μανιτάρια *Agaricus bisporus* με βάρους 12.28 ± 0.64 g ενώ η μέση αρχική περιεχόμενη υγρασία τους ήταν $92.42 \pm 0.38\%$ w.b. Πραγματοποιήθηκαν εννέα πειράματα ξήρανσης σε τρεις θερμοκρασίες ξήρανσης (45, 55 και 65 °C) και τρεις ταχύτητες αέρα (1.0, 3.0 και 5.0 m/s). Η διαδικασία ξήρανσης τερματιζόταν όταν η περιεχόμενη υγρασία σε φυσική κατάσταση ήταν κάτω από 18% wb. Η μέση απόλυτη υγρασία του αέρα ξήρανσης στο επίπεδο ξήρανσης ήταν 5.8 ± 1.1 kg_w/kg_{da}.

2.2. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Σε κάθε πειραματική συνθήκη, χρησιμοποιήθηκαν 5 κλάσεις μανιταριών με βάση το αρχικό τους βάρος (διάκριση κλάσεων: A: 9–10 g, B: 13–14 g, Γ: 15–16 g, Δ: 20–22 g, E: 30–35 g). Το πείραμα ξεκινούσε με τη ρύθμιση των συνθηκών του ξηραντηρίου (ταχύτητας αέρα και θερμοκρασίας). Ακολουθούσε εξαγωγή των μανιταριών από το ψυγείο, ζύγιση και μέτρηση των διαστάσεων των δειγμάτων (μέτρηση μικρής και μεγάλης διάστασης του ισημερινής περιφέρειας του πύλου καθώς και μέτρηση του ύψους του μανιταριού, το οποίο περιλαμβάνει το στίβο και τον πύλο).

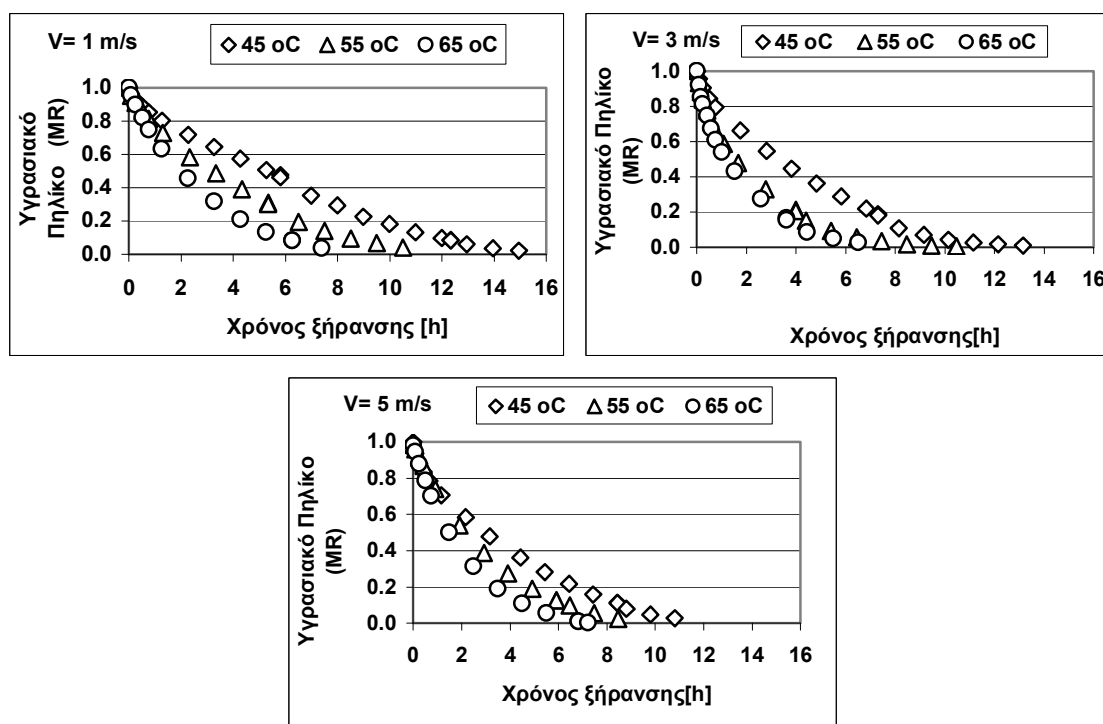
Στη συνέχεια γινόταν τοποθέτηση τους με τον πύλο προς τα κάτω, αντίθετα προς τη ροή του αέρα. Η θέση των μανιταριών στο καλάθι ήταν πάντα συγκεκριμένη. Σε κάθε στρώση τοποθετούνταν περίπου 10–12 μανιτάρια. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα από την αρχή του πειράματος γινόταν ζύγιση και μέτρηση των διαστάσεών τους. Στο τέλος της ξήρανσης, τα μανιτάρια τοποθετούνταν σε κλίβανο θερμοκρασίας 105 °C, για τον προσδιορισμό της ξηράς τους ουσίας (AOAC, 1997). Καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων καταγράφονταν ανά πέντε λεπτά οι τιμές της θερμοκρασίας και υγρασίας του αέρα τόσο κατά την είσοδο του στο ξηραντήριο όσο και μετά την έξοδο του. Η θερμοκρασία και σχετική υγρασία του αέρα ξήρανσης στην είσοδο του ξηραντηρίου καταγραφόταν με σύστημα καταγραφής δεδομένων Hobo Micro Station συνδεδεμένο με αισθητήρες Hobo 8H (Onset Computer Corp.) διακριτικής ικανότητας 0.4 °C, 0.5% και ακρίβειας ± 0.7 °C, $\pm 3.0\%$ αντίστοιχα. Επίσης αισθητήρες για την καταγραφή της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του αέρα ήταν τοποθετημένοι πριν και μετά το επίπεδο ξήρανσης των μανιταριών. Η ταχύτητα του αέρα μετριοταν στην είσοδο του αγωγού δοκιμών με ανεμόμετρο θερμαινόμενου νήματος τύπου Climatherm, ακρίβειας ± 0.1 m/s. Οι μετρήσεις των διαστάσεων των μανιταριών γίνονταν με παχύμετρο ακριβείας ± 0.02 mm.

Η ζύγιση των μανιταριών γινόταν με ηλεκτρονικό ζυγό τύπου FY – 300 ακριβείας ± 0.02 g και διακριτικής ικανότητας 0.01 g. Η στατιστική ανάλυση των πειραματικών

δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα Statgraphics Plus 5.1 σε επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0.05$.

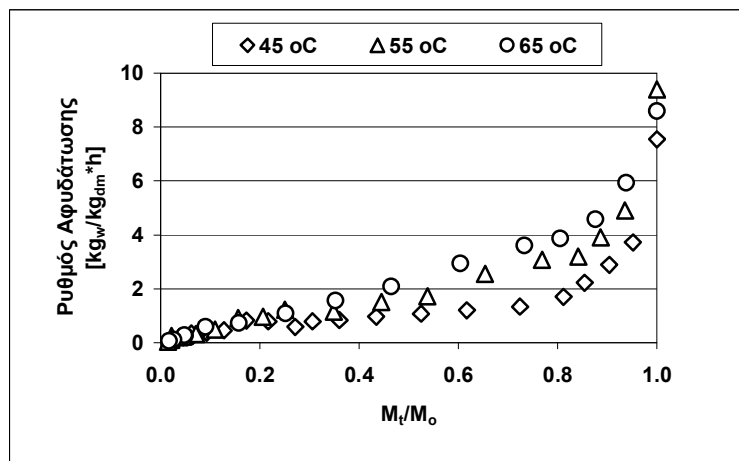
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΧΟΛΙΑ

Οι καμπύλες μεταβολής του υγρασιακού πηλίκου MR και του ρυθμού αφυδάτωσης DR που παρουσιάζονται αντίστοιχα στα Σχήματα 2 και 3 είναι ενδεικτικές για τις διάφορες πειραματικές συνθήκες που μελετήθηκαν και δεικνύουν το χρονικό σημείο της ξήρανσης στο οποίο η ενεργότητα του νερού a_w φτάνει γίνεται ίση με $a_w=0.65$. Η τιμή αυτή της ενεργότητας του νερού θεωρείται ασφαλής για την αποθήκευση αφυδατωμένων μανιταριών δηλαδή χωρίς να υπάρχει κίνδυνος προσβολής και υποβάθμισης από μικροοργανισμούς (Ρόδης, 1995).



Σχήμα 2. Πειραματικές καμπύλες για τις τρεις τιμές θερμοκρασίας και ταχύτητας του αέρα ξήρανσης

Από την ανάλυση βρέθηκε πως η θερμοκρασία ξήρανσης είναι ο σημαντικότερος παράγοντας επίδρασης στο συνολικό χρόνο ξήρανσης, που σημαίνει πως υψηλές θερμοκρασίες οδηγούν σε μικρότερο χρόνο ξήρανσης. Επίσης η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η ταχύτητα του αέρα ξήρανσης δεν έχει σημαντική επίδραση στον τελικό χρόνο ξήρανσης ($p \leq 0.05$). Παρόμοια αποτελέσματα εξήχθησαν από τους Xanthopoulos et al. (2007). Για το ρυθμό αφυδάτωσης, παρατηρούμε πως αν και εμφανίζεται κάποια υστέρηση, στα αρχικά στάδια της ξήρανσης, μεταξύ των καμπυλών στους 45 °C και αυτών στους 55 °C και 65 °C η στατιστική σύγκριση μεταξύ των τιμών των δειγμάτων (two sample comparison, t-test) δεν έδωσε σημαντικές διαφορές ($p \leq 0.05$).



Σχήμα 3. Ρυθμός αφυδάτωσης συναρτήσει της αδιάστατης περιεχόμενης υγρασίας για τις τρεις θερμοκρασίες ξήρανσης.

Προσδιορισμός της ισοδύναμης διαμέτρου

Ο προσδιορισμός της ισοδύναμης διαμέτρου d_{eq} (mm) έγινε με βάση τις πειραματικές μετρήσεις των τριών διαστάσεων των μανιταριών (δύο ισημερινές και μία αξονική). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τόσο πριν την ξήρανση των μανιταριών όσο και κατά τη διάρκεια της ξήρανσης και μέχρι το τέλος αυτής. Από αρχικές μετρήσεις βρέθηκε ότι η προβολή του πύλου δεν είναι τελείως κυκλική αλλά ελλειψοειδής, έτσι θεωρήσαμε ως d_1 τη μεγάλη διάμετρο, ως d_2 την κάθετη σε αυτήν και ως ύψος h την συνολική διάσταση κατά τον άξονα του στύπου. Με βάση την εξ. (1) της ισοδύναμης διαμέτρου ελλειψοειδούς όπως αυτός δίνεται από τον Mohsenin (1986)

$$d_{eq} = (d_1 \cdot d_2 \cdot h)^{1/3} \quad (1)$$

υπολογίστηκε η ισοδύναμη διάμετρο d_{eq} του μανιταριού, του οποίου ο όγκος μπορεί να θεωρηθεί ίσος με αυτόν της ισοδύναμης σφαίρας διαμέτρου d_{eq} . Βάσει αυτής της παραδοχής γίνεται στη συνέχεια ο υπολογισμός του φαινόμενου συντελεστή διάχυσης.

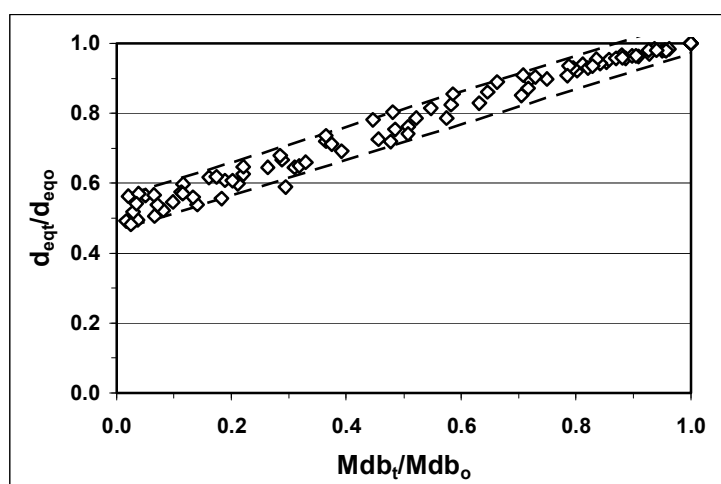
Πρέπει να τονιστεί πως είναι πολύ δύσκολο να προσομοιαστεί το σχήμα του μανιταριού με ένα κανονικό γεωμετρικό σχήμα, τη στιγμή που το προϊόν υπόκειται σε σημαντική παραμόρφωση του σχήματός του κατά τη διάρκεια της ξήρανσής του (επιμήκυνση στίπου κ.α.). Σε κάθε μία από τις εννέα πειραματικές συνθήκες και για κάθε μέγεθος μανιταριού έγινε υπολογισμός του d_{eq} κατά τη διάρκεια της ξήρανσης.

Από τα πειραματικά δεδομένα αναπτύχθηκε για όλες τις πειραματικές συνθήκες, η αδιάστατη μεταβολή της ισοδύναμης διαμέτρου d_{eq} από την εξ. (2) με $R^2=0.982$ και $SEE=0.02$. Στο Σχήμα 4 δίνεται η μεταβολή της αδιάστατης ισοδύναμης διαμέτρου συναρτήσει της περιεχόμενης υγρασίας M_{dbt}/M_{dbo} για όλες τις πειραματικές περιπτώσεις.

$$\frac{d_{eq}}{d_{eqo}} = 0.5079 \cdot \frac{M_{dbt}}{M_{dbo}} + 0.51 \quad (2)$$

Πίνακας 1. Τιμές των συντελεστών a και b της εξ. (2) για τις διάφορες πειραματικές συνθήκες

T (°C)	V (m/s)	a	b	R ²
45	1.0	18.463	21.239	0.988
55	1.0	18.498	21.384	0.992
65	1.0	20.178	21.940	0.997
45	3.0	20.988	20.171	0.986
55	3.0	17.636	16.009	0.900
65	3.0	15.775	16.906	0.865
45	5.0	22.268	19.390	0.991
55	5.0	19.613	17.583	0.996
65	5.0	18.960	17.952	0.995



Σχήμα 4. Μεταβολή της αδιάστατης ισοδύναμης διαμέτρου d_{eq} συναρτήσει της περιεχόμενης υγρασίας M_{dbt}/M_{db0} για όλες τις πειραματικές περιπτώσεις.

Για τον υπολογισμό των πειραματικών τιμών του φαινομένου συντελεστή διάχυσης D_e χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των κλίσεων όπως αυτή περιγράφεται από τους Saravacos & Maroulis (2001). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή αποτυπώνονται γραφικά σε ένα ημιλογαριθμικό διάγραμμα οι πειραματικές τιμές του υγρασιακού πηλίκου, MR έναντι των αντίστοιχων χρόνων ξήρανσης σε s . Από τις κλίσεις των γραμμικοποιημένων πειραματικών καμπύλων υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες τιμές του φαινομένου συντελεστή διάχυσης (Πίνακας 2).

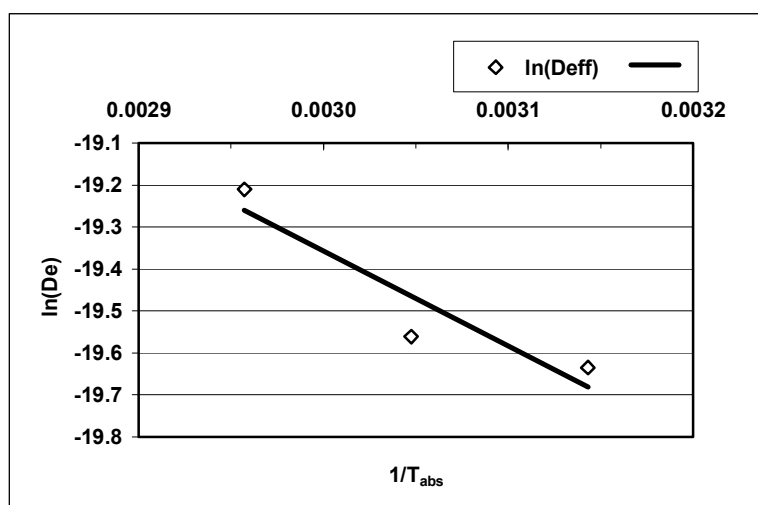
Πίνακας 2. Παράμετροι της στατιστικής ανάλυσης των πειραματικών δεδομένων του φαινομένου συντελεστή διάχυσης.

T (°C)	V (m/s)	$D_e \cdot 10^{-9} (m^2/s)$	SEE	R ²
45	1.0	2.30	0.339	0.930
45	3.0	3.28	0.298	0.947
45	5.0	3.32	0.263	0.957
55	1.0	3.06	0.226	0.970
55	3.0	3.09	0.124	0.990
55	5.0	3.43	0.195	0.977
65	1.0	4.36	0.142	0.984
65	3.0	5.82	0.090	0.994
65	5.0	3.43	0.056	0.998

Στη συνέχεια και εφόσον η ταχύτητα του αέρα ξήρανσης δεν επιδρά σημαντικά στη μεταβολή του φαινομένου συντελεστή ξήρανσης, τα δεδομένα του Πίνακα 2 ταξινομήθηκαν στον Πίνακα 3 και αναπτύχθηκε μία τύπου Arrhenius εξ. (3) βασισμένη στα δεδομένα του Πίνακα 3. Η μεταβολή του φαινομένου συντελεστή διάχυσης, σε ημιλογαριθμική κλίμακα, συναρτήσει της αντίστροφης απόλυτης θερμοκρασίας ξήρανσης παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.

Πίνακας 3. Μέσος όρος των τιμών D_e και $\ln(D_e)$ για τις τρεις θερμοκρασίες ξήρανσης.

T (°C)	$D_e \cdot 10^{-9}$ (m ² /s)	$1/T_{abs}$ (K ⁻¹)	$\ln(D_e)$
45	2.97	0.003143	-19.634
55	3.20	0.003047	-19.561
65	4.54	0.002957	-19.210



Σχήμα 5. Μεταβολή του φαινομένου συντελεστή διάχυσης συναρτήσει της θερμοκρασίας ξήρανσης.

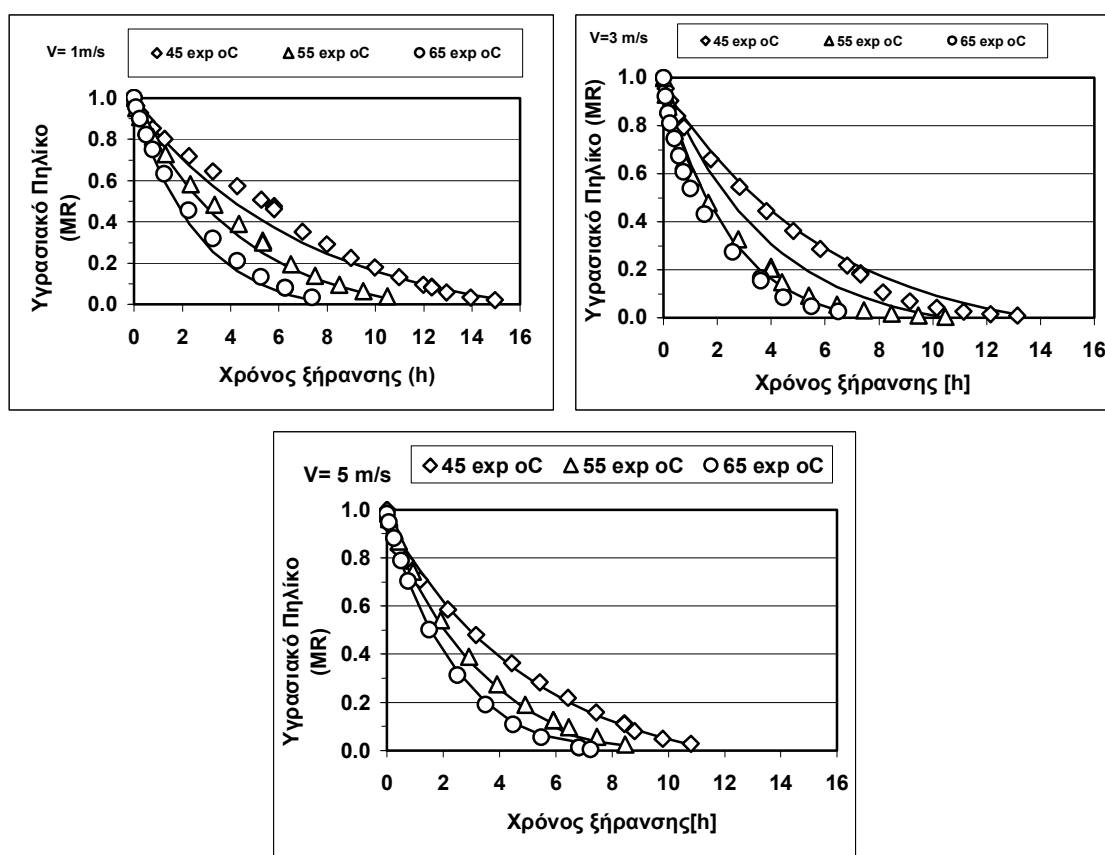
$$D_e = 13.5 \cdot 10^{-6} \cdot \exp\left(\frac{18,417.69}{R \cdot T_{abs}}\right) \quad (3)$$

όπου $E_a=18,417,69$ J/mol; $D_0=13.5 \cdot 10^{-6}$ m²/s και $R=8.31143$ J/mol K.

Οι Xanthopoulos et al. (2007), δοκίμασαν επτά γνωστά ημι-εμπειρικά μοντέλα ξήρανσης ως προς την ικανότητά τους να περιγράφουν τις καμπύλες ξήρανσης μανιταριού *Agaricus bisporus*, σε θερμοκρασιακά εύρη ξήρανσης 50–65 °C και αντίστοιχα εύρη ταχυτήτων αέρα 1.0–5.0 m/s και κατέληξαν σε ένα νέο λογαριθμικό μοντέλο το οποίο και περιγράφεται πλήρως στην εργασία τους. Το μοντέλο αυτό υιοθετήθηκε και κάθε μία από τις 9 πειραματικές συνθήκες της παρούσας εργασίας συγκρίθηκε με τις αντίστοιχες καμπύλες που το μοντέλο υπολογίζει. Τα στατιστικά αποτελέσματα της σύγκρισης αυτής παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 ενώ η γραφική τους αποτύπωση στο Σχήμα 6. Παρατηρείται ότι σε κάθε πειραματική συνθήκη υπολογίστηκε υψηλή τιμή του προσαρμοσμένου συντελεστή προσδιορισμού, γεγονός που καταδεικνύει πως οι πειραματικές τιμές του αδιάστατου υγρασιακού πηλίκου MR εξηγούνται πολύ ικανοποιητικά από το μοντέλο των Xanthopoulos et al. (2007).

Πίνακας 4. Στατιστικοί συντελεστές που προκύπτουν από τη σύγκριση των πειραματικών τιμών του MR και αυτών που υπολογίζονται από το μοντέλο των Xanthopoulos et al. (2007).

Ταχύτητα (m/s)	Θερμοκρασία (°C)	R ²	SEE	RMSE%
1.0	45	0.993	034	4.72
1.0	55	0.997	022	2.97
1.0	65	0.998	014	3.66
3.0	45	0.998	029	3.21
3.0	55	0.993	012	9.84
3.0	65	0.997	009	6.26
5.0	45	0.999	026	2.23
5.0	55	0.999	019	2.46
5.0	65	0.999	005	1.38



Σχήμα 6. Πειραματικές καμπύλες (διακεκριμένα σημεία) έναντι προβλεπόμενων Xanthopoulos et al. (2007) (συνεχείς γραμμές), για τις θερμοκρασίες και ταχύτητες του αέρα ξήρανσης.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μελετήθηκε η ξήρανση λευκών εδώδιμων μανιταριών *Agaricus bisporus* με ρεύμα θερμού αέρα, σε τρεις θερμοκρασίες 45, 55 και 65 °C και αντίστοιχες ταχύτητες 1, 3 και 5 m/s. Διαπιστώθηκε ότι η θερμοκρασία του αέρα ξήρανσης είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για την πρόβλεψη της μεταβολής της περιεχόμενης υγρασίας καθώς και του συνολικού χρόνου ξήρανσης. Αντίθετα η ταχύτητα του αέρα ξήρανσης βρέθηκε να μην είναι στατιστικά σημαντική. Αναπτύχθηκε επίσης μοντέλο υπολογισμού του φαινομένου συντελεστή διάχυσης D_e , με τη μέθοδο των κλίσεων. Από την ανάλυση

αυτή ταυτοποιήθηκε η εξάρτησή του συντελεστή αυτού από τη θερμοκρασία του αέρα ξήρανσης πρωτίστως και της περιεχόμενης υγρασίας του προϊόντος δευτερευόντως. Τέλος εξετάστηκε η ικανότητα του μοντέλου ξήρανσης των Xanthopoulos et al. (2007), να περιγράφει τα πειραματικά αποτελέσματα ξήρανσης ολόκληρων μανιταριών *Agaricus bisporus* για τις δεδομένες πειραματικές συνθήκες. Διαπιστώθηκε, και στις εννέα πειραματικές συνθήκες, τιμές συντελεστή συσχέτισης για το μοντέλο $R_{adj}^2 \geq 0.99$ και $RMSE < 10\%$ γεγονός που αποδεικνύει την ικανότητα του συγκεκριμένου μοντέλου να περιγράφει τις καμπύλες ξήρανσης μανιταριού *Agaricus bisporus* εντός των πειραματικών ορίων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AOAC, 1997. *Official methods of analysis (16th ed.)*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Funebo, T. and Ohlsson, T., 1998. *Microwave assisted air dehydration of apple and mushroom*. *Journal of Food Engineering*, 38:353-367.
- Giri, S.K. and Prasad, S., 2007. *Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms*. *Journal of Food Engineering*, 78: 512-521.
- Mohsenin N.N., 1986. *Physical properties of plants and animal materials*. Gordon and Breach Publishers, New York.
- Ρόδης, Π.Σ., 1995. *Μέθοδοι Συντήρησης Τροφίμων*. Σταμούλης Α., Αθήνα-Πειραιάς.
- Saravacos, G. and Maroulis, Z., 2001. *Transport of Foods, 1st Ed.* Marcel Dekker: New York.
- Shivhare, U.S., Arora, S., Ahmed, J. and Raghavan, G.S.V., 2004. *Moisture adsorption isotherms for mushrooms*. *Lebensm.-Wiss.u-Technol.*, 37:133-137.
- Stanislaw Pabis, 1999. *The initial phase of convection of vegetables and mushrooms and the effect of shrinkage*. *J. Agric. Engng Res.*, 72: 187-195.
- Torrington, E., Esveld, E., Scheewe, I., Van de Berg, R. and Bartels P., 2001. *Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave hot-air drying of mushrooms*. *Journal of Food Engineering*, 49: 185-191.
- Walde, S.G, Velu, V., Jyothirmayi, T. and Math, R.G., 2006. *Effects of pretreatments and drying methods on dehydration of mushroom*. *Journal of Food Engineering*, 74:108-115.
- Xanthopoulos, G., Lambrinos, Gr. and Manolopoulou, H., 2007. *Evaluation of Thin-Layer Models for Mushroom (Agaricus bisporus) Drying*. *Drying Technology*, 9:1471-1481.
- Zhang Min, Li Chunli and Ding Xiaolin, 2005. *Effects of heating conditions on the thermal denaturation of white mushroom suitable for dehydration*. *Drying Technology*, 23:1119-1125.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΚΑΛΑΜΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ ΩΣ ΒΙΟΜΑΖΑ

A.N. Δημητριάδης

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων,
Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
E-mail: augerin@hol.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα καλάμια *Arundo Donax* L και *Arundo plimos* αποτελούν δυο σημαντικά είδη δασικής βιομάζας. Στη συγκεκριμένη εργασία μελετάται ο οικονομικότερος τρόπος ξήρανσης των υγρών καλάμιων, η οποία πρέπει να προηγηθεί προκειμένου να προχωρήσουμε στην καύση των καλάμιων. Η ξήρανση των καλάμιων λαμβάνει χώρα σε ξηραντήριο θερμού αέρα ως μέσο ξήρανσης, για διαφορετικές συνθήκες ξήρανσης. Συγκεκριμένα έγιναν πειράματα με διαφορετικές τιμές θερμοκρασίας και παροχής εισόδου του μέσου ξήρανσης. Επίσης έγιναν πειράματα με διαφορετικά ποσοστά ανακυκλοφορίας του αέρα ξήρανσης και σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Από αυτή τη συστάδα επιλέγονταν ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα καλάμιων, το οποίο περιείχε καλάμια διαφόρων διαμέτρων, μήκους, ηλικίας και υγρασίας. Η διερεύνηση των αποτελεσμάτων μας οδηγεί να επιλέξουμε τον καταλληλότερο τρόπο ξήρανσης των καλάμιων *Arundo Donax* L και *Arundo plimos* ώστε αυτά να χρησιμοποιηθούν σαν βιομάζα. Η ξήρανση των καλάμιων σε συνθήκες υψηλής ανακυκλοφορίας αποτελεί τη πιο συμφέρουσα ενεργειακή λύση ενώ από την άλλη μεριά, υψηλές θερμοκρασίες ξήρανσης οδηγούν σε μικρότερους χρόνους ολοκλήρωσης της διεργασίας.

Λέξεις κλειδιά: καλάμια, βιομάζα, συνθήκες ξήρανσης.

STUDY OF THE DRYING CONDITIONS OF REED BIOMASS

A.N. Dimitriadis

Soil Science and Agriculture Engineering, Department of Hydraulics,
Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, 54124,
E-mail: augerin@hol.gr

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the most appropriate drying conditions of reeds (varieties *Arundo Donax* L and *Arundo plimos*) in order to use them for biomass energy. These plants have two main advantages; after their harvest they bud again without seed and they have high calorific value, almost equal to wood. The experiments took place in a prototype hot air batch drier. Several drying parameters, such as drying temperature, air recirculation and air flow rate, were tested. Drying rate as well as energy consumption vs. drying time were estimated in the experiments. The total energy consumption of the drying process was calculated, taking into consideration the heat at the inlet and outlet of the air, the heat loss of the drier, the heat of evaporation, and the heat for the product warming.

The results of drying experiments determine the most appropriate drying conditions of reed in order to use them as biomass. Considering drying time and energy consumption, low temperatures and high percentage of air recirculation seems to be the most appropriate conditions to dry the reeds.

Key words: reed, drying, biomass, cinetic of drying, drying conditions.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η συνεχιζόμενη μείωση των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων και η ταυτόχρονη αύξηση του κόστους χρήσης ως ενεργειακό μέσο, οδήγησε σε στροφή προς άλλες μορφές ενέργειες όπως είναι αυτή της βιομάζας. Η κύρια πηγή ενέργειας για τη βιομάζα είναι η ηλιακή ενέργεια που δεσμεύεται μέσω της φωτοσύνθεσης. Μέσο της φωτοσύνθεσης δεσμεύεται ηλιακή ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε χημική ενέργεια με τη μορφή πολύπλοκων και ταυτόχρονα πλούσιων σε ενέργεια οργανικών ενώσεων. Η συνολική ενέργεια που δεσμεύεται αν και είναι πολύ μικρό ποσοστό της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που διαχέεται στην επιφάνεια της γης είναι πολλαπλάσια της συνολικής καταναλισκόμενης παγκόσμιας ενέργειας (Anderson, 1978).

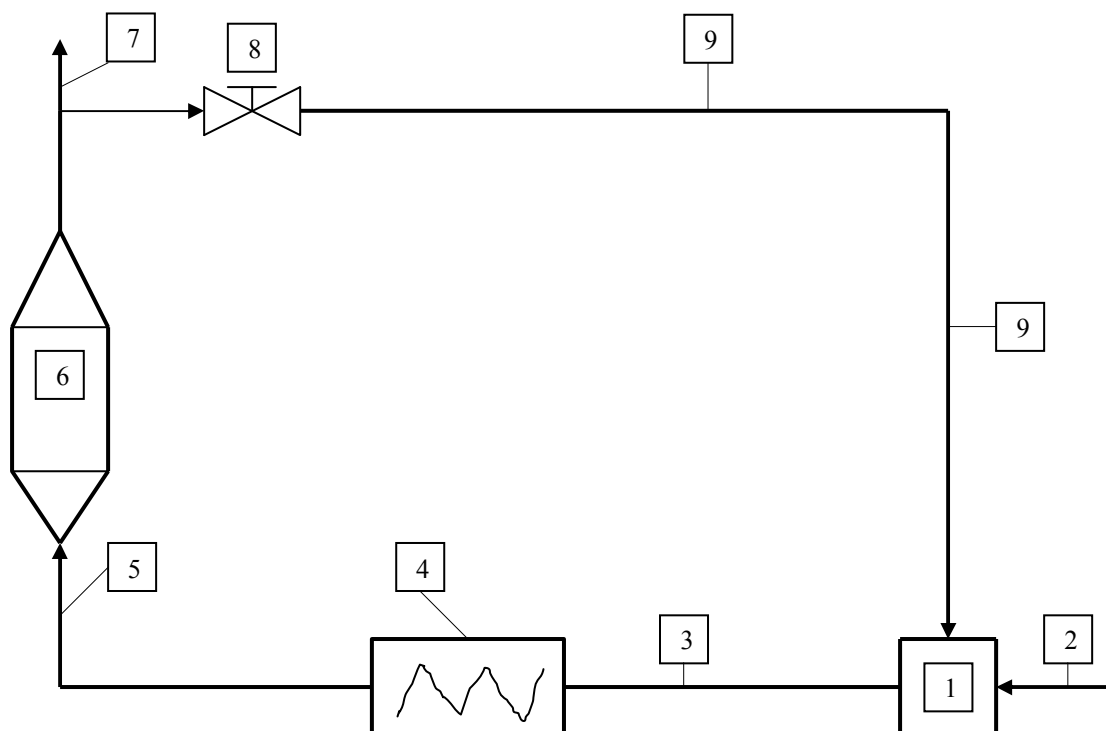
Τα καλάμια αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα είδη δασικής βιομάζας. Τα καλάμια παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι κόβονται και ξαναβλασταίνουν χωρίς την ανάγκη επαναφύτευσης. Τα καλάμια *Arundo donax* L και *Arundo plimos* τα συναντάμε ευρέως στον Ελλαδικό χώρο κυρίως σε παραποτάμιας, παραλίμνιες και γενικότερα σε υγρές εκτάσεις. Η θερμογόνο δύναμη του καλαμιού είναι $H_u = 19636$ kJ/kg (Filippou, 1982), παραπλήσια με τη μέση θερμαντική αξία του ξύλου. Η περιεκτικότητα του όμως σε ανόργανα συστατικά (τέφρα 1,37%) είναι μεγαλύτερη από αυτή του ξύλου. Η περιεχόμενη υγρασία των καλαμιών αμέσως μετά την συγκομιδή τους δεν είναι σταθερή αλλά κυμαίνεται. Η μεταβλητότητα αυτή οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως την εποχή της συγκομιδής των καλαμιών, τις καιρικές συνθήκες, την ηλικία του φυτού, την ποιότητα του εδάφους κλπ. Επίσης και τα διάφορα τμήματα του φυτού παρουσιάζουν διαφορετικές τιμές αρχικής περιεχόμενης υγρασίας. Η αρχική περιεχόμενη υγρασία των καλαμιών στο τέλος του καλοκαιριού μπορεί να κυμαίνεται από 10 - 70 % (Φ.Κ.).

Η υγρασία εντοπίζεται στα καλάμια με δυο μορφές: α) σε υγρή μορφή στα κυτταρικά τοιχώματα η με μορφή υδρατμών στις κυτταρικές κοιλότητες. Βασική αιτία διάχυσης της υγρασίας στην μάζα του καλαμιού είναι η έλξη μορίων νερού από υδροξύλια των χημικών δομικών συστατικών του, ιδίως της κυτταρίνης. Αρχικά δημιουργείται μονομοριακό στρώμα νερού, που βαθμιαία γίνεται πολυμοριακό. Το μονομοριακό στρώμα συγκρατείται από τα υδροξύλια με ισχυρούς δεσμούς "γέφυρες" υδρογόνου. Το πολυμοριακό στρώμα εισέρχεται και συγκρατείται με την δράση δευτερευουσών ελκτικών δυνάμεων. Συμπληρωματικά, νερό μπορεί να προσληφθεί με τριχοειδή συμπίκνωση σε κενά που υπάρχουν στο κυτταρικό τοίχωμα, ανοίγματα μεμβρανών βοθρίων και μικρά στόμια βοθρίων που όλα λειτουργούν σαν τριχοειδή (Bowersox et al., 1979). Ο διαχωρισμός των παραπάνω φάσεων με τις οποίες συγκρατείται το νερό μέσα στο ξύλο (μονομοριακό πολυμοριακό στρώμα, τριχοειδής συμπίκνωση) δεν είναι σαφής. Μια θεωρητική διάκριση, που είναι πρακτικά χρήσιμη, είναι η διάκριση του νερού που συγκρατείται από τα κυτταρικά τοιχώματα και από τις κυτταρικές κοιλότητες.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Το ξηραντήριο αέρα όπου έλαβαν χώρα τα πειράματα, αποτελεί ένα πρότυπο εργαστηριακό ξηραντήριο το οποίο σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ειδικά για τις ανάγκες του συγκεκριμένου πειράματος. Αποτελείται από το δίκτυο αεραγωγών, τον ανεμιστήρα, το κουτί των αντιστάσεων, τον θάλαμο ξήρανσης, τον ηλεκτρικό πίνακα και τα μετρητικά όργανα (σχήμα 1).



Σχήμα 1. Σχεδιάγραμμα του ξηραντήριου με μέσο ξήρανσης τον θερμό αέρα
 1. Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας, 2. Είσοδος νωπού αέρα στο ξηραντήριο, Ρεύμα αέρα προς θέρμανση, 4. Κουτί αντιστάσεων θέρμανσης του αέρα, 5. Είσοδος του θερμού αέρα στο ξηραντήριο, 6. Θάλαμος ξήρανσης, 7. Απόρριψη θερμού-υγρού αέρα, 8. Στραγγαλισμός για τη ρύθμιση του ποσοστού ανακυκλοφορίας, 9. Αγωγός ανακυκλοφορίας αέρα.

Το δίκτυο των αεραγωγών παρέχει τη δυνατότητα επιλογής πολλών εναλλακτικών διαδρομών της ροής του αέρα, την αντιστροφή της φοράς ροής του αέρα μέσα στον θάλαμο ξήρανσης (προς τα πάνω ή προς τα κάτω) καθώς και τη δυνατότητα μερικής ή ολικής ανακυκλοφορίας του. Επίσης, με τη χρήση ρυθμιστικών δικλίδων (dampers) δίνεται η δυνατότητα ρύθμισης της τιμής της παροχής του αέρα μέσα στο θάλαμο ξήρανσης. Με τους παραπάνω μηχανισμούς δίνεται η δυνατότητα διεξαγωγής πειραμάτων με εύρος παροχών του αέρα από 0 έως 380 m³/h και ανακυκλοφορία του αέρα, που ήδη έχει χρησιμοποιηθεί στην ξήρανση, σε ποσοστό από 0 έως 100%.

Το δίκτυο των αεραγωγών έχει κατασκευαστεί από χαλυβδοσωλήνα κυκλικής διατομής με διάμετρο 120 mm. Όλο το δίκτυο καθώς και το ξηραντήριο έχουν μονωθεί με υαλοβάμβακα προκειμένου να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες στο ελάχιστο δυνατό.

Ο ανεμιστήρας είναι φυγοκεντρικός ισχύος 0,06 kW, με μέγιστη παροχή 380 m³/h και διάμετρο πτερωτής 160 mm.

Ο θάλαμος ξήρανσης είναι ορθογωνικός με διαστάσεις 300X300X600mm.

2.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Από μια συστάδα φρέσκων καλαμιών επιλεγόταν ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα καλαμιών, το οποίο περιείχε καλάμια διαφόρων διαμέτρων, μήκους, ηλικίας και αρχικής περιεχόμενης υγρασίας. Στην συνέχεια τεμαχίζονταν τα καλάμια, σε τεμάχια μήκους 2 διαμέτρων. Το αρχικό βάρος του δείγματος επιλέχτηκε στα 2000 g. Η αρχική περιεχόμενη υγρασία των καλαμιών αμέσως μετά την συγκομιδή τους, ήταν γύρω στα

90 με 92 % Φ.Κ. Ωστόσο τα καλάμια δεν τεμαχίζονταν σε αυτές τις συνθήκες υγρασίας αλλά αφού παρέμειναν 48 ώρες σε συνθήκες περιβάλλοντος με αποτέλεσμα την μείωση της αρχικής περιεχόμενης υγρασίας τους σε τιμές γύρω στο 50% Φ.Κ. Η περιεχόμενη υγρασία των καλάμιών μετρήθηκε σε ηλεκτρικό κλίβανο στους 104°C και για 24 ώρες. Η τελική περιεχόμενη υγρασία των καλάμιών έφτανε το 7% Φ.Κ. ποσοστό απαραίτητο για την αποδοτικότερη χρήση των καλάμιών ως βιομάζα (Carruthers et al., 1987). Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων καταγράφονταν οι τιμές της θερμοκρασίας και υγρασίας του αέρα, στην είσοδο και έξοδο του θαλάμου ξήρανσης και στην είσοδο και έξοδο του ξηραντηρίου. Η καταγραφή γινόταν με σύστημα καταγραφής δεδομένων (Data acquisition National Instruments) ενώ η συχνότητα καταγραφής ήταν ανά ένα λεπτό. Κατά την διάρκεια των πειραμάτων υπολογίζεται η θερμότητα του αέρα προσαγωγής και του αέρα απαγωγής, οι θερμικές απώλειες του ξηραντηρίου, η ενέργεια θέρμανσης του υλικού και της περιεχόμενης υγρασίας και η ενέργεια εξάτμισης της υγρασίας. Οι εξισώσεις όπου χρησιμοποιήθηκαν αντίστοιχα είναι η εξής (Dimitriadis et al., 1994):

α) Θερμότητα αέρα προσαγωγής

$$Q_{in} = m c_p \Delta\theta \quad (1)$$

όπου: $m = \rho v_{in} A$

β) Θερμικές απώλειες ξηραντηρίου

$$Q_{ex} = Q_{1ex} + Q_{2ex} \quad (2)$$

όπου: $Q_{1ex} = K A \Delta\theta_1$

$$Q_{2ex} = K A \Delta\theta_2 \quad (3)$$

$$1/K = 1/a_1 + \delta_s/\lambda_s + \delta_v/\lambda_v$$

$$Re = u \cdot d / \nu = \frac{u \cdot d}{\frac{\mu}{\rho}} = \frac{u \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

γ) Ενέργεια θέρμανσης του υλικού

$$Q_{pk} = m c_{pk} \Delta\theta \quad (4)$$

δ) Ενέργεια θέρμανσης της υγρασίας εντός του υλικού

$$Q_w = m c_{pw} \Delta\theta \quad (5)$$

ε) Θερμότητα του αέρα απόρριψης

$$Q_{out} = m c_{pv} \Delta\theta \quad (6)$$

όπου: $m = \rho v_{out} A$

ζ) Ενέργεια αναθέρμανσης του αέρα ανακυκλοφορίας

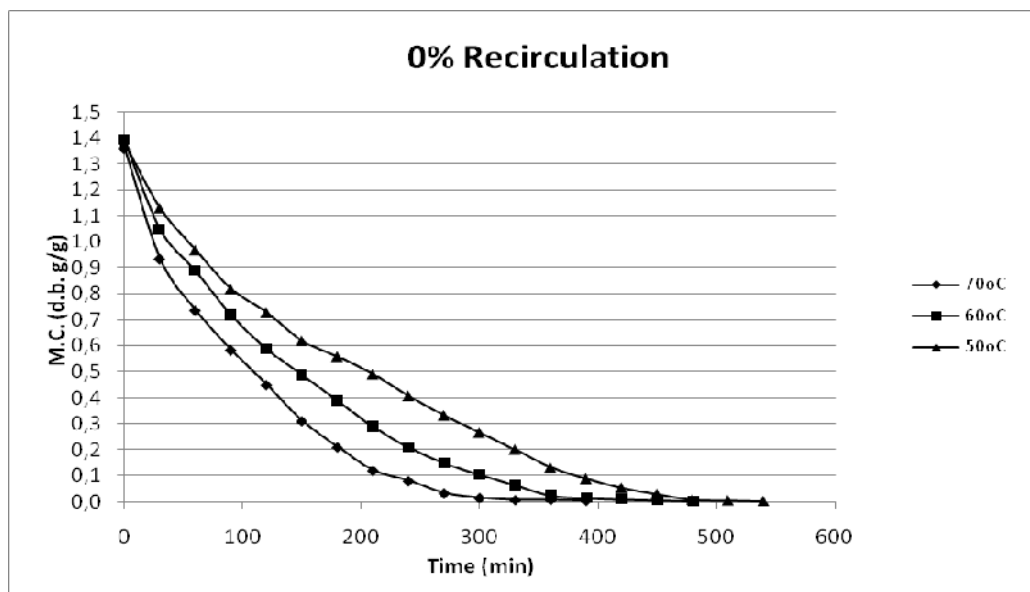
$$Q_{rec} = m c_p \Delta\theta_3 \quad (7)$$

Ο στόχος των πειραμάτων είναι η αναζήτηση των βέλτιστων συνθηκών ξήρανσης των καλάμιών με κριτήριο την μικρότερη ενεργειακή δαπάνη και ταυτόχρονα τον ταχύτερο χρόνο ολοκλήρωσης της διεργασίας. Με αυτό το τρόπο εξασφαλίζεται η βέλτιστη ενεργειακή απόδοση των καλάμιών, ως βιομάζα.

Έλαβαν χώρα εννέα πειράματα, στα οποία μεταβάλλονταν οι συνθήκες ξήρανσης. Συγκεκριμένα οι μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν η θερμοκρασία του αέρα προσαγωγής σε συνάρτηση με το ποσοστό ανακυκλοφορίας του αέρα. Οι θερμοκρασίες του αέρα ξήρανσης όπου έλαβαν χώρα τα πειράματα ήταν 50, 60 και 70°C, ενώ τα ποσοστά ανακυκλοφορίας ήταν 0%, 50% και 75%.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται οι καμπύλες ξήρανσης των καλάμιών χωρίς ανακυκλοφορία αέρα στο ξηραντήριο.

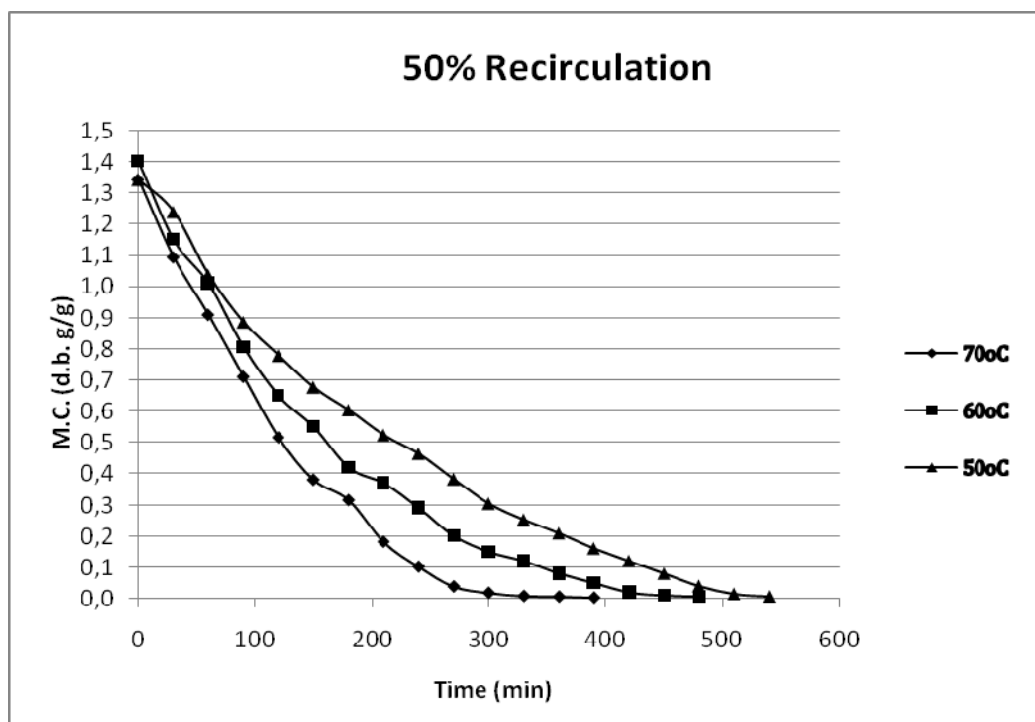


Σχήμα 2. Μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας των καλαμιών, χωρίς ανακυκλοφορία αέρα.

Η στατιστική ανάλυση (μέθοδος Karl Pearson) έδειξε ότι για όλες τις πειραματικές συνθήκες υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ των τιμών της περιεχόμενης υγρασίας M.C. για τις τρεις θερμοκρασίες του αέρα ξήρανσης των καλαμιών ($p \leq 0.05$) (Ψωινός Δ.Π., 1989).

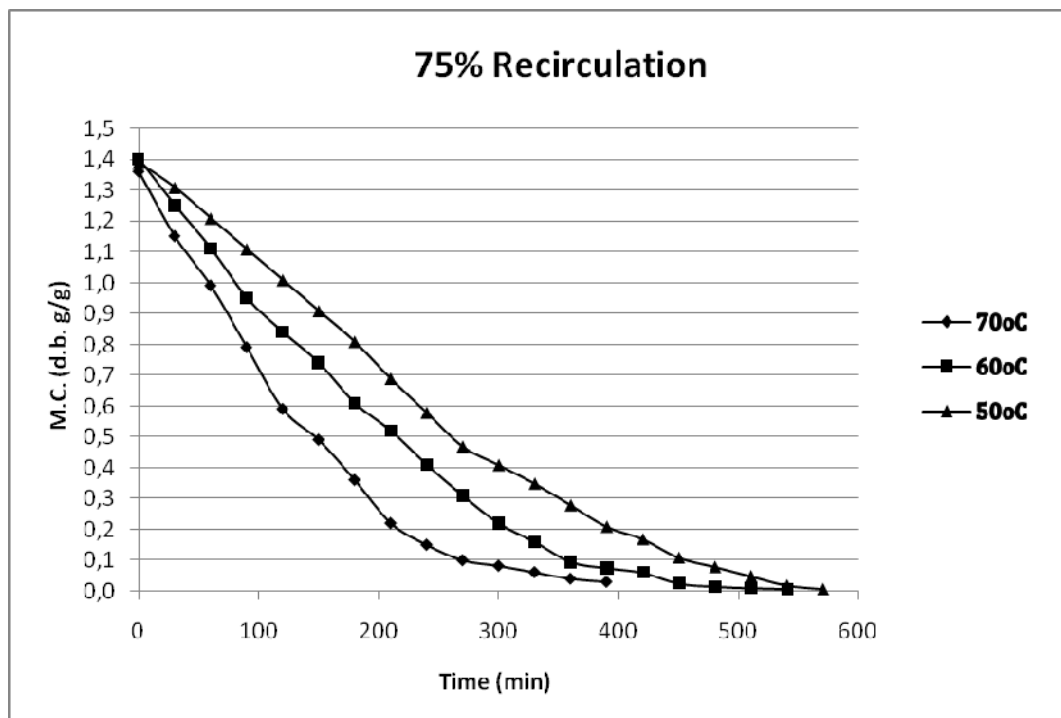
Ο μικρότερος χρόνος ξήρανσης των καλαμιών έλαβε χώρα στους 70°C, ενώ ο μεγαλύτερος στους 50°C. Ο ρυθμός μείωσης της υγρασίας δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές στις τρεις διεργασίες του σχήματος 2.

Στο σχήμα 3 παρουσιάζονται οι καμπύλες ξήρανσης των καλαμιών για ποσοστό ανακυκλοφορίας αέρα στο ξηραντήριο 50%.



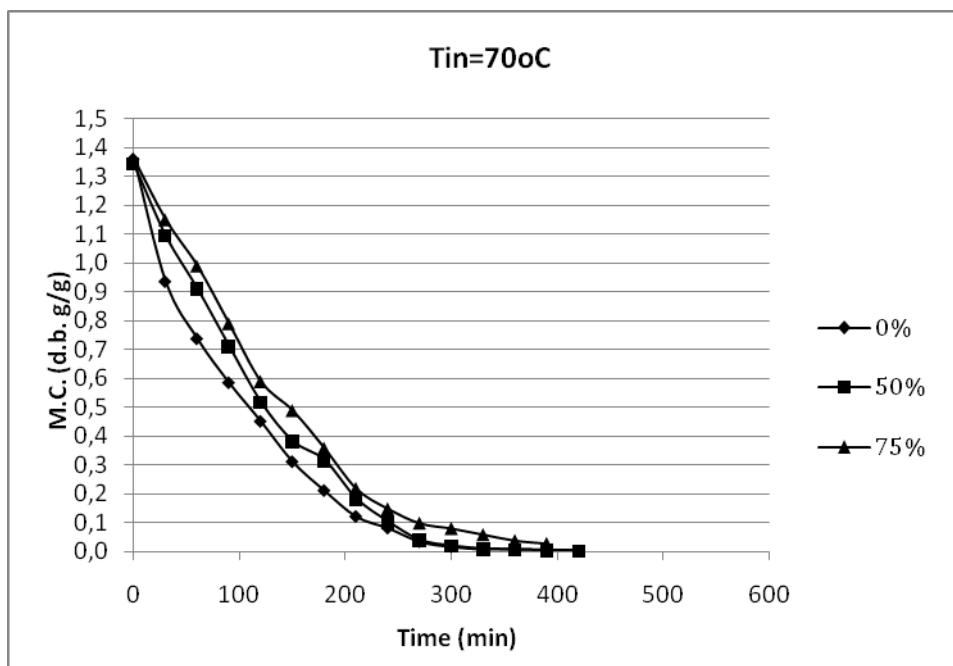
Σχήμα 3. Μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας των καλαμιών, με ποσοστό ανακυκλοφορίας αέρα 50%.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι για όλες τις πειραματικές συνθήκες υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών της περιεχόμενης υγρασίας M.C. για τις τρεις θερμοκρασίες του αέρα ξήρανσης των καλαμιών ($p \leq 0.05$). Ο μικρότερος χρόνος ξήρανσης των καλαμιών έλαβε χώρα στους 70°C, ενώ ο μεγαλύτερος στους 50°C. Ο ρυθμός μείωσης της υγρασίας στους 50°C χαρακτηρίζεται από την έλλειψη του σταδίου ξήρανσης με σταθερή ταχύτητα.

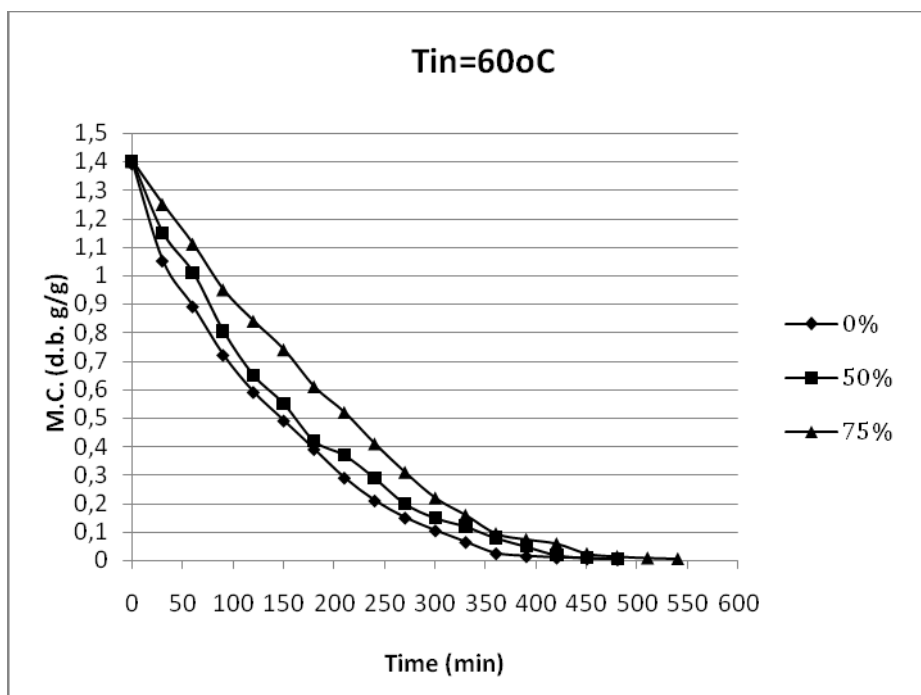


Σχήμα 4. Μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας των καλαμιών, με ποσοστό ανακυκλοφορίας αέρα 75%.

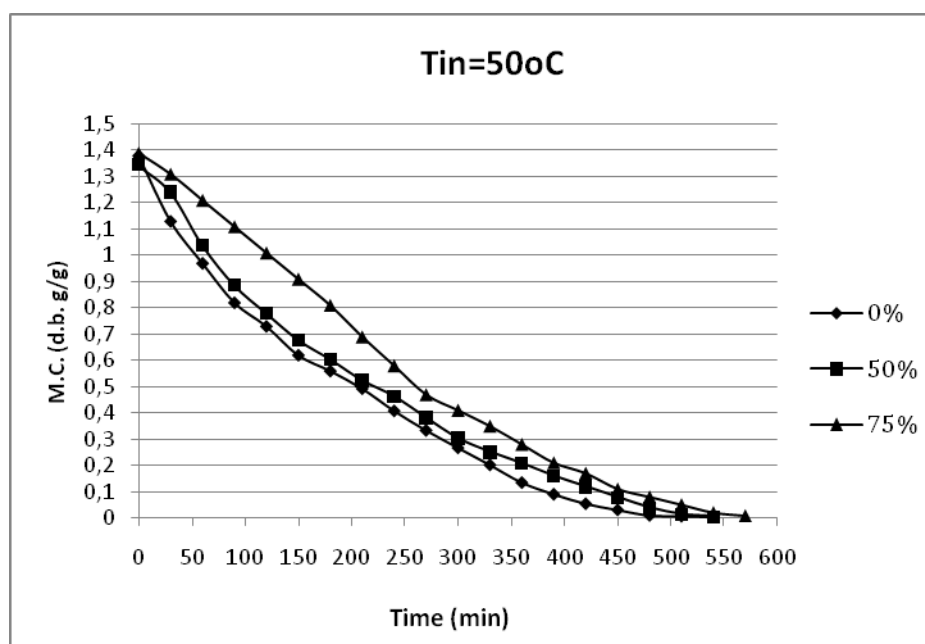
Στο σχήμα 4 παρουσιάζονται οι καμπύλες ξήρανσης των καλαμιών για ποσοστό επανακυκλοφορίας αέρα στο ξηραντήριο 75%. Η στατιστική ανάλυση έδειξε και σε αυτή τη σειρά πειραμάτων, ότι η θερμοκρασία ξήρανσης είναι στατιστικά σημαντική ($p \leq 0.05$) για την μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας. Ο μικρότερος χρόνος ξήρανσης των καλαμιών έλαβε χώρα στους 70°C, ενώ ο μεγαλύτερος στους 50°C. Ο ρυθμός μείωσης της υγρασίας στους 50°C χαρακτηρίζεται και εδώ από την έλλειψη του σταδίου ξήρανσης με σταθερή ταχύτητα.



Σχήμα 5. Μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας των καλαμιών, για θερμοκρασία ξήρανσης 70° C



Σχήμα 6. Μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας των καλαμιών, για θερμοκρασία ξήρανσης 60° C



Σχήμα 7. Μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας των καλαμιών, για θερμοκρασία ξήρανσης 50° C

Στο σχήματα 5,6,7 παρουσιάζονται οι καμπύλες ξήρανσης για θερμοκρασία ξήρανσης 70, 60, 50°C αντίστοιχα, και διάφορα ποσοστά ανακυκλοφορίας.

Ο μικρότερος χρόνος ξήρανσης επιτυγχάνεται για θερμοκρασία ξήρανσης 70° C, και χωρίς ανακυκλοφορία του αέρα ξήρανσης. Η στατιστική ανάλυση και σε αυτές τις σειρές πειραμάτων έδειξε ότι η θερμοκρασία ξήρανσης είναι στατιστικά σημαντική ($p \leq 0.05$) για την μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας.

Στον πιν. 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ενεργειακών υπολογισμών όπως προέκυψαν από τις εξισώσεις (1) – (7). Τα ενεργειακά μεγέθη που αναφέρονται στον πίνακα 1, έχουν αναχθεί στην μονάδα του χρόνου και σε g ξηράς ουσίας των καλαμιών.

Πίνακας 1. Ενεργειακά μεγέθη πειραμάτων

EXP	Qin (kJ/g.h)	Qex (kJ/g.h)	Qpk (kJ/g.h)	Qw (kJ/g.h)	Qvap (kJ/g.h)	Qout (kJ/g.h)	Qrec (kJ/g.h)	Tin (°C)	Rec	tdr (h)	Qol (kJ/g.h)
EX 1	12.840	0.553	0.029	0.084	0.938	10.945	0	7 0	0%	5.5	12.549
EX 2	10.751	0.449	0.020	0.041	0.557	9.573	0	6 0	0%	7.5	10.641
EX 3	8.790	0.396	0.012	0.034	0.568	7.976	0	5 0	0%	8.5	8.987
EX 4	3.520	0.518	0.021	0.070	0.824	2.708	0.634	7 0	50%	6.5	4.142
EX 5	2.750	0.421	0.013	0.050	0.666	1.998	0.428	6 0	50%	8	3.148
EX 6	2.346	0.128	0.010	0.034	0.590	1.922	0.354	5 0	50%	9	2.685
EX 7	1.539	0.435	0.018	0.068	0.792	1.003	0.805	7 0	75%	7	2.316
EX 8	1.123	0.374	0.013	0.042	0.595	0.601	0.512	6 0	75%	9	1.626
EX 9	1.064	0.119	0.010	0.032	0.569	0.484	0.385	5 0	75%	9.5	1.215

Από τον πίνακα 1 προκύπτει ότι η προετοιμασία των καλαμιών για χρήση τους ως βιομάζα προκύπτει από την διεργασία της ξήρανσης τους σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας ξήρανσης και υψηλής ανακυκλοφορίας παρότι ο χρόνος ολοκλήρωσης

της διεργασίας είναι ο μεγαλύτερος. Επίσης από τον πίνακα 1 προκύπτει ότι η μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη προκύπτει από την θερμότητα του αέρα απόρριψης στην έξοδο του ξηραντήριου, για τις διεργασίες ξήρανσης χωρίς ανακυκλοφορία αέρα.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ιδανικότερες συνθήκες ξήρανσης των καλαμιών *Arundo donax* L και *Arundo plimos* ώστε αυτά να χρησιμοποιηθούν ως βιομάζα, προκύπτουν με στόχο την ταχύτερη προετοιμασία τους και συγχρόνως την χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Πειραματικές διεργασίες ξήρανσης καλαμιών, στα οποία μεταβάλλονταν οι συνθήκες ξήρανσης, μας οδήγησαν να αναδείξουμε την ιδανικότερη διεργασία ξήρανσης των καλαμιών. Συγκεκριμένα οι μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν η θερμοκρασία του αέρα προσαγωγής σε συνάρτηση με το ποσοστό ανακυκλοφορίας του αέρα. Οι θερμοκρασίες του αέρα ξήρανσης όπου έλαβαν χώρα τα πειράματα ήταν 50, 60 και 70°C, ενώ τα ποσοστά ανακυκλοφορίας ήταν 0%, 50% και 75%. Από την ανάλυση των παραπάνω πειραμάτων, πρόεκυψε ότι η ξήρανση των καλαμιών στους 80°C και χωρίς ανακυκλοφορία αέρα επέφερε μικρότερο χρόνο ξήρανσης αλλά και πολύ μεγάλη ενεργειακή δαπάνη. Αντίθετα ξήρανση των καλαμιών στους 50°C και με ποσοστό 75% ανακυκλοφορίας αέρα, επέφερε ξήρανση σχετικά αργότερη, αλλά με σημαντικά μικρότερη ενεργειακή δαπάνη.

Από τα παραπάνω προκύπτει, ότι η προετοιμασία των καλαμιών για χρήση τους ως βιομάζα προκύπτει από την διεργασία της ξήρανσης τους σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας ξήρανσης και υψηλής ανακυκλοφορίας παρότι ο χρόνος ολοκλήρωσης της διεργασίας είναι ο μεγαλύτερος.

ANOTATION

A	: Area, cross section of pipe lines,	m ²
c	: Heat capacity,	J/kgK
K	: Heat transmission coefficient,	W/m ² K
m	: Mass,	kg
v	: Air velocity,	m/s
Pr	: Pradl factor	
Q	: Quantity of Heat,	J.
R	: Molar gas content,	J/(mol K)
Re	: Reynolds number	
V	: Volume	m ³

Greek

δ	: length,	m
ε	: Emissivity,	
λ	: thermal conductivity,	W/mK
ρ	: Density,	kg/m ³

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, E.V., 1978. *Gasohol energy mountain or molehill*. Chemical and Engineering. 31: pp. 8-15.
- Bowersox, T.W., Blankenhorn P.R. and Murphey, W.K., 1979. *Heat of combustion. Ash content, nutrient content, and chemical content of populous hybrids*. Wood Science 11(4): 257-262 (1979).
- Carruthers, S.P., 1987. *Short-Rotation Forest Biomass Plantations in the E.C.* Vol. 1 Chapter 1. Policy and Economic Aspects Censure of Agr. Strategy Univ. of Reading, 1 Early Gate, Reading R.R.6 2AT, U.K.

- Dimitriadis, N.A. Dintsios, T.K., 1994. *Drying of Reeds*. Diploma theses. Dept Mechanical Eng. Aristotle University of Thessaloniki.
- Filippou, L.I., 1982. *Heating value of several Greek species of forest biomass*. 1st Greek Conference proceedings, Recoverable Energy Forms, Vol. B, pp., BIO23-BIO30, Thessaloniki, 1982.
- Koukios, E.G., 1978. *The contribution of photosynthesis in the energy planning of small rural communities*. Proc. 1st International Conference on Energy and Community Development, Organized by Energy Council of Greece, Athens.
- Ψωινός, Δ.Π., 1989. *Εφαρμοσμένη Στατιστική*. Εκδόσεις Ζήτη, Κεφ. 5, Σελ. 263-300.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΡΙΩΝ ΣΤΕΛΕΧΩΝ MANITARIOY *AGARICUS BISPORUS*

Α. Κέφη¹, Γ. Ξανθόπουλος¹, Ε. Μανωλοπούλου² και Γρ. Λαμπρινός¹

¹Εργ. Γεωργικής Μηχανολογίας, Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Γεωπονικό
Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, Τ.Κ. 11855, Αθήνα,
Τηλ.: 210 529 4031 & 4035, Φαξ: 210 529 4032

²Τμήμα Φ.Π., Σχολή Τ.Ε.Γ., Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας, Αντικάλamos–Καλαμάτα, Τ.Κ. 24100
E-mail: ¹refrigenergy@aau.gr, ²e.manolopoulou@teikal.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κύριος παράγοντας που χαρακτηρίζει την ποιοτική υποβάθμιση του λευκού καλλιεργούμενου μανιταριού είναι ο μεταχρωματισμός του, για αυτό και το χρώμα θεωρείται ο κυριότερος οπτικός δείκτης ποιότητας για τον καταναλωτή. Σκοπός της εργασίας αυτής, ήταν η μελέτη της εξέλιξης των χρωματικών χαρακτηριστικών (εξωτερικών και σάρκας) με το χρόνο και τη θερμοκρασία συντήρησης τριών στελεχών (F40, 737 και X28) του *Agaricus bisporus*. Η μελέτη των χρωματικών παραγόντων έδειξε ότι η μεταβολή της λαμπρότητας L^* και της ολικής μεταβολής του χρώματος ΔE^* επηρεάζεται σημαντικά τόσο από τη θερμοκρασία όσο και το χρόνο συντήρησης και στα τρία στελέχη. Οι σχέσεις που περιγράφουν την εξέλιξη των L^* , ΔE^* και a^*/b^* με το χρόνο και τη θερμοκρασία συντήρησης είναι γραμμικές με υψηλούς συντελεστές προσδιορισμού. Το στέλεχος F40, αποδείχθηκε ότι είναι το πλέον ανθεκτικό, παραμένοντας βάσει της λαμπρότητάς του (L^*) αποδεκτό στον καταναλωτή (όριο αποδοχής, $L^* \geq 80$) μετά από 11 ημέρες συντήρησης στους 10 °C και 27 ημέρες στους 0 °C.

Λέξεις κλειδιά: *Agaricus bisporus*, χρωματικοί παράγοντες, συνθήκες συντήρησης.

EFFECT OF STORAGE TEMPERATURE AND TIME ON COLOUR VARIATION OF THREE *AGARICUS BISPORUS* STEMS

E. Kefi¹, G. Xanthopoulos¹, E. Manolopoulou², and Gr. Lambrinos¹

¹Dep. of Natural Resources Development & Agricultural Engineering, Agricultural
University of Athens, 75 Iera Odos Str., 118 55, Athens–Greece,
Tel.: +3 210 5294029 & 4031, Fax: +3 210 5294032

²Dept. of Crop Science, T.E.I. of Kalamata, 24 100, Antikalamos, Kalamata
E-mail: ¹refrigenergy@aau.gr, ²e.manolopoulou@teikal.gr

ABSTRACT

Discoloration is considered as the main factor associated with quality degradation of the white cultivated mushroom and has been accepted by the consumers as the main visual quality criterion of produce's state.

During this project was studied the dependency of the chromatic characteristics of surface and flesh by the storage time and temperature of three *Agaricus bisporus* stems (F40, 737 and X28). The analysis showed that the lightness L^* and the total colour variations are influenced significantly ($p \leq 0.05$) by the storage temperature and time in all three stems. The derived correlations between L^* , ΔE^* and a^*/b^* with storage time and temperature gave high R^2_{adj} . The F40 stem was the most tolerant in terms of lightness (L^*) retention. The lightness ranged above the accepted value of 80 during 11 days of storage at 10 °C and 27 days at 0 °C.

Keywords: *Agaricus bisporus*, chromatic factors, storage conditions.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το εδώδιμο μανιτάρι αποτελεί ένα ενδιαφέρον φυτικό προϊόν, η επιμήκυνση δε του χρόνου συντήρησής του έχει μεγάλη οικονομική σημασία. Οι παράγοντες που συντελούν στην υποβάθμιση της ποιότητάς του μετά τη συγκομιδή του είναι ο μεταχρωματισμός που υφίσταται, η αφυδάτωσή του και οι αλλαγές στην υφή του (Burton and Noble, 1993).

Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του θαλάμου συντήρησης είναι οι κύριοι παράγοντες που ευθύνονται για τη διατήρηση της ποιότητας των ολόκληρων μανιταριών (Beit-Halachmy & Mannheim, 1992). Αποθήκευση των μανιταριών στους 4 °C από τη συγκομιδή μέχρι την κατανάλωσή τους, τα βοηθάει να διατηρήσουν την ποιότητά τους (Gormley, 1975) ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο ανάπτυξης μικροοργανισμών καθώς και την ενζυμική δραστηριότητα.

Υπάρχουν διάφοροι δείκτες που προσδιορίζουν την ποιότητα των μανιταριών, όπως η λευκότητα ή λαμπρότητά του, το άνοιγμα του πύλου, η υφή (σκληρότητα), ο ρυθμός αναπνοής, η απώλεια βάρους (αφυδάτωση) κ.α., όμως οι βασικοί παράγοντες οι οποίοι συντελούν στην υποβάθμιση της ποιότητας μετά τη συγκομιδή τους, είναι η ανάπτυξη, η απώλεια βάρους και οι συνθήκες συντήρησης. Τυπικές τιμές του L^* για τους πύλους των λευκών στελεχών των μανιταριών είναι 92–95 όταν η μέτρηση γίνεται εντός 24 ωρών από την συγκομιδή (Brennan et al., 1998). Το χρώμα είναι ο πιο προφανής δείκτης ποιότητας για τους καταναλωτές, αυτό σχετίζεται με την ηλικία του μανιταριού, τους μωλωπισμούς που υφίσταται κατά τη συγκομιδή του και την πιθανότητα μικροβιακής ανάπτυξης, το χρώμα δε από μόνο του, μπορεί να αποτελέσει δείκτης που προσδιορισμού της διάρκειας ζωής του μανιταριού (Brennan et al, 1998).

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της μεταβολής των χρωματικών παραγόντων με το χρόνο, τριών στελεχών (F40, 737, X28) λευκού εδώδιμου καλλιεργούμενου μανιταριού *Agaricus bisporus*, ψυχορυστηρούμενου σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες. Η σύγκριση των μεταβολών των χρωματικών παραγόντων μεταξύ των στελεχών εντοπίστηκε τόσο στην εξωτερική επιφάνεια του, όσο και στη σάρκα. Η μελέτη έγινε σε ολόκληρα ασυσκεύαστα μανιτάρια.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά στελέχη (F40, 737, X28) του λευκού εδώδιμου καλλιεργούμενου μανιταριού *Agaricus bisporus* της οικογένειας Agaricaceae. Σε κάθε στέλεχος μελετήθηκαν δύο πειραματικές σειρές. Τα μανιτάρια προέρχονταν από την παραγωγική μονάδα «Φάρμα Ευβοίας» στη Χαλκίδα. Αμέσως μετά τη συλλογή τους μεταφέρονταν οδικώς και υπό ψύξη στον εργαστηριακό χώρο μετασυλλεκτικών χειρισμών και ψυχορυστήρησης του τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, τοποθετημένα σε πλαστικά κεσεδάκια των 500 g και σε χαρτοκιβώτια των 4 kg. Η έναρξη του πειράματος γινόταν το μεσημέρι της ίδιας μέρας (συλλογή).

Η διαλογή γινόταν σε ελεγχόμενη θερμοκρασία 10 °C, μετά την παραλαβή στο εργαστήριο. Στη διαλογή της πρώτης ύλης χρησιμοποιήθηκαν μανιτάρια ομοιόμορφου μεγέθους και απομακρύνθηκαν τα μεγάλα, τα μικρά, τα δύσμορφα και τα χτυπημένα. Οι χειρισμοί και οι μετρήσεις που επελέγησαν από κάθε στέλεχος και σειρά μανιταριών για επεξεργασία ήταν οι εξής: Μέτρηση του χρώματος επιδερμίδας και σάρκας των μανιταριών σε τρεις θερμοκρασίες συντήρησης (0 °C, 5 °C και 10 °C). Για τις μετρήσεις του χρώματος χρησιμοποιούνταν δύο κεσεδάκια των δέκα μανιταριών για κάθε άνοιγμα και θερμοκρασία. Τα ανοίγματα που γίνονταν για κάθε στέλεχος και σειρά ήταν τέσσερα, σε τακτά χρονικά διαστήματα. Τα μανιτάρια στα οποία πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις ήταν επιμελώς αριθμημένα.

Οι μετρήσεις του χρώματος γίνονται σε κάθε άνοιγμα με φορητό χρωματόμετρο MINOLTA μοντέλο CR 300 χρησιμοποιώντας το διεθνές χρωματομετρικό σύστημα $L^* a^* b^*$ το οποίο περιλαμβάνει το L^* , παράγοντας φωτεινότητας ή λαμπρότητας (ενδεικτικό άσπρου-μαύρου με περιοχή μέτρησης 0-100, το a^* , παράγοντας που μεταβάλλεται βαθμιαία από το πράσινο στο κόκκινο (-60 για το πράσινο έως +60 για το κόκκινο) και τέλος το b^* που εκφράζει τη μετάβαση από το μπλε προς το κίτρινο (-60 για μπλε, +60 για κίτρινο). Η ολική μεταβολή του χρώματος, ΔE , υπολογίζεται από την εξ. (1) (Maskan, 2000).

$$\Delta E = \left[(L_o - L)^2 + (a_o - a)^2 + (b_o - b)^2 \right]^{0.5} \quad (1)$$

Οι παράγοντες που μελετήθηκαν στην εξωτερική επιφάνεια των μανιταριών ήταν οι L^* , a^*/b^* , ΔE , και $\Delta L^*/\Delta t$, ενώ στην σάρκα των μανιταριών εξετάστηκαν οι παράγοντες L^* , a^*/b^* και ΔE .

Το πολυπαραγοντικό στατιστικό μοντέλο (full factorial design) περιλαμβάνει δύο παράγοντες τη θερμοκρασία αποθήκευσης και το χρόνο συντήρησης. Η στατιστική επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος Statgraphics Plus (ver. 5.1). Στα πειραματικά δεδομένα εφαρμόστηκε ανάλυση διασποράς (ANOVA) για την εύρεση σημαντικών επιδράσεων των δύο παραγόντων (θερμοκρασίας και χρόνου συντήρησης) στην εξέλιξη των διαφόρων χρωματικών παραγόντων που εξετάστηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Για την ταυτοποίηση σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων τιμών κάθε παράγοντα αλλά και της αλληλεπίδρασή τους εφαρμόστηκε το τεστ του Fisher των Ελαχίστων Σημαντικών Διαφορών (LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

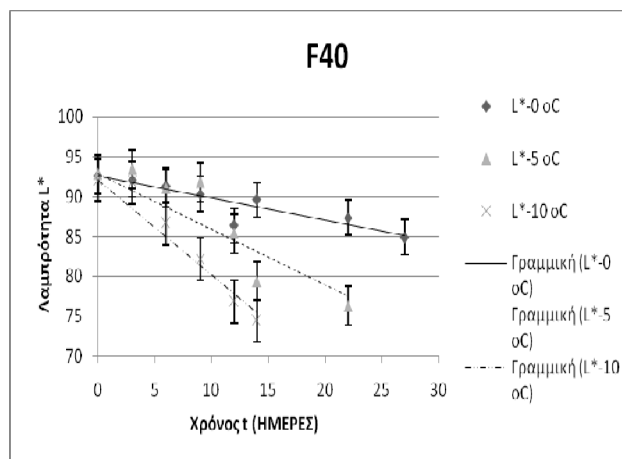
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

3.1. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Η μεταβολή της λαμπρότητας L^* της επιφάνειας με το χρόνο για τα τρία στελέχη και τις δύο πειραματικές σειρές είναι γραμμική (Σχήμα 1) της μορφής $L^* = L_o^* - a \cdot t$ με συντελεστή προσδιορισμού $0.943 > R^2 > 0.694$. Η στατιστική επεξεργασία των τριών στελεχών έδειξε ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο πειραματικών σειρών κάθε στελέχους, οπότε εξάγοντας τη μέση τιμή των L^* από τις δύο σειρές και εφαρμόζοντας γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ των L^* και t υπολογίστηκαν η κλίση a και ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 της σχέσης $L^* = f(t)$ για κάθε στέλεχος και θερμοκρασία συντήρησης (Πίνακας 1).

Από τα πειραματικά δεδομένα συμπεραίνουμε ότι τα μανιτάρια του στελέχους F40 βάσει της λαμπρότητάς τους παραμένουν αποδεκτά στον μέσο καταναλωτή με τιμή $L^* \geq 80$ (Gormley, 1975) στους 10 °C για 11 ημέρες, στους 5 °C για 14 ημέρες και στους 0 °C για 27 ημέρες. Οι αντίστοιχοι χρόνοι για μεν το στέλεχος 737 είναι 7, 13 και 20 ημέρες, για δε το στέλεχος X28 είναι 9, 17 και 22 ημέρες.

Η ανάλυση της διασποράς (ANOVA) έδειξε ότι η μεταβολή της λαμπρότητας επηρεάζεται σημαντικά τόσο από το χρόνο όσο και από τη θερμοκρασία συντήρησης. Η πολλαπλή παλινδρόμηση οδήγησε στη σχέση $L^* = L_o^* - a \cdot t - b \cdot \theta$. Ο Πίνακας 2 δίνει τους συντελεστές a , b και R^2 της παραπάνω σχέσης για κάθε στέλεχος.

Σχήμα 1. Μεταβολή της λαμπρότητας L^* με το χρόνο συντήρησης του στελέχους F40.Πίνακας 1. Τιμές των συντελεστών της σχέσης $L^* = L^*_o - a \cdot t$ για τα μελετηθέντα στελέχη και τις τρεις θερμοκρασίες συντήρησης.

ΣΤΕΛΕΧΟΣ	F40			737			X28		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	L^*_o	a	R^2	L^*_o	a	R^2	L^*_o	a	R^2
0 °C	92.551	0.276	0.815	92.731	0.406	0.694	92.895	0.3619	0.877
5 °C	92.839	0.695	0.805	92.629	0.896	0.878	92.105	0.670	0.907
10 °C	92.106	1.189	0.943	92.583	1.416	0.941	92.501	1.3917	0.845

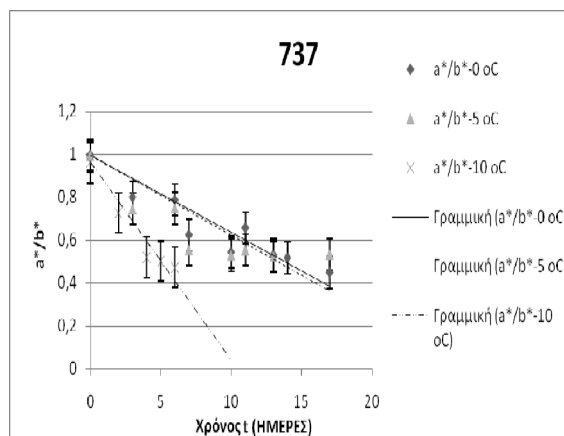
Πίνακας 2. Τιμές των συντελεστών της σχέσης $L^* = L^*_o - a \cdot t - b \cdot \theta$ για τα τρία μελετηθέντα στελέχη μανιταριού.

ΣΤΕΛΕΧΗ <i>Agaricus bisporus</i>	L^*_o	a	b	R^2
F40	92.499	0.527	0.823	0.769
737	92.611	0.767	0.652	0.826
X28	92.572	0.549	0.741	0.851

Από τον Πίνακα 2 συμπεραίνουμε πως το στέλεχος F40 είναι το πλέον ευαίσθητο σε μεταβολή της θερμοκρασίας συντήρησης, αφού η τιμή του συντελεστή b είναι η μεγαλύτερη συγκρινόμενη με τα άλλα στελέχη.

Η μεταβολή του κριτηρίου a^*/b^* , δίνει μία ποιοτική εκτίμηση της προόδου του καφετιάσματος της επιφανείας με το χρόνο (Σχήμα 2). Βάσει της στατιστικής ανάλυσης επιλέχθηκε το γραμμικό μοντέλο της μορφής $a^*/b^* = a_o^*/b_o^* - c \cdot t$ για την περιγραφή της μεταβολής του a^*/b^* με το χρόνο συντήρησης με συντελεστή προσδιορισμού R^2 μεταξύ 0.552 και 0.923. Βρέθηκε ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των σειρών των στελεχών F40 και 737 ως προς το κριτήριο a^*/b^* . Αντιθέτως οι δύο πειραματικές σειρές του στελέχους X28 παρουσιάζουν σημαντική διαφορά. Τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης με το παραπάνω μοντέλο για τα τρία στελέχη και τις τρεις θερμοκρασίες συντήρησης εμφανίζονται στον Πίνακα 3.

Από την ανάλυση προέκυψε ότι η θερμοκρασία δεν αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην μεταβολή του παράγοντα a^*/b^* των στελεχών 737 και X28. Έτσι μόνο για το στέλεχος F40 αναπτύχθηκε σχέση μεταβολής του a^*/b^* με το χρόνο και τη θερμοκρασία συντήρησης της μορφής $a^*/b^* = 0.701 - 0.024 \cdot t - 0.0075 \cdot \theta$ ($R^2 = 0.959$).



Σχήμα 2. Μεταβολή του a^*/b^* με το χρόνο συντήρησης του στελέχους 737.

Πίνακας 3. Τιμές των συντελεστών της σχέσης $a^*/b^* = a_o^*/b_o^* - c \cdot t$ για τα μελετηθέντα στελέχη και τις τρεις θερμοκρασίες συντήρησης.

ΣΤΕΛΕΧΟΣ	F40			737			X28 (Α ΣΕΙΡΑ)			X28 (Β ΣΕΙΡΑ)		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	a_o^*/b_o^*	c	R ²	a_o^*/b_o^*	c	R ²	a_o^*/b_o^*	c	R ²	a_o^*/b_o^*	c	R ²
0 °C	0.726	0.022	0.781	0.995	0.036	0.840	1.028	0.036	0.923	0.668	0.017	0.912
5 °C	0.723	0.031	0.879	0.992	0.037	0.551	0.791	0.023	0.804	0.668	0.019	0.862
10 °C	0.654	0.022	0.943	0.96	0.092	0.930	1.466	0.116	0.571	0.668	0.035	0.936

Η ολική μεταβολή του χρώματος ΔE της επιφάνειας προσεγγίστηκε από τη γραμμική σχέση $\Delta E = d \cdot t$ με συντελεστή προσδιορισμού ($R^2 \geq 0.778$). Εφόσον δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των σειρών ο μέσος όρος από τις δύο σειρές χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση του συντελεστή d της προηγούμενης γραμμικής σχέσης. Τα αποτελέσματα από την προηγούμενη γραμμική παλινδρόμηση παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Η ανάλυση της διασποράς κάθε στελέχους ως προς το χρωματικό παράγοντα ΔE έδειξε ότι τόσο ο χρόνος, όσο και η θερμοκρασία συντήρησης επηρεάζουν σημαντικά τον παράγοντα αυτόν. Εφόσον και οι δύο αυτοί παράγοντες ήταν σημαντικοί ως προς το ΔE εφαρμόστηκε πολλαπλή παλινδρόμηση η οποία τους συμπεριέλαβε, $\Delta E = d \cdot t + e \cdot \theta$ (Πίνακας 5).

Πίνακας 4. Τιμές των συντελεστών της σχέσης $\Delta E = d \cdot t$ για τα μελετηθέντα στελέχη και τις θερμοκρασίες συντήρησης.

ΣΤΕΛΕΧΟΣ	F40		737		X28	
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	d	R ²	d	R ²	d	R ²
0 °C	0.466	0.904	0.486	0.778	0.560	0.858
5 °C	0.998	0.878	0.986	0.891	0.886	0.934
10 °C	1.556	0.944	1.724	0.952	1.715	0.875

Από τα στοιχεία του Πίνακα 5 διαπιστώνεται ότι το στέλεχος F40 εμφανίζει μεγαλύτερη ευαισθησία στις θερμοκρασιακές μεταβολές, ενώ αντίθετα το στέλεχος 737 είναι πιο ευαίσθητο όσον αφορά τη διάρκεια της συντήρησης.

Πίνακας 5. Τιμές των συντελεστών της σχέσης $\Delta E = dt + e\theta$ για τα τρία μελετηθέντα στελέχη μανιταριού.

ΣΤΕΛΕΧΗ <i>Agaricus bisporus</i>	d	e	R ²
F40	0.775	0.933	0.803
737	0.870	0.732	0.830
X28	0.711	0.772	0.933

Η στατιστική επεξεργασία του ρυθμού μεταβολής της λαμπρότητας $\Delta L^*/\Delta t$ των τριών στελεχών έδειξε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών. Ο ρυθμός μεταβολής της λαμπρότητας υπολογίστηκε ότι μεταβάλλεται εκθετικά συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης σύμφωνα με τη σχέση $\Delta L^*/\Delta t = f \exp(g\theta)$. Οι συντελεστές f και g της εκθετικής αυτής σχέσης καθώς και ο συντελεστής προσδιορισμού R² για κάθε στέλεχος παρατίθενται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Τιμές των συντελεστών της σχέσης $\Delta L^*/\Delta t = f \exp(g\theta)$ για τα τρία μελετηθέντα στελέχη

ΣΤΕΛΕΧΗ <i>Agaricus bisporus</i>	f	g	R ²
F40	0.299	0.143	0.971
737	0.4253	0.127	0.976
X28	0.3426	0.142	0.999

3.2. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΣΑΡΚΑΣ

Η στατιστική ανάλυση της μεταβολής των χρωματικών παραγόντων L^* , a^*/b^* και ΔE δεν έδωσε σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο πειραματικών σειρών και στα τρία στελέχη. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές αυτών για την ανάπτυξη γραμμικών σχέσεων αντίστοιχων με αυτές που αναπτύχθηκαν στη μελέτη του χρώματος της επιφανείας. Μόνο ο χρόνος συντήρησης είχε σημαντική επίδραση στις μεταβολές των χρωματικών παραγόντων. Οι Πίνακες 7, 8 και 9 δίνουν τους συντελεστές των γραμμικών σχέσεων που αναπτύχθηκαν για τα τρία στελέχη και τις τρεις μελετηθείσες θερμοκρασίες συντήρησης.

Πίνακας 7. Τιμές των συντελεστών της σχέσης $L^* = L^*_o - a \cdot t$ για τα μελετηθέντα στελέχη και τις τρεις θερμοκρασίες συντήρησης.

ΣΤΕΛΕΧΟΣ	F40			737			X28		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	L [*] _o	a	R ²	L [*] _o	a	R ²	L [*] _o	a	R ²
0 °C	93.233	0.206	0.651	92.289	0.910	0.696	93.200	0.691	0.716
5 °C	93.233	0.621	0.827	92.289	1.340	0.835	93.200	0.830	0.707
10 °C	93.233	1.597	0.953	92.289	1.241	0.608	93.200	1.239	0.855

Πίνακας 8. Τιμές των a^*/b^*_o , c της σχέσης $a^*/b^* = a^*/b^*_o - c \cdot t$ για τα μελετηθέντα στελέχη και τις τρεις θερμοκρασίες συντήρησης.

ΣΤΕΛΕΧΟΣ	F40			737			X28		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	a^*/b^*_o	c	R ²	a^*/b^*_o	c	R ²	a^*/b^*_o	c	R ²
0 °C	1.273	0.037	0.653	1.371	0.059	0.758	1.385	0.051	0.886
5 °C	1.134	0.048	0.567	1.371	0.071	0.543	1.385	0.061	0.564
10 °C	1.255	1.071	0.616	1.371	0.141	0.933	1.385	0.107	0.644

Πίνακας 9. Τιμές των συντελεστών της σχέσης $\Delta E = d \cdot t$ για τα μελετηθέντα στελέχη και τις τρεις θερμοκρασίες συντήρησης.

ΣΤΕΛΕΧΟΣ	F40		737		X28	
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	d	R ²	d	R ²	d	R ²
0 °C	0.457	0.662	1.075	0.717	0.895	0.751
5 °C	1.139	0.857	1.620	0.801	1.077	0.563
10 °C	1.937	0.979	1.531	0.770	1.700	0.783

Αυτό που μπορεί να παρατηρηθεί από τους Πίνακες 7–9 είναι ότι το χρώμα της σάρκας του στελέχους F40 στις χαμηλές θερμοκρασίες (0 °C) παρουσιάζει τις μικρότερες μεταβολές με το χρόνο συντήρησης.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μεταβολή των χρωματικών παραγόντων L^* , a^*/b^* και ΔE προσεγγίζεται μαθηματικά με ικανοποιητικούς συντελεστές προσδιορισμού από γραμμικές σχέσεις. Η λαμπρότητα και η ολική μεταβολή του χρώματος των τριών στελεχών επηρεάζεται τόσο από το χρόνο όσο και από τη θερμοκρασία συντήρησης. Έτσι αναπτύχθηκαν για κάθε στέλεχος γενικευμένες γραμμικές σχέσεις της μορφής $\{L^*, a^*/b^*, \Delta E\} = f\{t, \theta\}$. Ο ρυθμός μεταβολής της λαμπρότητας $\Delta L^*/\Delta t$ εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία συντήρησης και η γενικευμένη σχέση μεταβολής του προσεγγίζεται (για κάθε στέλεχος) με μία εκθετική σχέση.

Σε ότι αφορά το χρώμα της σάρκας των τριών στελεχών *Agaricus bisporus* αυτό που μπορεί να λεχθεί είναι ότι το στέλεχος F40 σε χαμηλές θερμοκρασίες (0 °C) παρουσιάζει την καλύτερη χρωματική συμπεριφορά όσον αφορά μικρές μεταβολές χρώματος με τον χρόνο συντήρησης.

Από τα τρία στελέχη (F40, 737 και X28) που μελετήθηκαν, καλύτερο στέλεχος για συντήρηση αποδείχθηκε το F40, στο οποίο το χρώμα της εξωτερικής του επιφάνειας παρέμεινε αποδεκτό για 11 ημέρες στους 10 °C, 14 ημέρες στους 5 °C και 27 ημέρες στους 0 °C. Στον αντίποδα, το στέλεχος 737 αποδείχθηκε το χειρότερο κατά την ψυχοσυντήρηση όσον αφορά τις χρωματικές μεταβολές των υπό εξέταση χρωματικών παραμέτρων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Beit-Halachmy, I. & Mannheim, C.H., 1992. *Is modified atmosphere packing beneficial for fresh mushrooms*. Lebensmittel-Wissenschaft und Technology, 25, 426-432.
- Brennan, H. Martine, Gormley, T. Ronan, 1998. *Extending the shelf life of fresh sliced mushrooms*. Research Report 2. Dunsinea, Castleknock, Dublin: The National Food Centre.
- Burton, K.S. & Noble, R., 1993. *The influence of flush numbers, bruising and storage temperature on mushroom quality*. Postharvest Biology and Technology, 3, 39-47.
- Gormley, T.R., 1975. *Chill storage of mushrooms*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 26, 401-411.
- Κέφη, Α., 2008. *Επίδραση της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης στη μεταβολή του χρώματος τριών στελεχών μανιταριού Agaricus bisporus*, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Γ.Π.Α.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΔΙΟΥ ΩΡΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ ΜΗΛΟΥ» *Delicious Pilafa*

Ε. Μανωλοπούλου¹, Γρ. Λαμπρινός², Γ. Ξανθόπουλος²,
Ε. Χατζής² και Ε. Αραβαντινός-Καρλάτος²

¹Τμήμα Φ.Π, Σχολή ΤΕ.Γ, Τ.Ε.Ι Καλαμάτας, Αντικάλamos-Καλαμάτα, Τ.Κ. 24100

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ. Ιερά Οδός 75,

Τ.Κ. 11855, Αθήνα, Τηλ. 210 529 4031 Fax 210 529 4032

E-mail: ¹e.manolopoulou@teikal.gr, ²refrigenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

«Ελάχιστα επεξεργασμένα» μήλα *Delicious Pilafa* παρήχθησαν από πρώτη ύλη που είχε συντηρηθεί για 0, 30, 60 και 120 ημέρες στους 0 °C. Τα κομμένα μήλα συντηρήθηκαν στους 0, 5, 10 και 20 °C. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν: η απώλεια βάρους, η μεταβολή της υφής και του χρώματος. Από τη μελέτη προέκυψε ότι η απώλεια βάρους μεταβάλλεται γραμμικά με το χρόνο και τη θερμοκρασία συντήρησης. Η υφή του προϊόντος μειώθηκε κατά τη διάρκεια της συντήρησης, η δε μεταβολή των L^* και h^*_{ab} ήταν γραμμική συνάρτηση του χρόνου συντήρησης. Για την παραγωγή «κομμένων μήλων» με αποδεκτά ποιοτικά χαρακτηριστικά η α! ύλη δεν πρέπει να συντηρείται παραπάνω από 2–3 μήνες το δε κομμένο προϊόν θα πρέπει να συντηρείται σε θερμοκρασία κοντά στους 0 °C.

Λέξεις κλειδιά: «ελάχιστα επεξεργασμένα» μήλα, υφή, χρώμα.

EFFECT OF RIPENING STAGE AND STORAGE TEMPERATURE ON QUALITY OF MINIMALLY PROCESSED APPLES *Delicious Pilafa*

H. Manolopoulou¹, Gr. Lambrinos², G. Xanthopoulos²,
E. Chatzis² and E. Aravantinos-Karlatos²

¹Dept. of Crop Science, Faculty of Agricultural Technology, Technological Educational Institute of Kalamata, Antikalamos, 24100 Kalamata, Greece

²Agricultural University of Athens, Dept. of NRM & AE, 75 Iera Odos Str., 11855 Athens, Greece, Tel. +30 210 5294031, Fax. +30 210 5294032

E-mail: ¹e.manolopoulou@teikal.gr, ²refrigenergy@aua.gr

ABSTRACT

Minimally processed apples (var. *Delicious Pilafa*) were stored at 0, 5, 10 and 20 °C. The raw material was first grade and had previously stored for 0, 30, 60 and 120 days at 0 °C. During the cold storage, mass loss, firmness and colour variation were recorded. The results showed that the calculated mass loss was linearly varied with storage time and temperature. The firmness was reduced during the cold storage, while L^* και h^*_{ab} were linearly varied with storage time. The analysis showed that the length of the raw material storage must not be more than 2 to 3 months to ensure that the final produce is of acceptable quality. If this parameter is considered then the next step is to store the cut produce near to 0 °C.

Keywords: minimally processed apples, firmness, colour.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια ορισμένα «ελάχιστα επεξεργασμένα» φρούτα όπως μήλα, αχλάδια, ροδάκινα, νεκταρίνια και φράουλες παρουσιάζουν μεγάλη ζήτηση από τους καταναλωτές και τις μονάδες μαζικής εστίασης (Gorny, 2000).

Τα «ελάχιστα επεξεργασμένα» φυτικά όργανα είναι πιο φθαρτά συγκριτικά με τα ολόκληρα λόγω της διαδικασίας προετοιμασίας (πλύσιμο, ξεφλούδισμα, τεμαχισμός). Τα «ελάχιστα επεξεργασμένα» φρούτα παρουσιάζουν περισσότερες δυσκολίες στην προετοιμασία τους. Ο χρόνος συντήρησής τους επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως την ποικιλία, το στάδιο ωριμότητας κατά την προετοιμασία, το βαθμό επεξεργασίας, τη σύνθεση της ατμόσφαιρας και τη θερμοκρασία συντήρησης της α! ύλης (Soliva-Fortuny et al., 2001). Η παρασκευή των «ελάχιστα επεξεργασμένων» μήλων έχει αυξηθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια (Varela et al., 2007). Μηχανικές βλάβες λόγω προετοιμασίας προκαλούν καταστροφή της διαμερισματοποίησης των κυττάρων και την ανάμειξη υποστρωμάτων και ενζύμων με αποτέλεσμα βιοχημικές αλλοιώσεις όπως ενζυματική καστανύωση, μαλάκωμα των ιστών και δημιουργία ξένων οσμών (Varoquaux, 1991). Η επιλογή της κατάλληλης ποικιλίας είναι σημαντικός παράγοντας διότι επηρεάζει τα φυσικά χαρακτηριστικά (υφή, χρώμα, καστανύωση) καθώς και το ρυθμό της αναπνευστικής δραστηριότητας του κομμένου προϊόντος. Πέραν αυτών μία ποικιλία μήλων για να είναι κατάλληλη για την παραγωγή «ελάχιστα επεξεργασμένου» προϊόντος «έτοιμου για κατανάλωση» θα πρέπει να ικανή για μακροχρόνια συντήρηση ώστε να είναι διαθέσιμη για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Έχουν γίνει πολλές μελέτες σε ποικιλίες μήλων με καλά χαρακτηριστικά για κονσερβοποίηση ή κατάψυξη (Luh et al., 1986; Hall, 1989) όμως λίγες πληροφορίες υπάρχουν σχετικά με ποικιλίες μήλων κατάλληλες για παραγωγή «ελάχιστα επεξεργασμένου» μήλου (Kim et al., 1993; Abbott 2004). Ελάχιστες τοπικές ποικιλίες έχουν μελετηθεί όπως δεν έχει μελετηθεί η επίδραση του χρόνου συντήρησης της α! ύλης στην ποιότητα του κομμένου προϊόντος.

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη: α. ο μέγιστος χρόνος συντήρησης της α! ύλης σε απλές συνθήκες συντήρησης (0 °C, 90% RH) ώστε το παραγόμενο κομμένο προϊόν να έχει αποδεκτά ποιοτικά χαρακτηριστικά και β. η θερμοκρασία συντήρησης του κομμένου προϊόντος.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Μήλα ποικιλίας *Delicious Pilafa* (τοπική ποικιλία Τριπόλεως) κόπηκαν αρχές Νοεμβρίου από οπωρώνα στην Τρίπολη. Η συγκομιδή έγινε βάσει της ημερομηνίας συγκομιδής που χρησιμοποιείται στην περιοχή για την ποικιλία αυτή. Αμέσως μετά τη συγκομιδή τοποθετήθηκαν σε πλαστικές κλούβες 20 kg και συντηρήθηκαν στους 0 °C θερμοκρασία και 90% μέχρι τη χρησιμοποίησή τους.

2.1. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ– ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΟΜΜΕΝΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ.

Επελέγησαν 60 μήλα ομοιόμορφα ως προς το χρώμα και το σχήμα. Τα μήλα πλύθηκαν με νερό της βρύσης θερμοκρασίας 4 °C που περιείχε 100 ppm NaOCl για 1 min. Ακολούθησε στέγνωμα με απορροφητικό χαρτί, ξεφλούδισμα με κοφτερό μαχαίρι, αφαίρεση των καρπόφυλλων και τεμαχισμός σε 8 ίσα τεμάχια. Τα τεμάχια εμβαπτίστηκαν αμέσως σε νερό βρύσης θερμοκρασίας 4 °C που περιείχε 1% ασκορβικό οξύ, 0.5% κιτρικό οξύ και 1% CaCl₂ (Gunes et al., 2001). Η διάρκεια εμβάπτισης ήταν 5 min. Ακολουθούσε στέγνωμα με απορροφητικό χαρτί και συσκευασία σε δισκάκια πολυστερίνης (120×215×15 mm) που καλύπτονταν με PVC πάχους 13 μm. Κάθε δισκάκι περιείχε 6 φέτες. Δημιουργήθηκαν 80 συσκευασίες που διανεμήθηκαν στους 0, 5, 10 και 20 °C. Η διάρκεια συντήρησης του κομμένου μήλου κυμαινόταν από 2–7

ημέρες ανάλογα με τη θερμοκρασία συντήρησης. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε μετά από 30, 60, 90 και 120 ημέρες.

2.2. ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ

Απώλεια βάρους: προσδιορίσθηκε με ζυγό ακριβείας ± 0.01 g σε 10 δισκάκια/ θερμοκρασία και εκφράσθηκε % του αρχικού βάρους

Χρώμα: Χρησιμοποιήθηκε χρωματόμετρο Minolta CR-300 (Minolta Corp. Japan) και προσδιορίσθηκαν η φωτεινότητα L^* και η γωνία hue [$h^*_{ab} = \tan^{-1} (b^*/a)$] για τη μελέτη της καστανώσης των ιστών. Η μέτρηση έγινε σε 6 φέτες/θερμοκρασία.

Υφή: Η υφή μετρήθηκε με το όργανο Texture Analyser TA-XT2i (SMS England) σε 6 φέτες/θερμοκρασία. Οι φέτες τοποθετήθηκαν σε μία υποδοχή με κλίση 45° ώστε η επιφάνεια διάτρησης να είναι οριζόντια. Η υφή προσδιορίσθηκε ως η αντίσταση που παρουσιάζει η σάρκα στη διείσδυση εμβόλου 7 mm σε βάθος 10 mm με ταχύτητα $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Υπολογίσθηκε η μέγιστη δύναμη που εκφράσθηκε σε N. Οι μετρήσεις των φυσικών χαρακτηριστικών γίνονταν κάθε 2 ημέρες.

2.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πακέτο Statgraphics 4.0. Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με την εφαρμογή του τεστ Fisher των ελαχίστων σημαντικών διαφορών (LSD) με $P \leq 0.05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

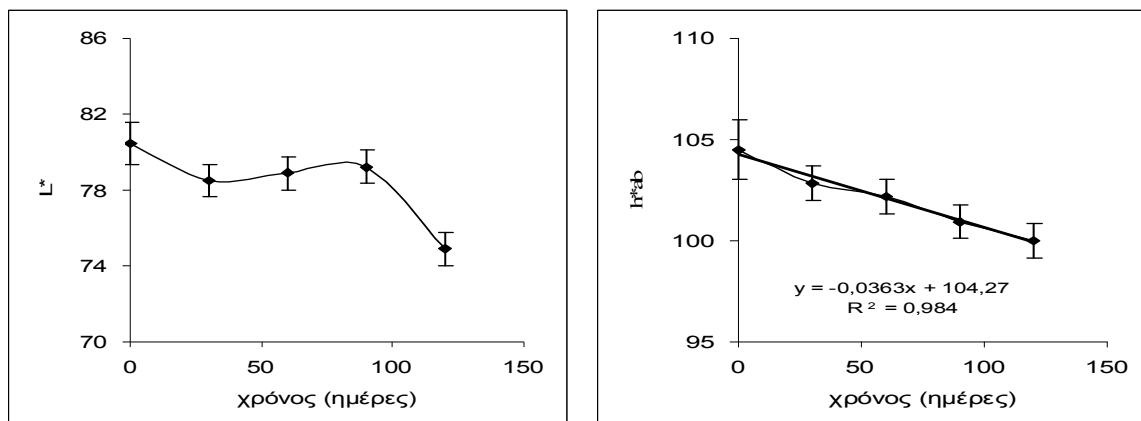
3.1. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΥΦΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ Α΄ΥΛΗΣ.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται η μεταβολή της υφής των ολόκληρων μήλων συναρτήσει του χρόνου συντήρησης στους 0°C

Πίνακας 1. Μεταβολή της υφής ολόκληρου μήλου ποικιλίας *Delicious Pilafa* κατά τη συντήρηση του στους 0°C και 90%.

Χρόνος (ημέρες)	0	30	60	90	120
Υφή (N)	52.04 $\pm$ 4.46	48.03 $\pm$ 3.46	29.77 $\pm$ 1.99	28.46 $\pm$ 4.20	26.48 $\pm$ 2.72
Η κάθε τιμή είναι μέσος όρος 6 δειγμάτων, mean $\pm$ sd					

Από τον πίνακα προκύπτει ότι η υφή των μήλων *Delicious Pilafa* διατηρήθηκε στα αρχικά επίπεδα για ένα μήνα και μετά παρουσίασε απότομη πτώση η οποία διατηρήθηκε σταθερή μέχρι το τέλος της συντήρησης (120 ημέρες). Το αποτέλεσμα αυτό συνδέεται με τη μεταβολή του ρυθμού της αναπνευστικής δραστηριότητας (στοιχεία δεν παρουσιάζονται) από όπου προκύπτει ότι μετά την 30^η ημέρα συντήρησης στους 0°C αρχίζει η κλιμακτηριακή κρίση άρα και η ωρίμαση των μήλων.



Σχήμα 1. Μεταβολή της φωτεινότητας L^* και της χροιάς h^*_{ab} μήλων *Delicious Pilafa* που συντηρήθηκαν 120 ημέρες στους 0 °C (N=20).

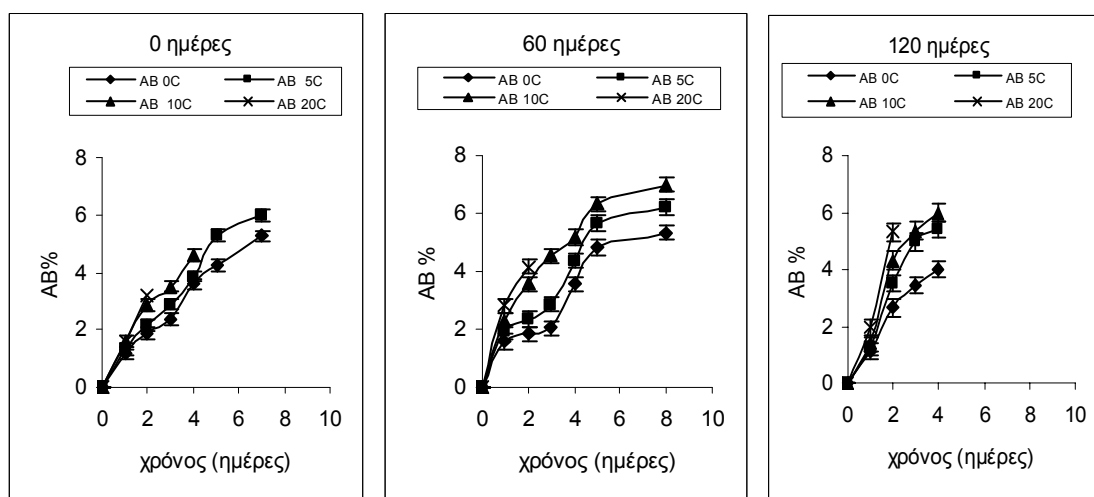
Η μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων L^* και h^*_{ab} παρουσιάζεται στο Σχήμα 1 από όπου προκύπτει ότι η μεν φωτεινότητα L^* παρέμεινε κοντά στα αρχικά επίπεδα μέχρι την 90^η ημέρα συντήρησης στη συνέχεια παρουσίασε στατιστικά σημαντική μείωση. Η χροιά (h^*_{ab}) παρουσίασε συνεχή μείωση που ήταν γραμμική συνάρτηση του χρόνου συντήρησης ($R^2=0.98$).

3.2. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΑ ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΟΜΜΕΝΩΝ ΜΗΛΩΝ

Για οικονομία χώρου θα παρουσιαστούν οι μεταβολές των φυσικών χαρακτηριστικών του κομμένου μήλου που προήλθε από α! ύλη που είχε συντηρηθεί 0, 60 και 120 ημέρες.

3.2.1. Απώλεια βάρους

Η απώλεια βάρους των κομμένων μήλων που συντηρήθηκαν στους 0, 5, 10 και 20 °C παρουσιάζεται στο Σχήμα 2. Το κομμένο μήλο προήλθε από α! ύλη που είχε συντηρηθεί στους 0 °C για 0, 60 και 120 ημέρες.



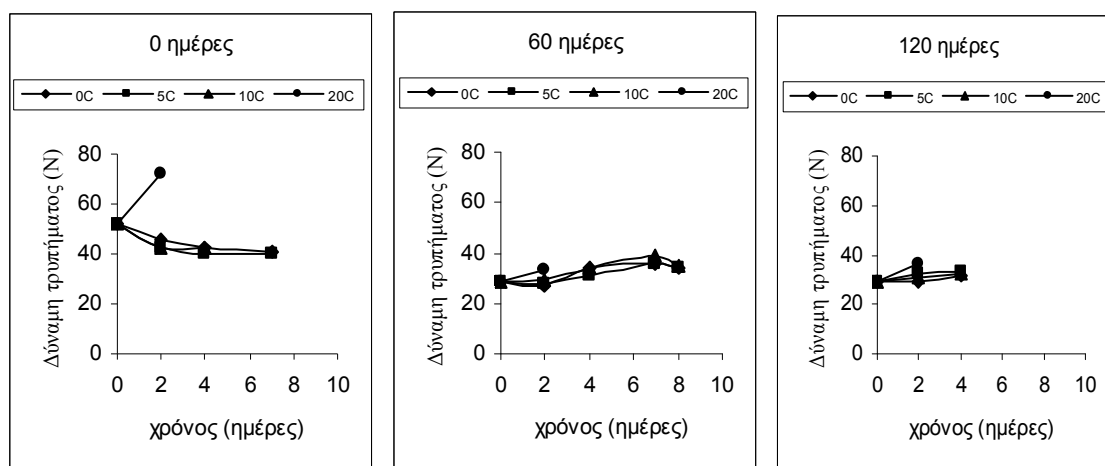
Σχήμα 2. Απώλεια βάρους «ελάχιστα επεξεργασμένου» μήλου στους 0, 5, 10 και 20 °C. Η α! ύλη είχε συντηρηθεί στους 0 °C για 0, 60 και 120 ημέρες (N=10).

Από το Σχήμα 2 προκύπτει ότι η απώλεια βάρους επηρεάζεται από το χρόνο και τη θερμοκρασία συντήρησης του κομμένου προϊόντος. Η μεταβολή του βάρους είναι πρακτικά γραμμική συνάρτηση του χρόνου συντήρησης ($R^2 > 0.95$) και της θερμοκρα-

σίας συντήρησης ($R^2 > 0.92$). Από τη στατιστική ανάλυση απεδείχθη ότι ο χρόνος συντήρησης της α! ύλης δεν επηρέασε στατιστικά την απώλεια βάρους του κομμένου προϊόντος. Μετά από συντήρηση 8 ημερών στους 0 °C το κομμένο σε φέτες μήλο σημείωσε απώλεια βάρους 5.3% ποσοστό αρκετά υψηλό. Η απώλεια βάρους είναι ένας από τους παράγοντες που υποβαθμίζουν την ποιότητα των προϊόντων. Οι μηχανικές βλάβες που υφίστανται κατά την προετοιμασία τους τα «ελάχιστα επεξεργασμένα» προϊόντα αυξάνουν το ρυθμό απώλειας υγρασίας λόγω της αύξησης της επιφάνειας και της αύξησης της αναπνευστικής δραστηριότητας (Schlimme and Rooney, 1994). Για την ελαχιστοποίηση της απώλειας βάρους τα προϊόντα αυτά συσκευάζονται με πλαστικά φύλλα PE δεδομένης περατότητας.

3.2.2. Υφή

Η μεταβολή της υφής του κομμένου μήλου που συντηρήθηκε στους 0, 5, 10 και 20 °C παρουσιάζεται στο Σχήμα 3. Στην περίπτωση του «ελάχιστα επεξεργασμένου» μήλου που παρήχθη αμέσως μετά τη συγκομιδή (0 ημέρες συντήρησης α! ύλης) παρατηρείται μείωση της υφής συναρτήσει του χρόνου συντήρησης χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκρασιών συντήρησης 0, 5 και 10 °C. Οι φέτες που συντηρήθηκαν στους 20 °C παρουσίασαν μία αύξηση της αντίστασης στο τρύπημα η οποία μπορεί να αποδοθεί στην αφυδάτωση του προϊόντος. Στο τέλος της συντήρησης (7^η ημέρα) οι φέτες του μήλου διατήρησαν το 77–80% της αρχικής τους τιμής.



Σχήμα 3. Μεταβολή της υφής «ελάχιστα επεξεργασμένου» μήλου που συντηρήθηκε στους 0, 5, 10 και 20 °C. Η α! ύλη είχε συντηρηθεί 0, 60 και 120 ημέρες στους 0 °C (N=6).

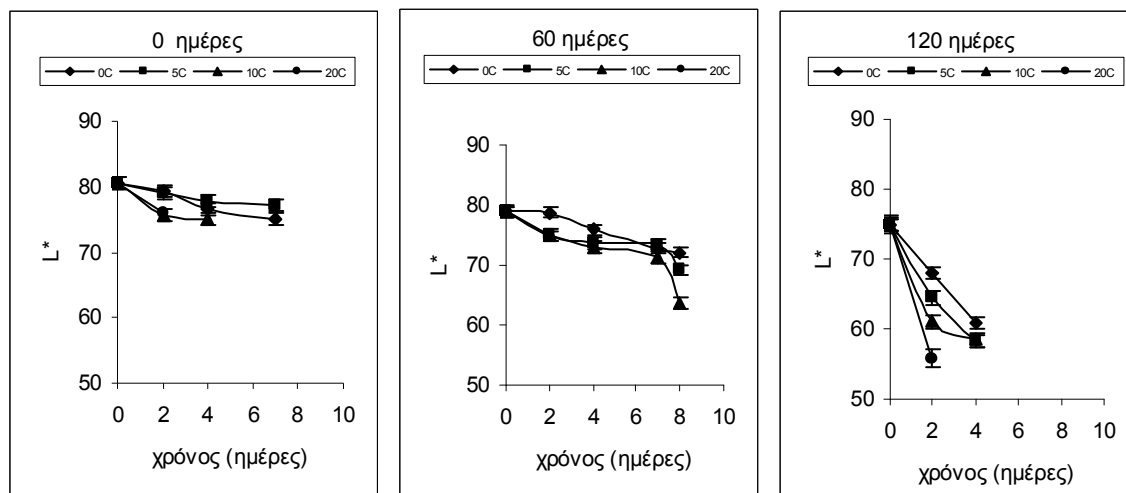
Οι φέτες του μήλου που προήλθαν από α! ύλη που είχε συντηρηθεί 60 και 120 ημέρες στους 0 °C παρουσίασαν μία αύξηση της αντίστασης στο τρύπημα κυμαινόμενη μεταξύ 10 και 20% ανάλογα με τη θερμοκρασία συντήρησης τους. Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι η μεταβολή της υφής του προϊόντος είναι γραμμική συνάρτηση της απώλειας βάρους με R^2 κυμαινόμενο μεταξύ 0.726 και 0.934.

Από έρευνες έχει προκύψει ότι σημαντικό πρόβλημα στην επέκταση του χρόνου συντήρησης των «ελάχιστα επεξεργασμένων» φρούτων είναι η μείωση της υφής που οφείλεται στη δράση ενδογενών ενζύμων που προκαλούν καταστροφή των κυτταρικών τοιχωμάτων και αύξηση της ανάπτυξης των μικροοργανισμών (Huxsolland and Bolin, 1989).

3.2.3. Μεταβολή του χρώματος

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται η μεταβολή της φωτεινότητας L^* των κομμένων σε

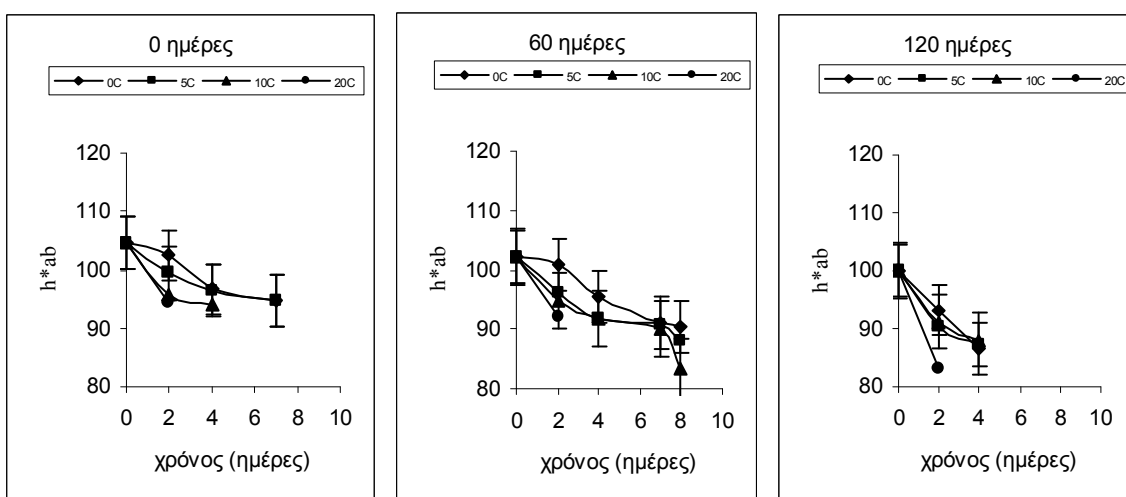
φέτες μήλων που παρήχθησαν από α! ύλη που είχε συντηρηθεί 0, 60 και 120 ημέρες στους 0 °C.



Σχήμα 4. Μεταβολή της φωτεινότητας L^* κομμένου μήλου που συντηρήθηκε στους 0, 5, 10 και 20 °C. Η α! ύλη είχε συντηρηθεί 0, 60 και 120 ημέρες στους 0 °C (N=6).

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρείται μείωση της φωτεινότητας συναρτήσει του χρόνου συντήρησης. Η μείωση αυτή είναι λιγότερο έντονη στο κομμένο προϊόν που παρήχθη αμέσως μετά τη συγκομιδή, ενώ στην περίπτωση που η α! ύλη είχε συντηρηθεί για αρκετό χρόνο στους 0 °C η μείωση αυτή ήταν πολύ πιο έντονη.

Στο τέλος της συντήρησης το κομμένο προϊόν διατήρησε το 93–96% της αρχικής του τιμής στην περίπτωση που η α! ύλη συντηρήθηκε 0 ημέρες στους 0 °C, το 79.0–86.6%, όταν η α! ύλη συντηρήθηκε για 60 ημέρες στους 0 °C και το 69–75% όταν η α! ύλη συντηρήθηκε 120 ημέρες στους 0 °C. Σε όλες τις περιπτώσεις η μεταβολή του L^* ήταν γραμμική συνάρτηση του χρόνου συντήρησης του κομμένου προϊόντος με $R^2 > 0.9$.



Σχήμα 5. Μεταβολή της χροιάς (h^*_{ab}) κομμένων μήλων που συντηρήθηκαν στους 0, 5, 10 και 20 °C. Η α! ύλη είχε συντηρηθεί 0, 60 και 120 ημέρες στους 0 °C (N=6).

Η μεταβολή του h^*_{ab} παρουσιάζεται στο Σχήμα 5 από όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις (θερμοκρασία συντήρησης του κομμένου

προϊόντος, χρόνου συντήρησης της α! ύλης στους 0 °C) παρατηρείται πτώση των τιμών η οποία είναι εντονότερη όταν η α! ύλη είχε συντηρηθεί 120 ημέρες στους 0°C. Η μεταβολή του h^*_{ab} μπορεί να θεωρηθεί γραμμική συνάρτηση του χρόνου συντήρησης του κομμένου προϊόντος με R^2 κυμαινόμενο μεταξύ 0.873 και 0.973.

Η καστάνωση των ιστών είναι περιοριστικός παράγοντας της συντήρησης κομμένων φρούτων (Wiley, 1994). Η οξειδωτική καστάνωση των κομμένων επιφανειών των φρούτων έχει μελετηθεί εκτενώς (Kim et al., 1993; Brecht, 1995). Η καστάνωση εκφράζεται με τη μείωση της φωτεινότητας L^* . Τα αποτελέσματα μας συμφωνούν με αυτά άλλων ερευνητών που έχουν παρατηρήσει σε μεγάλο αριθμό ποικιλιών μήλων έντονη καστάνωση από την τρίτη ημέρα της συντήρησης (Kim et al., 1993; Rocha and Morais, 2003). Σημαντικό ρόλο στην καστάνωση των κομμένων μήλων παίζει και η ποικιλία με την περιεκτικότητά της σε φαινόλες και τη δράση της πολυφαινολοξειδάσης (Lee and McLellan, 1990).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη της μεταβολής των κύριων ποιοτικών χαρακτηριστικών των κομμένων «έτοιμων προς χρήση» μήλων ποικιλίας *Delicious Pilafa* που προέκυψαν από α! ύλη που είχε συντηρηθεί διαφορετικές χρονικές περιόδους στους 0 °C, προκύπτουν τα εξής:

- Η ποικιλία *Delicious Pilafa* θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή «έτοιμου προς κατανάλωση» προϊόντος εφόσον ο χρόνος συντήρησής της α! ύλης δεν ξεπερνά τους 2–3 μήνες.
- Για τη διατήρηση της ποιότητας του κομμένου προϊόντος η θερμοκρασία συντήρησης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στους 0 °C.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbott, A.J., Robert, A. Saftner, Kenneth, C. Gross, Bryan T. Vinyard, Jules Janick., 2004. *Consumer evaluation and quality measurement of fresh-cut slices of Fuji, Golden Delicious, GoldRush and G. Smith apples*. Postharvest Biology and Technology, V. 33, pp.127-140.
- Brecht, J.K., 1995. *Physiology of lightly processed fruits and vegetables*. HortScience, V.30, pp. 18-21.
- Gorny, J.R, Cifuentes, R.A, Hess-Pierce, B., Kader, A.A., 2000. *Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by cultivar, ripeness stage, fruit size and storage regime*. Journal of Food Science, V.65 No 3, 541-544.
- Gurbuz Gunes, Christopher B. Watkins, J.H. Hotchkiss., 2001. *Physiological responses of fresh-cut apple slices under high CO₂ and low O₂ partial pressures*. Postharvest Biology and Technology, V. 22, pp. 197-204.
- Hall, G.C., 1989. *Refrigerated, frozen and dehydrofrozen apples*. In: Processed Apple Products. D.L. Downing (Ed), AVI Publishing Co, Westport, CT., p 239.
- Huxsoll, C.C., Bolin, H.R., 1989. *Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables*. Food Technology, 2, pp.124-128.
- Kim, D.M, Smith, N.L, Lee, C.Y., 1993. *Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars*. Journal of Food Science, V.58, pp. 1115-1117.
- Lee, C.Y and McLellan, M.R., 1990. *Effect of cultivar and composition of phenolics on browning of apples*. Abstract 558, IFT, Annual Meeting, Anaheim, C.A
- Luh, B.S., Feinberg, B., Chung, J.J. and Woodroof, J.G., 1986. *Freezing fruits*. In: Commercial fruit processing. J.G Woodroof and B.S. Luh(Ed) 314, AVI publishing Co, Westport, CF.

- Rocha, A.M.C.N, Morais, A.M.M.B., 2003. *Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes*. Food Control 14, pp.13-20.
- Schlimme, V.D. and Michael L. Rooney, 1994. *Packaging of minimally processed fruits and vegetables*. In: minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Ed. R.C. Wiley, Chapman and Hall, N. York, pp. 135-182.
- Soliva-Fortuny, C.R, Nuria Grigelmo-Miguel, Isabel Obriozola-Serrano, Shela Gorinstein, Olga Martin-Belloso., 2001. *Browning evaluation of ready-to-eat apples as affected by modified atmosphere packaging*. J. Agric. Food Chem. V. 49, pp. 3685-3690.
- Varela, P., Ana Salvador, Susana M. Fiszman, 2007. *The use of calcium chloride in minimally processed apples: A sensory approach*. Eur. Food Res. Technol. V. 224, pp. 461-467.
- Varoquaux, P., 1991. *Ready to use fresh fruits and vegetables*. Revue Gen. Froid, July, pp. 33-43.
- Wiley, R.C. (Ed), 1994. *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Preservation methods for minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. New York: Chapman and Hall, p. 66.

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Στ. Ψυχογιού¹, Α. Κατσogiάννη¹, Ε. Μανωλοπούλου², Γ. Ξανθόπουλος¹
Ε. Χατζής¹ και Γρ. Λαμπρινός¹

¹Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, Τ.Κ. 11855, Αθήνα, Τηλ.: 210 529 4029 & 4031, Φαξ: 210 529 4032

²Τμήμα Φ.Π., Σχολή Τ.Ε.Γ., Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας, Αντικάλαμος-Καλαμάτα, Τ.Κ. 24100
E-mails: ¹refrigenergy@aua.gr, ²e.manolopoulou@teikal.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν η φυσιολογική συμπεριφορά και η μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών καρπών βιολογικής τομάτας (υβρίδιο Alma), οι οποίοι συντηρήθηκαν ασυσκεύαστοι σε θερμοκρασίες 5 °C, 10 °C, 15 °C και 20 °C ως την πλήρη ωρίμασή τους. Από τη στατιστική επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων προέκυψε ότι η θερμοκρασία έχει σημαντική επίδραση στο ρυθμό αναπνοής, ενώ οι απώλειες μάζας μεταβάλλονται γραμμικά με το χρόνο συντήρησης. Τις καλύτερες ($0.844 < R^2 < 0.974$) μαθηματικές συσχετίσεις της χρωματικής μεταβολής έδωσαν οι αδιάστατοι παράγοντες $\Delta L^*/L_o^*$ (μεταβολή της λαμπρότητας) και ΔE^* (ολική χρωματική μεταβολή) με τη θερμοκρασία και το χρόνο συντήρησης. Η υποβάθμιση της υφής εκφράστηκε μαθηματικά από τη μέγιστη αντίσταση και την κλίση της αντίστασης στη συμπίεση συναρτήσει της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης ($0.838 < R^2 < 0.945$).

Λέξεις κλειδιά: βιολογική τομάτα, ποιοτικά χαρακτηριστικά, ψυχοσυντήρηση.

STORABILITY OF ORGANIC TOMATO

S. Psychogiou¹, A. Katsogianni¹, E. Manolopoulou², G. Xanthopoulos¹,
E. Chatzis¹ and Gr. Lambrinos¹

¹ Department of Natural Resources Development & Agricultural Engineering, Agricultural University of Athens, 75 Iera Odos Str., 118 55, Athens, Greece, Tel.: +3 210 5294029 & 4031, Fax: +3 210 5294032

²Dept. of Crop Science, T.E.I. of Kalamata, 24 100, Antikalamos, Kalamata
E-mails: ¹refrigenergy@aua.gr, ²e.manolopoulou@teikal.gr

ABSTRACT

In the present work the physiological behaviour and the quality characteristics of cold stored organic tomato were studied. The crops were stored unpackaged in temperatures of 5 °C, 10 °C, 15 °C and 20 °C until full ripening was achieved. The analysis of the experimental data showed that storage temperature has a predominant effect on respiration rate, while mass loss is linearly varied with storage time. Colour evaluation was carried out by the dimensionless factors $\Delta L^*/L_o^*$ and ΔE^* (Total Colour Variation). Two mathematical equations correlating the previous factors with storage time and temperature were derived having a good accuracy ($0.844 < R^2 < 0.974$). Texture degradation was mathematically expressed in terms of the maximum resistance to compression as well resistance gradient to compression with storage time and temperature ($0.838 < R^2 < 0.945$).

Keywords: organic tomato, quality characteristics, cold storage.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Χαρακτηριστικά όπως το σχήμα, το μέγεθος, το χρώμα, οι εξωτερικές ατέλειες, η υφή, η περιεκτικότητα σε σάκχαρα κ.α. αποτελούν σημαντικά κριτήρια ποιότητας για την κατανάλωση ή μη, φρούτων και λαχανικών. Πολλά από αυτά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αλλοιώνονται μετά τη συγκομιδή, καθώς τα νωπά προϊόντα υφίστανται μια σειρά μεταβολικών διαδικασιών, η ένταση των οποίων επηρεάζεται από πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Με τη συντήρηση των νωπών αγροτικών προϊόντων σε χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή σχετική υγρασία, επιτυγχάνεται η διατήρηση ή ακόμα και η βελτίωση της ποιότητάς τους μετασυλλεκτικά, καθώς επιβραδύνεται η φυσιολογική τους εξέλιξη (Flores and Gast, 1997).

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. Με την αποφυγή χρήσης ανόργανων λιπασμάτων και σύνθετων χημικών φυτοφαρμάκων, συμβάλλει στην παραγωγή προϊόντων χωρίς χημικά υπολείμματα. Για τη σύγκριση βιολογικών και συμβατικών προϊόντων έχουν γίνει λίγες σχετικά ερευνητικές μελέτες (Bourn and Prescott, 2002). Όσον 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 Pither and Hall, 1990; Worthington, 2001; Gennaro and Quaglia, 2003; Caris-Veyrat et al., 2004; Winter and Davis, 2006; Hallmann and Rembialkowska, 2007).

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της φυσιολογικής συμπεριφοράς και της μεταβολής των ποιοτικών χαρακτηριστικών καρπών βιολογικής τομάτας, η οποία συντηρήθηκε ασυσκεύαστη σε διαφορετικές θερμοκρασίες ως την πλήρη ωρίμαση. Οι παράγοντες που εξετάστηκαν ήταν η επίδραση της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης στην αναπνοή, στην απώλεια μάζας, στη μεταβολή του χρώματος, στην αντίσταση των καρπών στη συμπίεση καθώς και στην περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά.

2. ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Σε δύο πειραματικές σειρές χρησιμοποιήθηκαν, καρποί επιτραπέζιας βιολογικής τομάτας (υβρίδιο: Alma), σταδίου ωριμότητας 2 και 3, Breaker και Turning αντίστοιχα (Sargent and Moretti, 2004; Saltveit, 2005), οι οποίες συλλέχθηκαν από τοπικό παραγωγό (περιοχή: Άγιος Στέφανος, Αττικής).

Οι τομάτες αμέσως μετά τη συγκομιδή μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου πραγματοποιήθηκε διαλογή για την απομάκρυνση των ακατάλληλων καρπών. Σε τυχαίο δείγμα δέκα (αντιπροσωπευτικών) καρπών, έγιναν οι αρχικές μετρήσεις χρώματος, αντίστασης στη συμπίεση και ολικών διαλυτών στερεών συστατικών. Οι υπόλοιποι καρποί χωρίστηκαν σε ομάδες των επτά και χωρίς άλλη επεξεργασία τοποθετήθηκαν σε ειδικά πλαστικά τελάρα και αποθηκεύτηκαν σε θαλάμους με θερμοκρασίες 5 °C, 15 °C και 20°C (1^η πειραματική σειρά) και 10 °C, 15 °C και 20°C (2^η πειραματική σειρά). Οι τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εντός των θαλάμων συντήρησης, καταγράφονταν με φορητά HOBO Data Loggers.

Μία συγκεκριμένη επτάδα τοματών σε κάθε θερμοκρασία, ορίστηκε για τη λήψη μετρήσεων αναπνοής και μάζας, ενώ ταυτόχρονα αποτέλεσε και το μάρτυρα για τη μέτρηση του χρώματος.

2.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

Ως πρώτη μέρα του πειράματος ($t=0$), ορίστηκε η μέρα που ξεκίνησε η συντήρηση των καρπών. Μετρήσεις αναπνοής γίνονταν καθημερινά, ενώ κάθε 3-4 ημέρες σε 7 δείγματα από κάθε θερμοκρασία, γίνονταν μετρήσεις στα ακόλουθα ποιοτικά χαρακτηριστικά: χρώμα, αντίσταση στη συμπίεση και περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά. Μετρήσεις για την απώλεια μάζας γίνονταν κάθε δύο μέρες.

Η στατιστική επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων (ανάλυση διασποράς, παλινδρόμησης) πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα Statgraphics Centurion XV.I. Οι μέσες τιμές και τα διαστήματα εμπιστοσύνης υπολογίστηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Τέλος χρησιμοποιήθηκαν τα στατιστικά προγράμματα Statgraphics Centurion XV.I και Curve Expert 1.3 για να αναπτυχθούν οι σχέσεις που περιγράφουν τη μεταβολή της αντίστασης στη συμπίεση και αυτή του χρώματος συναρτήσει της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης. Ειδικότερα για την ανάπτυξη των μη γραμμικών σχέσεων χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης Levenberg–Marquardt ο οποίος συνδυάζει τη μέθοδο steepest descent και σειρές Taylor.

2.2.1. Μετρήσεις Αναπνοής

Οι μετρήσεις της αναπνοής πραγματοποιήθηκαν με φορητή συσκευή RIKCLOS (Λαμπρινός και Μητρόπουλος, 2004; Λαμπρινός κ.α., 2006). Η κλίμακα μέτρησης του οργάνου είναι 0-5000 ppm CO₂ και η διακριτική ικανότητα 25 ppm CO₂, ενώ η ακρίβεια του ± 2 % της πλήρους κλίμακας.

Ο ρυθμός αναπνοής υπολογίστηκε βάσει της σχέσης:

$$q_R = \frac{C_{\text{τελ}} \cdot (V_{\text{διατ}} - V_{\text{πρ}}) - C_{\text{ενδ}} \cdot (V_{\text{διατ}} - V_{\text{θαλ}}) - C_{\text{αρχ}} \cdot (V_{\text{θαλ}} - V_{\text{πρ}})}{m \cdot \Delta t} \cdot 10^{-4}$$

Όπου: q_R : ρυθμός αναπνοής σε ml CO₂ /h/100 g προϊόντος, $C_{\text{αρχ}}$ = η αρχική συγκέντρωση CO₂ (ppm), $C_{\text{ενδ}}$ = η ενδιάμεση συγκέντρωση CO₂ (ppm), $C_{\text{τελ}}$ = η τελική συγκέντρωση CO₂ (ppm), $\Delta t = t_{\text{αρχ}} - t_{\text{τελ}}$ = το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην αρχική και την τελική μέτρηση (h), m : η μάζα του καρπού (g), $V_{\text{θαλ}}$ = ο όγκος του αναπνευστικού θαλάμου (ml), $V_{\text{διατ}} = V_{\text{θαλ}} + V_{\text{RIKEN}} + V_{\text{σωληνώσεων}}$ = ο όγκος της διάταξης (ml), $V_{\text{πρ}}$ = ο όγκος του καρπού (ml).

2.2.2. Μετρήσεις Μάζας

Για τη μέτρηση της μάζας χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικός ζυγός (KERN 440–43) με μέγιστη δυνατότητα ζύγισης 400g και ακρίβεια 0.1g. Η αδιάστατη απώλεια μάζας υπολογίστηκε από τη σχέση $(m_0 - m_t)/m_0$, όπου m_0 η αρχική μάζα του προϊόντος (έναρξη συντήρησης) και m_t η μάζα του προϊόντος την ημέρα της μέτρησης.

2.2.3. Μετρήσεις Χρώματος

Οι μετρήσεις του χρώματος των καρπών έγιναν με χρωματόμετρο MINOLTA CR–300. Η χρωματική κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε ήταν η CIE 1976, με χρωματικούς δείκτες L^* , a^* , b^* . Κάθε φορά λαμβάνονταν τέσσερις μετρήσεις περιμετρικά από τη βάση (κάλυκας) του καρπού. Η ολική μεταβολή του χρώματος εκφράστηκε από τον παράγοντα ολικής μεταβολής του χρώματος ΔE^* (Total Colour Difference) (Anon., 1995, Anon., 2001) όπως αυτός περιγράφεται από την εξίσωση: $\Delta E^* = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{0.5}$ και η μεταβολή του χρωματικού παράγοντα L^* από την αδιάστατη μεταβολή $\Delta L^* / L_0^*$.

2.2.4. Μετρήσεις Υφής

Ο προσδιορισμός της αντίστασης των καρπών στη συμπίεση, έγινε με τη βοήθεια

αναλυτή υφής, Texture Analyzer TA.XT2i, εφοδιασμένου με έμβολο στην κατάληξη του οποίου υπήρχε επίπεδη πλάκα διαμέτρου 7cm (flat plate compression) (Barrett et al., 1998). Η ταχύτητα του εμβόλου ήταν σταθερή 2cm/min από τη στιγμή της επαφής της πλάκας με τον καρπό μέχρι το τέλος της συμπίεσης.

Ο καρπός τοποθετείτο με τον διαμήκη άξονα σε οριζόντια θέση ώστε η συμπίεση να γίνεται στην περιοχή του ισημερινού της τομάτας και η δοκιμασία τερματιζόταν όταν σημειωνόταν ρήξη του επιδερμικού ιστού. Η μεταβολή της αντίστασης στη συμπίεση εκφράστηκε από τη μεταβολή της κλίσης της καμπύλης αντίστασης στη συμπίεση–παραμόρφωση στην ελαστική περιοχή, η οποία προσδιορίστηκε από την εξίσωση $\alpha_R = \left(R_{2/3}^{\max} - R_{1/3}^{\max} \right) / \left(D_{2/3} - D_{1/3} \right)$ όπου, α_R η κλίση της καμπύλης αντίστασης στη συμπίεση–παραμόρφωση στην ελαστική περιοχή σε N/mm, $R_{2/3}^{\max}$ και $R_{1/3}^{\max}$ η αντίσταση σε N, στα 2/3 και 1/3 της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση κατά την οποία σημειώνεται ρήξη της επιδερμίδας του καρπού, $D_{2/3}$ και $D_{1/3}$ η παραμόρφωση σε mm, στα $R_{2/3}^{\max}$ και $R_{1/3}^{\max}$ αντίστοιχα.

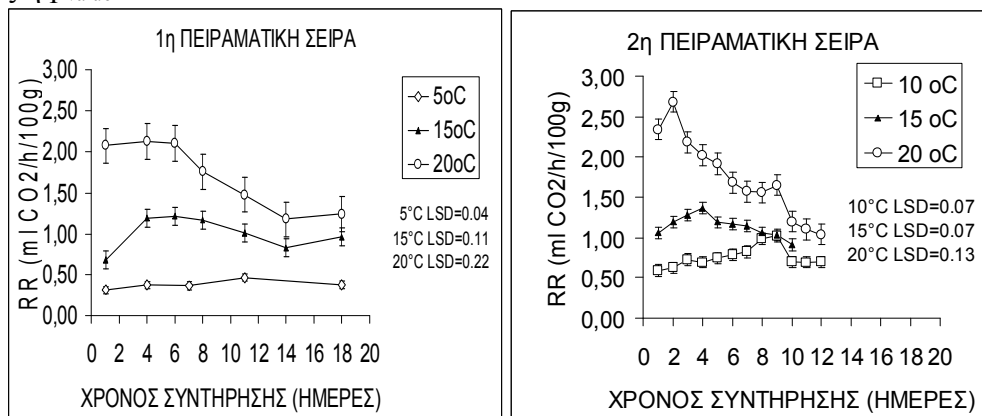
2.2.5. Μετρήσεις Ολικών Διαλυτών Στερεών Συστατικών

Η μέτρηση των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών έγινε με ψηφιακό διαθλασίμετρο (μοντέλο SR-400) με διακριτική ικανότητα 0.1% Brix και ακρίβεια +/- 0.25 Brix. Η λήψη δείγματος χυμού γινόταν με ελαφρά συμπίεση μιας φέτας τομάτας η οποία λαμβανόταν από το ισημερινό τμήμα του καρπού.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΧΟΛΙΑ

3.1. ΑΝΑΠΝΟΗ

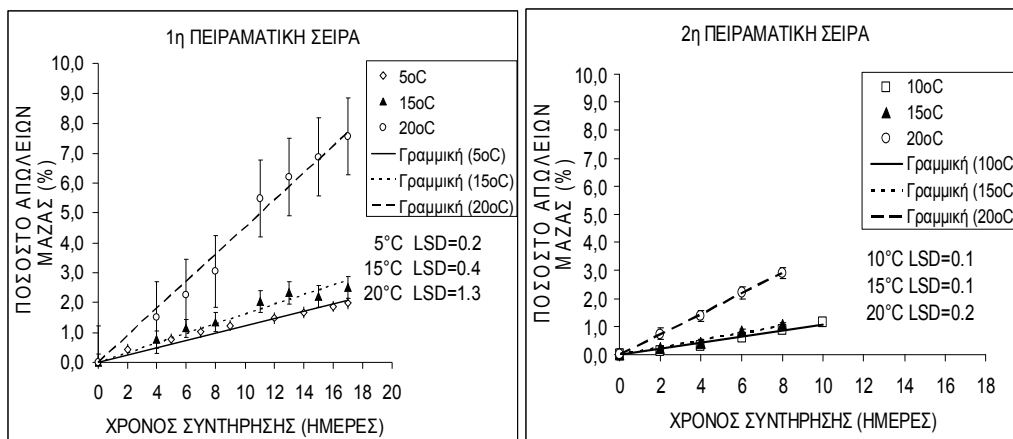
Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται ο ρυθμός της αναπνευστικής δραστηριότητας των τοματών για την 1^η και 2^η πειραματική σειρά αντίστοιχα. Ο ρυθμός αναπνοής ήταν μικρότερος στις χαμηλότερες θερμοκρασίες συντήρησης (5 °C και 10 °C). Στους 20 °C η εμφάνιση της κλιμακτικής κρίσης εντοπίζεται τη δεύτερη μέρα συντήρησης των τοματών, ενώ στους 15 °C και 10 °C η αναπνευστική κρίση είναι μικρότερης έντασης και συμβαίνει την τέταρτη και ένατη ημέρα αντίστοιχα. Η συντήρηση όμως των καρπών (των συγκεκριμένων σταδίων ωριμότητας) στους 5 °C είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ασθενειών ψύχους. Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της αναπνοής προέκυψε ότι η θερμοκρασία έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην αναπνευστική δραστηριότητα των ασυσκεύαστων τοματών και στις δύο πειραματικές σειρές η $p_{\text{value}} < 0.001$.



Σχήμα 1. Μεταβολή του ρυθμού αναπνοής των τοματών συναρτήσει του χρόνου συντήρησης.

3.2. ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΜΑΖΑΣ

Όπως ήταν αναμενόμενο στις υψηλότερες θερμοκρασίες συντήρησης (20 °C), σημειώθηκαν και οι μεγαλύτερες απώλειες μάζας των τοματών. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται το ποσοστό απωλειών μάζας των τοματών συναρτήσει του χρόνου συντήρησης, για την 1^η και 2^η πειραματική σειρά αντίστοιχα.



Σχήμα 2. Ποσοστό απωλειών μάζας ασυσκευαστων τοματών συναρτήσει του χρόνου συντήρησης.

Η ποσοστιαία (%) μεταβολή της απώλειας μάζας συναρτήσει του χρόνου συντήρησης δίνεται από την εξ. (1)

$$m_{loss} = a \cdot t \quad (1)$$

Όπου: m_{loss} : οι απώλειες μάζας (%), a : η κλίση της ευθείας, t : ο χρόνος συντήρησης (ημέρες).

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι κλίσεις και οι συντελεστές συσχέτισης των γραμμικών σχέσεων που περιγράφουν τις απώλειες μάζας συναρτήσει του χρόνου στις διάφορες θερμοκρασίες συντήρησης, για τις δύο πειραματικές σειρές. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων των απωλειών μάζας έδειξε ότι η θερμοκρασία έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στις απώλειες μάζας των ασυσκευαστων τοματών και στις δύο πειραματικές σειρές, αφού $p_{value}=0.0158<0.05$ και $p_{value}=0.0094<0.05$ για την πρώτη και δεύτερη πειραματική σειρά αντίστοιχα.

Πίνακας 1. Κλίσεις (a) και συντελεστές προσδιορισμού (R^2) των απωλειών μάζας συναρτήσει του χρόνου συντήρησης για τις δύο πειραματικές σειρές.

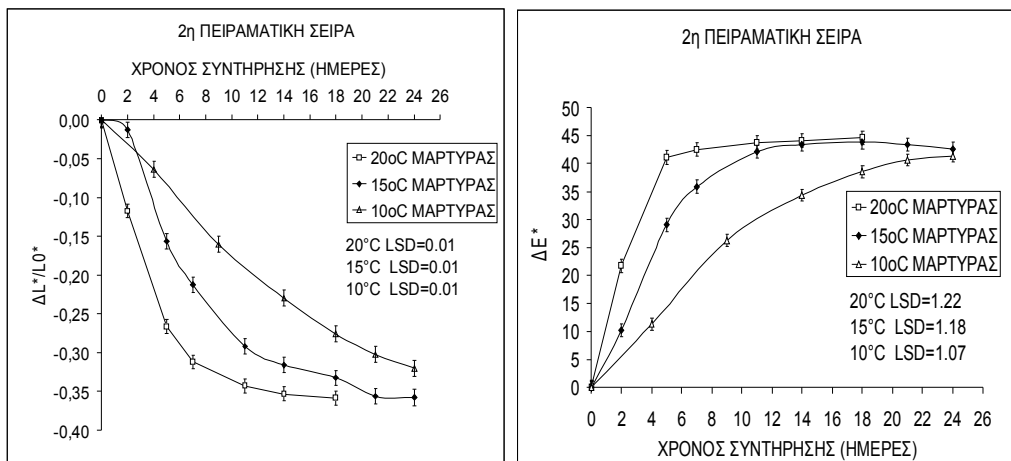
1 ^η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ			2 ^η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	a	R^2	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	a	R^2
5	0.122	0.966	10	0.107	0.969
15	0.162	0.952	15	0.131	0.986
20	0.453	0.981	20	0.362	0.999

3.3. ΧΡΩΜΑ

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται ενδεικτικά για τη 2^η πειραματική σειρά, η μεταβολή του αδιάστατου πηλίκου $\Delta L^*/L_0^*$ και η ολική μεταβολή (ΔE^*) του χρώματος των τοματών κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους.

Η μεταβολή του $\Delta L^*/L_0^*$ με το χρόνο συντήρησης για τις θερμοκρασίες συντήρησης μειώνεται εκθετικά. Και στις δύο πειραματικές σειρές εμφανίζεται μια ελάχιστη οριακή τιμή ίση με -0.25 στην πρώτη σειρά και -0.35 στη δεύτερη. Η ολική μεταβολή του χρώματος ΔE^* είναι εκθετική με μέγιστες οριακές τιμές +35.0 για την πρώτη σειρά

και +45.0 για τη δεύτερη, ενώ εμφανίζεται να σταθεροποιείται μετά τη 12^η – 14^η ημέρα συντήρησης για τις τομάτες που αποθηκεύτηκαν στους 20 °C και 15 °C, και μετά την 18^η ημέρα για τις τομάτες στους 10 °C. Στους 5 °C η μεταβολή του χρώματος εμφανίζει τάση σταθεροποίησης μετά την 24^η ημέρα συντήρησης. Επομένως, η ολική μεταβολή του χρώματος (ΔE^*) αυξάνει ενώ η φωτεινότητα (L^*) μειώνεται με το χρόνο συντήρησης των τοματών.



Σχήμα 3. Μεταβολή του $\Delta L^*/L_0^*$ και του ΔE^* ασυσκευαστών τοματών συναρτήσει του χρόνου συντήρησης στις τρεις θερμοκρασίες.

Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της μεταβολής της φωτεινότητας (αδιάστατη μεταβολή $\Delta L^*/L_0^*$) και της ολικής μεταβολής του χρώματος (ΔE^*), προέκυψε ότι η θερμοκρασία έχει στατιστικά σημαντική επίδραση και στις δύο πειραματικές σειρές (1^η πειρ. σειρά: $p_{\text{value}} < 0.001$ και $p_{\text{value}} < 0.001$, 2^η πειρ. σειρά: $p_{\text{value}} = 0.0034 < 0.05$ και $p_{\text{value}} = 0.0206 < 0.05$ για τα $\Delta L^*/L_0^*$ και ΔE^* αντίστοιχα.

Από την πολλαπλή παλινδρόμηση προέκυψαν οι εξ. (2) και (3):

$$\frac{\Delta L^*}{L_0^*} = \frac{-5.809}{1 + 113.016 \cdot \exp(-0.079 \cdot \theta)} \cdot \frac{1}{1 + (16.137 - 0.359 \cdot \theta) \cdot \exp\{-0.490 \cdot \exp[-\exp(18.510 - 3.688 \cdot \theta)] \cdot t\}} \quad (2)$$

$$\Delta E^* = \frac{36.440}{[1 + 38.994 \cdot 10^6 \cdot \exp(-3.694 \cdot \theta)] \cdot [1 - \exp(\frac{0.008}{1 - 1.221 \cdot \exp(-0.009 \cdot \theta)} \cdot t)]} \quad (3)$$

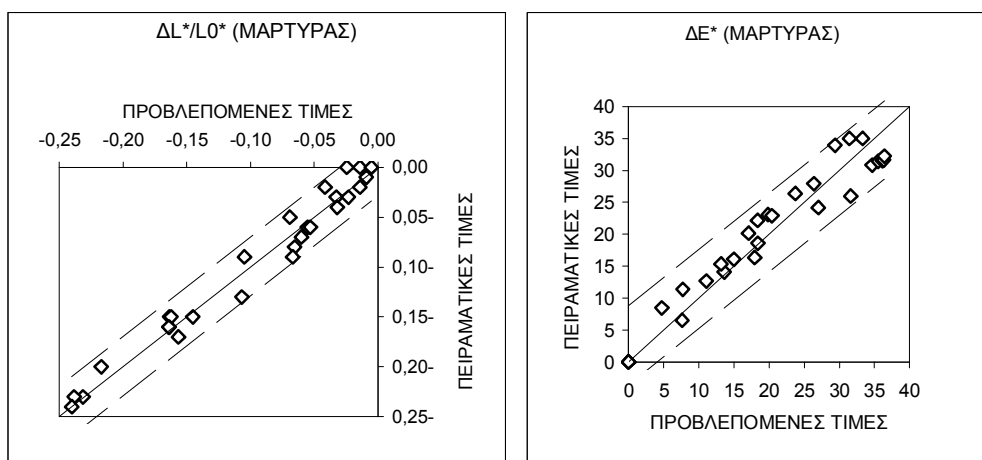
Όπου: ΔL^* : η αδιάστατη μεταβολή του χρωματικού παράγοντα L^* , L_0^* : η αρχική τιμή του χρωματικού παράγοντα L^* , ΔE^* : η αδιάστατη ολική μεταβολή του χρώματος, θ : η θερμοκρασία συντήρησης (°C), t : ο χρόνος συντήρησης (ημέρες).

Στον Πίνακα 2 δίνονται οι συντελεστές προσδιορισμού και τα τυπικά σφάλματα απόκλισης απόκλισης των σχέσεων (2) και (3) για τις δύο πειραματικές σειρές.

Πίνακας 2. Συντελεστές προσδιορισμού (R^2) και τυπικά σφάλματα απόκλισης (SEE) των σχέσεων (2) και (3) για τις δύο πειραματικές σειρές.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	1 ^η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ		2 ^η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ	
	R^2	SEE	R^2	SEE
$\frac{\Delta L}{L_0} = \frac{a_{f(T)}}{1 + b_{f(T)} \cdot e^{-c_{f(T)} \cdot t}}$	0.974	0.014	0.844	0.054
$\Delta E = a_{f(T)} \cdot (1 - e^{-b_{f(T)} \cdot t})$	0.936	2.820	0.951	3.665

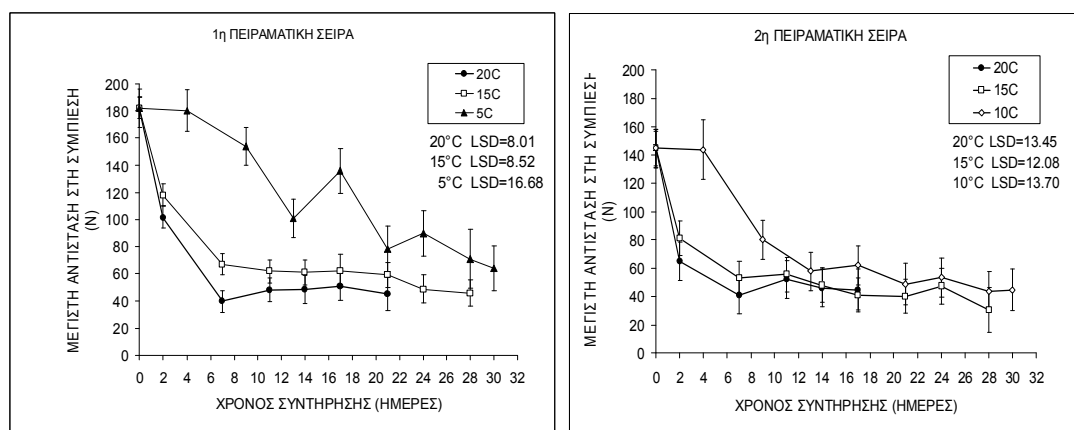
Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται ενδεικτικά για την 1^η πειραματική σειρά, οι γραφικές συσχετίσεις που προέκυψαν από τη σύγκριση των πειραματικών μέσων τιμών των αδιάστατων μεταβολών $\Delta L^*/L_0^*$ και ΔE^* με τις προβλεπόμενες τιμές από τις εξ. (2) και (3) αντίστοιχα. Τα όρια πρόβλεψης έχουν υπολογιστεί σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Σχήμα 4. Πειραματικές τιμές της μεταβολής $\Delta L^*/L_0^*$ και της ολικής μεταβολής του χρώματος (ΔE^*) έναντι των προβλεπόμενων από τις εξ. (2) και (3).

3.4 ΥΦΗ – ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η μεταβολή της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση με το χρόνο συντήρησης για τις δύο πειραματικές σειρές. Στην 1^η πειραματική σειρά οι τομάτες στους 5 °C διατήρησαν υψηλή αντίσταση στη συμπίεση περίπου μέχρι την 22^η ημέρα συντήρησης, ενώ για τις τομάτες στους 15 °C και 20 °C η αντίσταση στη συμπίεση φαίνεται να σταθεροποιείται μετά τη 10^η ημέρα. Για τη δεύτερη πειραματική σειρά από τη 13^η ημέρα συντήρησης και μετά η αντίσταση των τοματών στη συμπίεση κυμαίνεται στα ίδια περίπου επίπεδα και για τις τρεις θερμοκρασίες (10 °C, 15 °C και 20 °C).



Σχήμα 5. Μεταβολή της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση τοματών.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η θερμοκρασία έχει σημαντική επίδραση στη μεταβολή της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση, $p_{\text{value}}=0.0068<0.05$ και $p_{\text{value}}=0.0315<0.05$ για την 1^η και 2^η πειραματική σειρά αντίστοιχα. Αντίστοιχα για την κλίση της αντίστασης των καρπών στη συμπίεση, η θερμοκρασία εμφανίζεται να έχει στατιστικά σημαντική επίδραση και στις δύο πειραματικές σειρές ($p_{\text{value}}=0.0064<0.05$ και $p_{\text{value}}=0.0133<0.05$). Βάσει των προηγούμενων αναπτύχθηκαν οι εξ. (4) και (5) για

τη μέγιστη αντίσταση και την κλίση της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση, συναρτήσει της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης:

$$R_{Cmax} = (0.007 - 0.011 \cdot \theta^{-1})^{-1} - (21.708 + 0.278 \cdot \theta) \cdot t^{0.5} \quad (4)$$

$$a_R = \exp[(9.970 - 0.025 \cdot \theta) - (0.231 + 0.007 \cdot \theta) \cdot t^{0.5}] \quad (5)$$

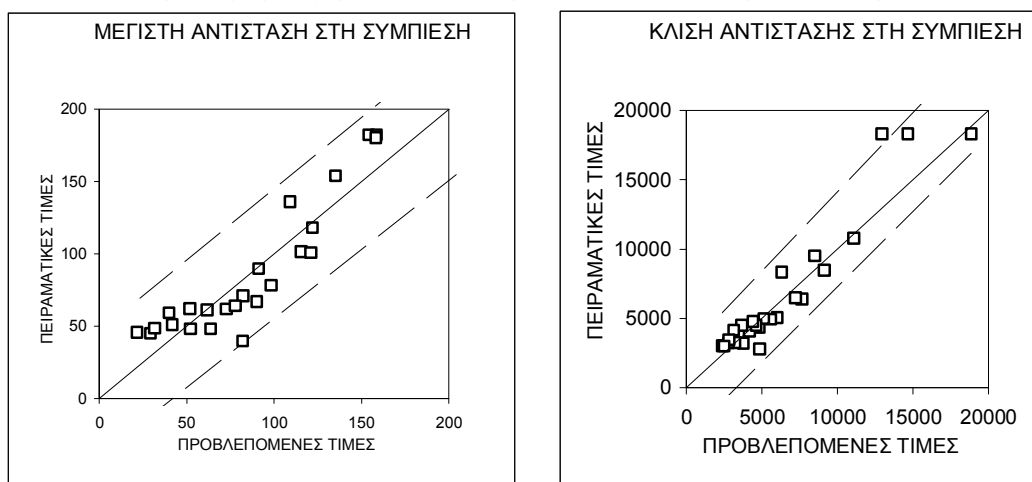
Όπου: a_R η κλίση της αντίστασης στη συμπίεση (N/mm), θ η θερμοκρασία (°C), t ο χρόνος συντήρησης (ημέρες), R_{Cmax} η μέγιστη αντίσταση στη συμπίεση (N), θ η θερμοκρασία συντήρησης (°C) και t ο χρόνος συντήρησης (ημέρες).

Οι συντελεστές προσδιορισμού των εξ. (4) και (5) και τα τυπικά σφάλματα απόκλισης για τις δύο πειραματικές σειρές δίνονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Συντελεστές προσδιορισμού και τυπικά σφάλματα απόκλισης των εξ. (4) και (5).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	R ²	(S.E.E)
1 ^η	$R_{maxC} = a_{f(\theta)} + b_{f(\theta)} \cdot t^{0.5}$	0.846	19.86
2 ^η		0.838	14.53
1 ^η	$a_R = \exp(a_{f(\theta)} + b_{f(\theta)} \cdot t^{0.5})$	0.909	1499.300
2 ^η		0.945	508.930

Στο Σχήμα 6 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις των πειραματικών μέσων τιμών της μέγιστης αντίστασης και της κλίσης της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση με τις προβλεπόμενες τιμές από τις εξισώσεις (4) και (5) για την 1^η πειραματική σειρά. Τα εμφανιζόμενα όρια πρόβλεψης υπολογίσθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.



Σχήμα 6. Πειραματικές τιμές έναντι προβλεπόμενων για τη μέγιστη αντίσταση και την κλίση της μέγιστης αντίστασης στη συμπίεση για την 1^η πειραματική σειρά.

3.5. ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Όπως προέκυψε τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά δεν παρουσίασαν σημαντική μεταβολή κατά τη διάρκεια της συντήρησης των τοματών και στις δύο πειραματικές σειρές. Στη 2^η πειραματική σειρά ωστόσο κυμάνθηκαν σε υψηλότερα επίπεδα συγκριτικά με την 1^η σειρά.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η θερμοκρασία παρουσιάζεται να έχει σημαντική επίδραση στην αναπνευστική δραστηριότητα της βιολογικής τομάτας, η οποία μειώθηκε αισθητά στις χαμηλότερες θερμοκρασίες συντήρησης. Ωστόσο οι καρποί τομάτας σταδίων ωριμότητας Breaker και Turning που συντηρήθηκαν στους 5 °C εμφάνισαν ασθένειες ψύχους.

Οι απώλειες μάζας που σημειώθηκαν, μεταβάλλονται γραμμικά με το χρόνο συντήρησης. Όπως ήταν αναμενόμενο στις υψηλότερες θερμοκρασίες συντήρησης (20 °C), σημειώθηκαν και οι μεγαλύτερες απώλειες μάζας. Δεδομένου ότι το μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό απωλειών για τις τομάτες είναι 7% (Thanh, 2006), προκύπτει από την 1^η πειραματική σειρά ότι οι τομάτες των συγκεκριμένων σταδίων ωριμότητας που αποθηκεύονται στους 20 °C, πρακτικά μετά τις 15 ημέρες συντήρησης καθίστανται μη εμπορεύσιμες.

Όπως ήταν αναμενόμενο η εμφάνιση του κόκκινου χρώματος των τοματών, η οποία οφείλεται και στην αποικοδόμηση της χλωροφύλλης a και b, είναι ταχεία σε υψηλές θερμοκρασίες συντήρησης (Tijssens and Evelo, 1994). Καταλήγοντας μπορούμε να πούμε ότι η ολική μεταβολή του χρώματος (ΔE^*) αυξάνει ενώ η φωτεινότητα (L^*) μειώνεται με το χρόνο συντήρησης των τοματών. Τις καλύτερες εκφράσεις χρωματικής μεταβολής της τομάτας έδωσαν οι αδιάστατοι παράγοντες $\Delta L^*/L_0^*$ και ΔE^* , για τις οποίες προτείνονται δύο σχέσεις πρόβλεψης με ικανοποιητική προσέγγιση ($0.844 < R^2 < 0.974$), που λαμβάνουν υπ' όψη τους τόσο τη θερμοκρασία όσο και το χρόνο συντήρησης.

Όσον αφορά την μεταβολή (μείωση) της υφής, η διατήρηση υψηλών τιμών αντίστασης στη συμπίεση καρπών που συντηρήθηκαν στους 5 °C και 10 °C, μπορεί να ερμηνευθεί από τον περιορισμό της δράσης των πηκτινολυτικών ενζύμων (τα οποία συμβάλλουν στην αποικοδόμηση των κυτταρικών τοιχωμάτων) στις χαμηλές θερμοκρασίες. Για τη περιγραφή της μεταβολής της υφής προτείνονται αξιόπιστες ($0.838 < R^2 < 0.945$) σχέσεις συναρτήσεως της θερμοκρασίας και του χρόνου συντήρησης.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι τα επίπεδα των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών ήταν αρκετά υψηλά για τις τομάτες της 2^{ης} πειραματικής σειράς, γεγονός που μπορεί να οφείλεται στο ότι οι καρποί ήταν θερινής συγκομιδής (αντίθετα με της 1^{ης} πειραματικής σειράς που ήταν χειμερινής) οπότε και ευνοήθηκαν από τις υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τη φυσιολογική τους ωρίμαση, ως προς το σχηματισμό περισσότερων σακχάρων. Τα υψηλά ποσοστά των ολικών διαλυτών στερεών, μπορεί να αποδοθούν και στο ότι το προϊόν ήταν βιολογικής καλλιέργειας (Caris-Veyrat et al., 2004; Hallmann and Rembialkowska, 2007).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbott A.J., 1999. *Quality measurement of fruits and vegetables*. Postharvest Biology and Technology. 15: 207-225.
- Anonymous, 1995. *Minolta, Chroma Meter CR-300*. Instruction Manual Minolta. Japan. p. 81
- Anonymous, 2001. HunterLab, *The Basics Of Color Perception and Measurements*. HunterLab Presents, Version 1.4. Available at: www.hunterLab.com.
- Bourn, D. and Prescott, J., 2002. *A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 42 (1): 1-34.
- Caris-Veyrat, C., Amiot, M.J., Tyssandier, V., Grasselly, D., Buret, M., Mikolajczak, M., Guillard, J.C., 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*

- in humans*'. J Agric Food Chem, 52: 6503-6509.
- Carvalho Fernando, P., 2006. *Agriculture, pesticides, food security and food safety* (Review). Environmental Science & Policy, 9: 685-692.
- Flores, A.R. and Gast, L.B., 1997. *Postharvest Management of Commercial Horticultural Crops—Storage Options Fruits & Vegetables*. Kansas State University—Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.
- Gennaro, L. and Quaglia, G.B., 2003. *Food Safety and Nutritional Quality of Organic Vegetables*. ISHS Acta Horticulturae, 614: VI International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate: Product and Process Innovation.
- Hallmann, E. and Rembialkowska, 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.
- Λαμπρινός, Γ. και Μητρόπουλος, Δ., 2004. *Φορητή συσκευή και μέθοδος μέτρησης αναπνοής καρπών*. Οργανισμός Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας (ΟΒΙ). Αρ. Ευρεσιτεχνίας 1004590/07-06-2004.
- Λαμπρινός, Γ., Μανωλοπούλου, Ε. και Μητρόπουλος, Δ., 2006. *Αναπνευστικός Θάλαμος, Φορητή Συσκευή και Μέθοδος Μέτρησης του Ρυθμού Αναπνοής Καρπών*. ΔΕ ΟΒΙ αριθ. 1005205/02-05-2006.
- Pither, R., Hall, M.N., 1990. *Analytical survey of the nutritional composition of organically grown fruits and vegetables*. Technical Memorandum, 597, MAFF project 4350, Campden Food & Drink Research Association.
- Saltveit, E.M., 2005. *Tomatoes. Fruit Ripening and Fruit Quality*. CABI Publishing, London.
- Sargent, S.A. and Moretti, C.L., 2004. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. Agriculture Handbook Number 66. <http://usna.usda.gov/hb66/contents.htm>
- Thanh, C.D., 2006. *Introduction to the Postharvest Physiology of Tomato and Chilli*. RETA 6208 Training-Workshop on Postharvest Research and Technology Development.
- Winter Carl, K. and Davis Sarah, F., 2006. *Organic Foods. Concise Reviews in Food Science*. Journal of Food Science, 71 (9): 117-124.
- 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.
- Yam, L.K. and Papadakis, E.S., 2004. *A simple digital imaging method for measuring and analyzing colour of food surfaces*. Journal of Food Engineering, (61): 137-142.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΑΖΑΣ ΝΩΠΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΨΥΞΗ

Στ. Ψυχογιού¹, Α. Κατσογιάννη¹, Ε. Μανωλοπούλου²,
Γ. Ξανθόπουλος¹ και Γρ. Λαμπρινός¹

¹Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75,
Τ.Κ. 11855, Αθήνα, Τηλ.: 210 529 4029 & 4031, Φαξ: 210 529 4032

²Τμήμα Φ.Π., Σχολή Τ.Ε.Γ., Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας, Αντικάλamos, Καλαμάτα, Τ.Κ. 24100
E-mail: ¹refrigenergy@aua.gr, ²e.manolopoulou@teikal.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της μελέτης ήταν ο ποσοτικός διαχωρισμός των φυσιολογικών και των φυσικών απωλειών μάζας νωπών καρπών τομάτας βιολογικής καλλιέργειας κατά τη συντήρησή τους. Από την επεξεργασία των δεδομένων απώλειας μάζας τόσο των ασυσκευαστων όσο και των συσκευασμένων καρπών, προέκυψαν εκθετικής μορφής συσχετίσεις του ρυθμού των ολικών απωλειών μάζας με το έλλειμμα πίεσης υδρατμών (Ε.Π.Υ) του χώρου συντήρησης ($R^2=0.961$), καθώς και του ρυθμού των φυσιολογικών απωλειών μάζας συναρτήσει της θερμοκρασίας ($R^2=0.999$) αντίστοιχα. Η διαφορά τιμών των δύο αυτών καμπυλών εκφράζει το ρυθμό αφυδάτωσης λόγω φυσικών μόνο διεργασιών και συσχετίστηκε μέσω μιας πολυωνυμικής σχέσης ($R^2=0.926$) με το Ε.Π.Υ. Από τις σχέσεις φυσικών και φυσιολογικών απωλειών μάζας, είναι δυνατή η πρόβλεψη των ολικών απωλειών μάζας της βιολογικής τομάτας κατά τη συντήρησή.

Λέξεις κλειδιά: απώλειες μάζας, βιολογική τομάτα, συντήρηση με ψύξη.

MASS LOSS ESTIMATION OF ORGANIC TOMATO DURING COLD STORAGE

S. Psychogiou¹, A. Katsogianni¹, E. Manolopoulou²,
G. Xanthopoulos¹ and Gr. Lambrinos¹

¹Department of Natural Resources Development & Agricultural Engineering,
Agricultural University of Athens, 75 Iera Odos Str., 118 55, Athens, Greece
Tel.: +3 210 5294029 & 4031, Fax: +3 210 5294032

²Dept. of Crop Science, T.E.I. of Kalamata, 24 100, Antikalamos, Kalamata
E-mail: ¹refrigenergy@aua.gr, ²e.manolopoulou@teikal.gr

ABSTRACT

The aim of this work was to quantitative discriminate mass losses of cold stored organic-grown tomato due to physiological and physical phenomena. The analysis showed that the total mass loss rate of unpackaged produce varies exponentially with the water vapour pressure deficit (WVPD) ($R^2=0.961$). In a similar way mass loss rate of the packaged tomatoes due to physiological activity ($R^2=0.999$) varies with the storage temperature. The difference between the values of the previous relations, describes mass losses due to physical phenomena and expressed by a polynomial equation ($R^2=0.926$) as the dehydration rate with the WVPD. From the two derived expressions is feasible to be predicted the overall mass losses during the cold storage of organic-grown tomato.

Key words: mass loss, organic tomato, cold storage.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα νωπά φρούτα και τα λαχανικά χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε νερό και συντηρούνται συνήθως σε χαμηλή θερμοκρασία (0-10 °C). Η μείωση της θερμοκρασίας αποσκοπεί στη μείωση της βιολογικής δραστηριότητας, στον περιορισμό των απωλειών μάζας (κυρίως υγρασίας) και τελικά στη διατήρηση της ποιότητας και στην αύξηση του χρόνου συντήρησης (Woods, 1990).

Ανάλογα με το είδος και την ποικιλία, η απώλεια μάζας πέραν κάποιας συγκεκριμένης τιμής (5-10%) μπορεί να οδηγεί σε εμπορική απαξίωση. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για νωπά προϊόντα που αφυδατώνονται εύκολα (Gorini et al., 1979; Kays, 1991). Έχουν αναπτυχθεί αρκετά μαθηματικά μοντέλα για την περιγραφή και εκτίμηση του φαινομένου της απώλειας μάζας και ειδικότερα της αφυδάτωσης (Sastry et al., 1978; Sastry and Buffington, 1982; Becker and Fricke, 1994; Whitelock et al., 1999), με επικρατέστερο μοντέλο αυτό που θεωρεί ότι το νερό εξατμίζεται διαμέσου της επιδερμίδας προς τον περιβάλλοντα αέρα. Τα μοντέλα αυτά ωστόσο, παρουσιάζουν σημαντικά λάθη εκτίμησης σε προϊόντα με έντονο ρυθμό αναπνοής ή σε συνθήκες με χαμηλό έλλειμμα πίεσης υδρατμών καθώς δεν μπορούν να διακρίνουν το φυσιολογικό από το φυσικό φαινόμενο.

Θεωρώντας ότι ο ρόλος των φυσιολογικών φαινομένων (αναπνοή-διαπνοή) είναι πολύ πιο σημαντικός απ' όσο εκτιμούν τα αναφερθέντα μοντέλα, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του φαινομένου και η προσπάθεια διάκρισης των φυσιολογικών απωλειών από τις φυσικές, καθώς και η ανάπτυξη μαθηματικών σχέσεων πρόβλεψής τους.

2. ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

Και στις δύο πειραματικές σειρές χρησιμοποιήθηκαν καρποί επιτραπέζιας βιολογικής τομάτας (υβρίδιο Alma), σταδίου ωριμότητας 3, "Turning" (Sargent and Moretti, 2004; Saltveit, 2005), οι οποίοι συλλέχθηκαν από τοπικό παραγωγό (Αγ. Στέφανος, Αττική). Οι τομάτες μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου μετά τη διαλογή τοποθετήθηκαν σε πλαστικά τελάρα και σε θαλάμους θερμοκρασιών 5 °C, 10 °C 15 °C και 20 °C. Η μέτρηση της αναπνοής και η αρχική ζύγιση των καρπών έγινε την επόμενη ημέρα μετά την αποκατάσταση της τελικής θερμοκρασίας κάθε ομάδας. Οι τομάτες που προορίζονταν να συντηρηθούν εντός συσκευασίας, χωρίστηκαν σε τετράδες πριν τοποθετηθούν στους αντίστοιχους θαλάμους μαζί με τα υλικά συσκευασίας, προκειμένου να επέλθει θερμική εξισορρόπηση και ν' αποφευχθεί η δημιουργία συμπυκνωμάτων κατά και μετά τη συσκευασία, η οποία πραγματοποιήθηκε με θερμική συγκόλληση εντός των χώρων συντήρησης, την επομένη. Τη συσκευασία ακολούθησε ζύγιση ολόκληρων των συσκευασιών.

Για τις συσκευασίες διαφορετικού πάχους χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά φιλμ πολυαιθυλενίου υψηλής (HDPE) και χαμηλής (LDPE) πυκνότητας και μεγάλης διαπερασης στα αναπνευστικά αέρια, με στόχο η τροποποιημένη ατμόσφαιρα που θα δημιουργηθεί μέσα στη συσκευασία να μην επηρεάσει σημαντικά την αναπνευστική δραστηριότητα των καρπών.

Η ανάλυση των αερίων (O₂ και CO₂) εντός των συσκευασιών γινόταν καθημερινά με τη βοήθεια αναλυτή οξυγόνου-διοξειδίου του άνθρακα CHECK MATE 99000. Για τη διευκόλυνση της δειγματοληψίας των αναπνευστικών αερίων από τις συσκευασίες, είχε επικολληθεί σε κάθε μια από αυτές ειδικό septum. Μετρήσεις των συγκεντρώσεων των αερίων έγιναν μέχρι τη σταθεροποίησή τους, η οποία επετεύχθη μεταξύ 5^{ης} και 8^{ης} ημέρας ανάλογα με το πλαστικό φιλμ και τη θερμοκρασία συντήρησης.

Οι μετρήσεις της αναπνοής τόσο των ασυσκευαστων καρπών, όσο και των συσκευασμένων μετά τη σταθεροποίηση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας, πραγμα-

τοποιήθηκαν με τη φορητή διάταξη RICKLOS (Λαμπρινός και Μητρόπουλος, 2004; Λαμπρινός κ.α., 2006; Λαμπρινός και Μητρόπουλος, 2006) της οποίας η διακριτική ικανότητα είναι 25 ppm CO₂ και η ακρίβειά της ± 100 ppm CO₂.

Η μέτρηση της μάζας των καρπών πραγματοποιήθηκε με ηλεκτρονικό ζυγό AND (FA-2000) ακριβείας 0.02g. Θεωρήθηκε ότι οι απώλειες μάζας των ασυσκεύαστων καρπών τομάτας συνιστούν φυσιολογικές και φυσικές απώλειες, ενώ αυτές των συσκευασμένων καρπών αντιπροσωπεύουν μόνο τις φυσιολογικές απώλειες εφόσον το έλλειμμα πίεσης υδρατμών εντός των συσκευασιών είναι πρακτικά μηδέν.

Η καταγραφή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας των ψυκτικών θαλάμων συντήρησης έγινε με σύστημα καταγραφής Hobo Micro Station, συνδεδεμένο με αισθητήρες Hobo H8 ακριβείας ± 0.7 °C και $\pm 3\%$ αντίστοιχα.

Η στατιστική επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων έγινε με το πρόγραμμα Statgraphics Centurion XV.I. Οι μέσες τιμές καθώς και τα αντίστοιχα διαστήματα εμπιστοσύνης, υπολογίστηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0.05$.

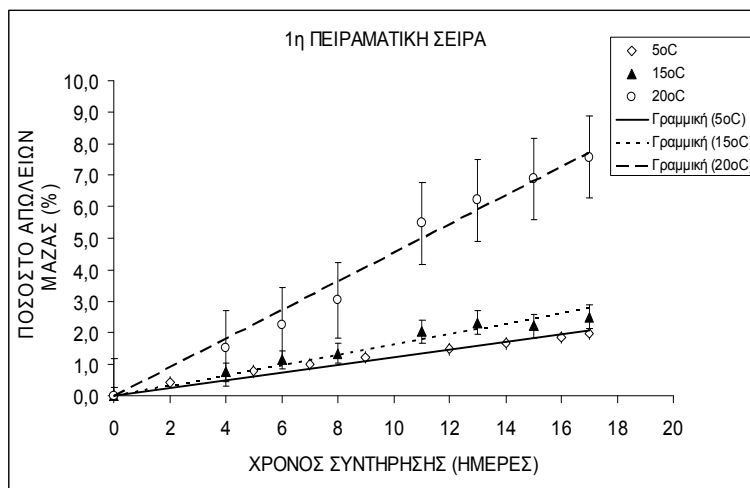
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΧΟΛΙΑ

Η στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών της αναπνοής (ασυσκεύαστης τομάτας) των δύο πειραματικών σειρών οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι δύο σειρές δε διαφέρουν σημαντικά ($p_{\text{value}}=0.455 > 0.05$). Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της αναπνοής προκύπτει ότι η θερμοκρασία έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην αναπνευστική δραστηριότητα της ασυσκεύαστης βιολογικής τομάτας ($p_{\text{value}} < 0.001$).

Οι απώλειες μάζας της ασυσκεύαστης τομάτας συναρτήσει του χρόνου συντήρησης (Σχήμα 1) παρουσιάζουν γραμμική μεταβολή της μορφής:

$$ML = a \cdot t \quad (1)$$

Όπου: *ML*: οι απώλειες μάζας (%), *a*: η κλίση της ευθείας, *t*: ο χρόνος συντήρησης (ημέρες)



Σχήμα 1. Ποσοστό απωλειών μάζας ασυσκεύαστων τοματών συναρτήσει του χρόνου συντήρησης, κατά τη συντήρησή τους σε θερμοκρασίες 5 °C, 15 °C και 20 °C.

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τις συνθήκες συντήρησης (μέση θερμοκρασία, μέση σχετική υγρασία), την κλίση *a* και το συντελεστή προσδιορισμού R^2 των σχέσεων που προκύπτουν για την απώλεια μάζας, από τις δύο πειραματικές σειρές.

Πίνακας 1. Μέσες συνθήκες συντήρησης, μέσες κλίσεις (α) και συντελεστές προσδιορισμού (R^2) των απωλειών μάζας συναρτήσει του χρόνου συντήρησης.

1^η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ

ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΜΕΣΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	α	R^2
5.42	79.31	0.122	0.966
15	76.46	0.162	0.952
21	66.37	0.453	0.981

2^η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ

ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΜΕΣΗ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	α	R^2
9.13	87.45	0.107	0.969
14.88	87.31	0.131	0.986
20.54	72.82	0.362	0.999

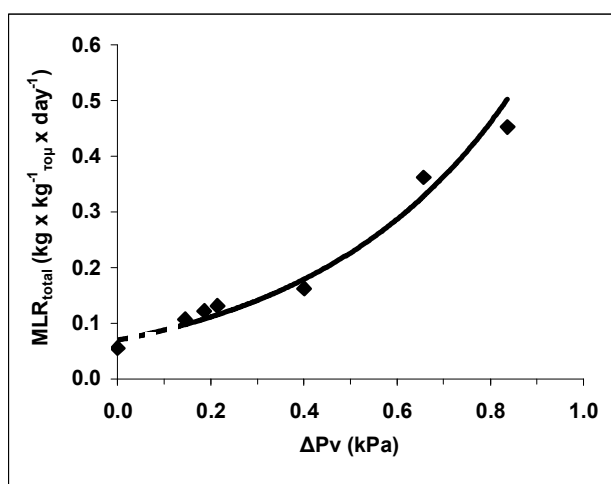
Ο ρυθμός απωλειών μάζας της ασυσκεύαστης τομάτας μπορεί να περιγραφεί (Σχήμα 2) από την ακόλουθη εκθετική σχέση συναρτήσει του ελλείμματος πίεσης υδρατμών ($R^2=0.961$):

$$MLR_{total}=0.0055 \cdot \exp(2.37 \cdot \Delta P_v) \quad (2)$$

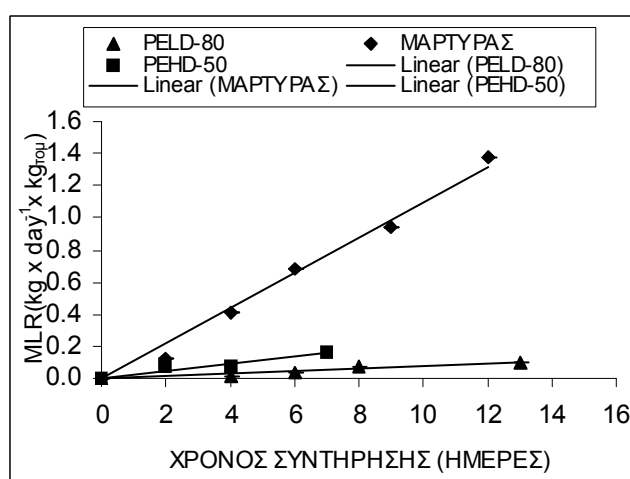
Όπου: MLR_{total} : ο ρυθμός απωλειών μάζας ($kg \cdot kg^{-1}_{τομ} \cdot day^{-1}$), ΔP_v : έλλειμμα πίεσης υδρατμών (kPa).

Όπως ήταν αναμενόμενο, στις υψηλές θερμοκρασίες συντήρησης παρατηρούνται και οι μεγαλύτερες απώλειες μάζας. Δεδομένου ότι το μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό απωλειών για την τομάτα είναι 7% (Thanh, 2006), προκύπτει ότι οι τομάτες βιολογικής καλλιέργειας που συντηρούνται στους 20 °C πρακτικά μετά από 15 ημέρες καθίστανται από πλευράς απωλειών μάζας μη εμπορεύσιμες.

Η επιλογή των συσκευασιών για την επεξεργασία των δεδομένων που αφορούν την απώλεια μάζας της συσκευασμένης βιολογικής τομάτας, έγινε με βάση δύο κριτήρια: τη δημιουργηθείσα εσωτερική (τροποποιημένη) ατμόσφαιρα (συγκέντρωση $O_2 > 15\%$, συγκέντρωση $CO_2 < 3\%$) αφ' ενός και τη σχέση της αναπνοής ασυσκεύαστης/ συσκευασμένης τομάτας που πρέπει να είναι πρακτικά ίση με 1 ($RR_0/RR_{MAP}=1 \pm 0.1$) αφ' ετέρου. Τα πλαστικά που ανταποκρίθηκαν σ' αυτά τα κριτήρια ήταν τα HDPE-30, HDPE-50, LDPE-60, HDPE-70 και LDPE-80, ανάλογα με τη θερμοκρασία συντήρησης. Στο Σχήμα 3 εμφανίζεται ενδεικτικά ο ρυθμός απωλειών μάζας δύο τύπων συσκευασίας (HDPE-50 και LDPE-80) σε σύγκριση με την ασυσκεύαστη τομάτα σε θάλαμο συντήρησης 10 °C.



Σχήμα 2. Ρυθμός απωλειών μάζας ασυσκευαστών τοματών συναρτήσει του ελλείμματος πίεσης υδρατμών.



Σχήμα 3. Ρυθμός απωλειών μάζας για τομάτες συσκευασμένες σε LDPE–80 και HDPE–50 σε θερμοκρασία συντήρησης 10 °C.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι τιμές του συντελεστή α και του συντελεστή προσδιορισμού R^2 της γραμμικής σχέσης $MLR = \alpha \cdot t$, που προέκυψαν από τις επιλεγμένες συσκευασίες στις διάφορες θερμοκρασίες.

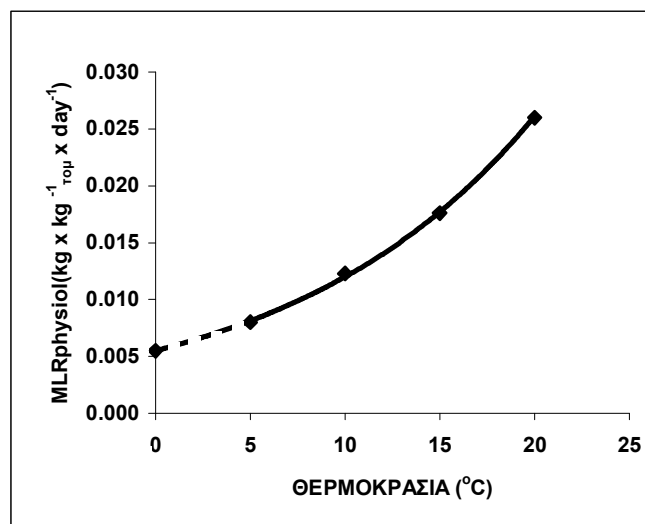
Πίνακας 2. Μέσες κλίσεις (α) και συντελεστές προσδιορισμού (R^2) των απωλειών μάζας των συσκευασμένων τοματών συναρτήσει του χρόνου συντήρησης.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (°C)	ΥΛΙΚΟ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	α	R^2
5	HDPE–30	0.008	0.944
10	LDPE–60	0.0123	0.998
15	LDPE–80	0.0176	0.899
20	HDPE–50	0.026	0.999
	LDPE–60		0.996

Με βάση τις μέσες απώλειες μάζας ανά θερμοκρασία των συσκευασμένων καρπών τομάτας, έγινε προσπάθεια έκφρασης των φυσιολογικών απωλειών μάζας συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης. Η σχέση που περιγράφει το φαινόμενο με πολύ ικανοποιητικό συντελεστή προσδιορισμού ($R^2=0.999$) είναι εκθετική της μορφής (Σχήμα 4):

$$MLR_{\text{physiol}} = 0.0055 \cdot e^{0.078\theta} \quad (3)$$

Όπου: MLR_{physiol} : ο ρυθμός απωλειών μάζας φυσιολογικής φύσεως ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{τομ}} \cdot \text{day}^{-1}$), θ : η θερμοκρασία συντήρησης ($^{\circ}\text{C}$)



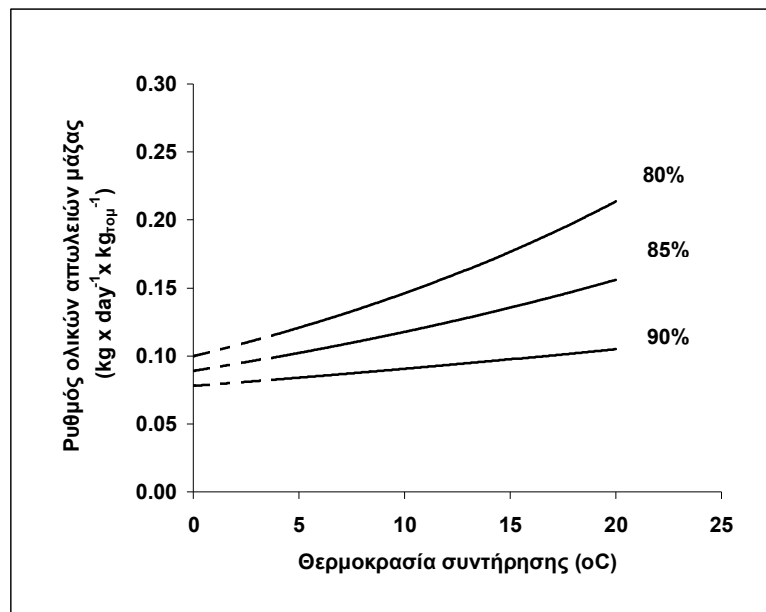
Σχήμα 4. Ρυθμός φυσιολογικών απωλειών μάζας συσκευασμένων βιολογικών τοματών συναρτήσει της θερμοκρασίας συντήρησης.

Εάν από τις ολικές απώλειες μάζας που δίνει η σχέση (2) αφαιρεθούν οι φυσιολογικές απώλειες μάζας που δίνει η σχέση (3) προκύπτουν οι απώλειες μάζας που οφείλονται σε φυσικές καθαρά διεργασίες, δηλ. διάχυση υδρατμών λόγω ελλείμματος πίεσης υδρατμών στο χώρο συντήρησης. Έτσι προκύπτει η πολυωνμική σχέση (4) ($R^2=0.926$):

$$MLR_{\text{physic}} = 0.085 \cdot \Delta P_v^2 + 0.433 \Delta P_v + 0.002 \quad (4)$$

Όπου: MLR_{physic} : ο ρυθμός απωλειών μάζας λόγω διάχυσης ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{τομ}} \cdot \text{day}^{-1}$), ΔP_v : έλλειμμα πίεσης υδρατμών (kPa).

Με βάση τις σχέσεις (3) και (4) είναι δυνατή η εκτίμηση (πρόβλεψη) των συνολικών απωλειών μάζας συντηρούμενης τομάτας βιολογικής καλλιέργειας όταν είναι γνωστές από καταγραφές του χώρου συντήρησης η μέση θερμοκρασία και η μέση σχετική υγρασία. Ενδεικτικά παρουσιάζεται στο Σχήμα 5 ο ρυθμός απωλειών μάζας βιολογικής τομάτας που συντηρείται σε διάφορες θερμοκρασίες και μέσες σχετικές υγρασίες 80, 85 και 90%.



Σχήμα 5. Ρυθμός απωλειών μάζας τομάτας βιολογικής καλλιέργειας σε διάφορες θερμοκρασίες συντήρησης και μέσες σχετικές υγρασίες 80%, 85% και 90%.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων απώλειας μάζας τόσο των ασυσκευαστών όσο και των συσκευασμένων καρπών τομάτας οδήγησε με υψηλή προσέγγιση ($0.961 \leq R^2 \leq 0.999$) σε εκθετικής μορφής συσχετίσεις του ρυθμού των ολικών και φυσιολογικών απωλειών μάζας. Η διαφορά τιμών των δύο αυτών καμπυλών οδήγησε σε μια πολυωνυμική σχέση ($R^2=0.926$) που εκφράζει το ρυθμό αφυδάτωσης λόγω φυσικών μόνο διεργασιών συναρτήσει του ελλείμματος πίεσης υδρατμών του χώρου συντήρησης.

Καταγράφοντας λοιπόν τις συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας ενός ψυκτικού θαλάμου και με βάση τις δύο τελευταίες σχέσεις, είναι δυνατόν να εκτιμηθεί (προβλεφθεί) ο ρυθμός ολικών απωλειών μάζας (από φυσιολογικές και φυσικές διεργασίες) της τομάτας βιολογικής καλλιέργειας μετά από συγκεκριμένο χρόνο συντήρησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Becker, B.R. and Fricke, B.A., 1996. *Transpiration and respiration of fruits and vegetables*. Proceedings of the Int. Meeting "New Developments in Refrigeration", Lexington, pp. 110-121.
- Gorini, F.L., Sozzi, A., Rosati, P. and Faedi, W., 1979. *Weight losses of standard and spur clones of Golden Delicious apples during storage*. Proceedings of XVth Int. Congress of Refrigeration, Vol. III, pp. 799-806, Venice.
- Kays, S.J., 1991. *Postharvest physiology of perishable plant products*. Ed. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Λαμπρινός, Γρ. και Μητρόπουλος, Δ., 2004. *Φορητή συσκευή και μέθοδος μέτρησης αναπνοής καρπών*. Οργανισμός Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας (ΟΒΙ). Αρ. Ευρεσιτεχνίας 1004590/07-06-2004.
- Λαμπρινός Γρ., Μανωλοπούλου, Ε. και Μητρόπουλος, Δ., 2006. *Αναπνευστικός Θάλαμος, Φορητή Συσκευή και Μέθοδος Μέτρησης του Ρυθμού Αναπνοής Καρπών*. ΔΕ ΟΒΙ αριθ. 1005205/02-05-2006.
- Λαμπρινός, Γρ. και Μητρόπουλος, Δ., 2006. *Φορητή Συσκευή και Μέθοδος Μέτρησης του ρυθμού Αναπνοής Καρπών που είναι συσκευασμένοι σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα*.

- Οργανισμός Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας (ΟΒΙ). Αρ. Ευρεσιτεχνίας 1005204/02-05-2006.
- Saltveit, E.M., 2005. *Tomatoes. Fruit Ripening and Fruit Quality*. CABI Publishing, London.
- Sargent, S.A. and Moretti, C.L., 2004. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. Agriculture Handbook Number 66.
- Sastry, S.K. & Buffington, D.E., 1982. *Transpiration rates of stored perishable commodities: a mathematical model and experiments on tomatoes*. Transactions of ASHRAE. 88:159-184.
- Sastry, S.K., Baird, C.D. and Buffington, D.E., 1978. *Transpiration rates of certain fruits and vegetables*. Transactions of ASHRAE. 84(1): 237-255.
- Thanh, C.D., 2006. *Introduction to the Postharvest Physiology of Tomato and Chilli*. RETA 6208 Training-Workshop on Postharvest Research and Technology Development.
- Whitelock, D.P., Brusewitz, G.H. and Ghajar, A.J., 1999. *Thermal/Physical Properties Affect Predicted Weight Loss of Fresh Peaches*. American Society of Agricultural Engineers, 42(4): 1047-1053.
- Woods, J.L., 1990. *Moisture loss from fruits and vegetables*. Postharvest News and Information, 1(3): 195-199.

ΤΕΧΝΗΤΗ ΞΗΡΑΝΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΛΕΥΚΩΝ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ *AGARICUS BISPORUS* ΣΕ ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ

Θ. Σωτηριάδης, Π-Ε Αγγλογάλλος, Γ. Ξανθόπουλος και Γρ. Λαμπρινός
Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Τμήμα ΑΦΠ & ΓΜ., Γεωπονικό Πανεπιστήμιο
Αθηνών, Ιερά Οδός 75, Τ.Κ 118 55, Αθήνα, Τηλ.: 210 5294031, Fax: 210 524032
E-mail: refrigenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε ξήρανση ολόκληρου λευκού μανιταριού *Agaricus bisporus* σε τρεις στρώσεις με σκοπό τη μελέτη της μεταβολής της περιεχόμενης υγρασίας, του ρυθμού αφυδάτωσης και του φαινομένου συντελεστή διάχυσης στις στρώσεις ξήρανσης. Πραγματοποιήθηκαν εννέα πειράματα ξήρανσης σε τρεις θερμοκρασίες (45, 55 και 65 °C) και τρεις ταχύτητες αέρα ξήρανσης (1.0, 3.0 και 5.0 m/s). Υπολογίστηκαν και παρουσιάζονται οι μεταβολές των μέσων όρων MR και DR των τριών στρώσεων για τα τρία μελετηθέντα επίπεδα θερμοκρασίας. Ο μέσος όρος των τιμών του φαινομένου συντελεστή διάχυσης D_e παρουσιάζεται συναρτήσει της αδιάστατης περιεχόμενης υγρασίας για τις τρεις πειραματικές θερμοκρασίες ξήρανσης. Ο μόνος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει το φαινόμενο είναι η θερμοκρασία.

AIR DRYING OF *AGARICUS BISPOROUS* MUSHROOMS IN MULTIPLE LAYERS

Th. Sotiriadis, E.P. Agglogallos, G. Xanthopoulos and Gr. Lambrinos
Laboratory of Agricultural Engineering, Department of NRM & AE,
Agricultural University of Athens, 75 Iera Odos Str., Athens, Greece 11855,
Tel.: +3 210 5294031, Fax: +3 210 5294032
E-mail: refrigenergy@aua.gr

ABSTRACT

In the present work was studied the air drying of *Agaricus bisporus* mushrooms in three layers. Were studied the moisture content, the drying rate and the effective diffusion coefficient variation during the drying process. Nine drying cases, three air drying temperatures (45, 55 και 65 °C) and three air drying velocities (1.0, 3.0 και 5.0 m/s) were studied. The moisture ratios and the drying rates in all drying case and layers were calculated and studied. Finally the average effective diffusion coefficient for the three drying temperatures was calculated and graphically presented. The only significant factor affecting the phenomenon is the temperature of the drying air.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ανάμεσα στα 38,000 γνωστά είδη μανιταριών, το πιο διαδεδομένο καλλιεργούμενο είναι το λευκό μανιτάρι *Agaricus bisporus*. Τα εδώδιμα λευκά μανιτάρια είναι επιθυμητά για τα γευστικά χαρακτηριστικά τους, τη χαμηλή θερμιδική τους αξία, τις βιταμίνες της ομάδας Β και για τα μεταλλικά τους στοιχεία. Συγχρόνως όμως, είναι και ένα προϊόν που υποβαθμίζεται ποιοτικά ταχέως μετά τη συγκομιδή του. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η βέλτιστη εφαρμογή μεθόδων συντήρησης αμέσως μετά τη συλλογή τους. Μεταξύ των εφαρμοζόμενων μεθόδων συντήρησης, η ξήρανση αποτελεί μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδο.

Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές ερευνητικές εργασίες σχετικές με τη ξήρανση του λευκού μανιταριού. Οι Xanthopoulos et al. (2007) μελέτησαν την εφαρμογή επτά γνωστών ημιεμπειρικών μοντέλων ξήρανσης στα πειραματικά τους αποτελέσματα.. Εμπειρικά μοντέλα έχουν επίσης αναπτυχθεί από τους Giri και Prasad (2007) για την εκτίμηση της σταθεράς ξήρανσης και του ρυθμού αφυδάτωσης συναρτήσει των παραγόντων ξήρανσης με χρήση μικροκυμάτων και διηλεκτρικής ξήρανσης σε κενό. Οι Walde et al. (2007), μελέτησαν τα αποτελέσματα διαφόρων προχειρισμών και μεθόδων ξήρανσης στην αφυδάτωση των μανιταριών.

Ο Pabis (1999), ασχολήθηκε με την αρχική φάση της ξήρανσης σε λαχανικά και μανιτάρια καθώς και την επίδραση της συρρίκνωσης. Οι Shivhare et al. (2004), ανέπτυξαν ισόθερμες καμπύλες ξήρανσης για το λευκό εδώδιμο μανιτάρι *Agaricus bisporus*. Οι Torringa et al. (2000), μελέτησαν την αφυδάτωση των μανιταριών εφαρμόζοντας αρχικά οσμωτική αφυδάτωση και στη συνέχεια ξήρανση με μικροκύματα και θερμό ρεύμα αέρα. Παράλληλα οι Funebo και Ohlsson (1998) μελέτησαν τον συνδυασμό ξήρανσης με μικροκύματα και θερμό ρεύμα αέρα σε μήλο και μανιτάρι. Οι Min et al. (2005) μελέτησαν τη μετουσίωση των πρωτεϊνών σε μανιτάρια κάτω από διάφορες συνθήκες ξήρανσης.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η ξήρανση ολόκληρων μανιταριών σε τρεις στρώσεις, χωρίς προηγουμένως αυτά να έχουν υποστεί καμία επεξεργασία, με σκοπό την εκτίμηση του ρυθμού μεταβολής της αφυδάτωσης και του υγρασιακού πηλίκου συναρτήσει του χρόνου ξήρανσης.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

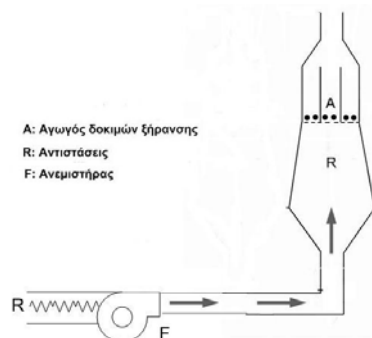
2.1. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Η ξήρανση των μανιταριών πραγματοποιήθηκε σε δυο πειραματικές εγκαταστάσεις ξήρανσης (Σχήμα 1), οι οποίες κατασκευάστηκαν στο εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Οι πειραματικές συσκευές εξασφαλίζουν έλεγχο της ταχύτητας και της θερμοκρασίας του αέρα ξήρανσης. Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος γινόταν συνεχής καταγραφή της απώλειας βάρους του υπό ξήρανση προϊόντος καθώς και των επιφανειακών θερμοκρασιακών μεταβολών (Xanthopoulos et al., 2007).

2.2. ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ ΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

Στα πειράματα ξήρανσης, χρησιμοποιήθηκαν για κάθε πειραματική συνθήκη μανιτάρια *Agaricus bisporus* με βάρους 12.28 ± 0.64 g ενώ η μέση αρχική περιεχόμενη υγρασία τους ήταν $92.42 \pm 0.38\%$ w.b. Πραγματοποιήθηκαν εννέα πειράματα ξήρανσης σε τρεις θερμοκρασίες ξήρανσης (45, 55 και 65 °C) και τρεις ταχύτητες αέρα (1.0, 3.0 και 5.0 m/s). Η διαδικασία ξήρανσης τερματιζόταν όταν η περιεχόμενη υγρασία σε φυσική κατάσταση ήταν κάτω από 18% w.b. Η μέση απόλυτη υγρασία του αέρα ξήραν-

σης στο επίπεδο ξήρανσης ήταν $5.8 \pm 1.1 \text{ kg}_w/\text{kg}_{da}$. Η τελική περιεχόμενη υγρασία, 18% w.b αντιστοιχεί σε ενεργότητα ύδατος a_w , 0.625 (45 °C), 0.675 (55 °C) και 0.750 (65 °C) (Xanthopoulos et al., 2007). Σύμφωνα με τον Beuchat (1987) το εύρος αυτό στην ενεργότητα ύδατος αποτελεί το κατώτατο όριο για τη μη ανάπτυξη μικροοργανισμών σε αφυδατωμένα προϊόντα.



Σχήμα 1. Πειραματική εγκατάσταση ξηραντηρίου με ηλεκτρικές αντιστάσεις.

2.3. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

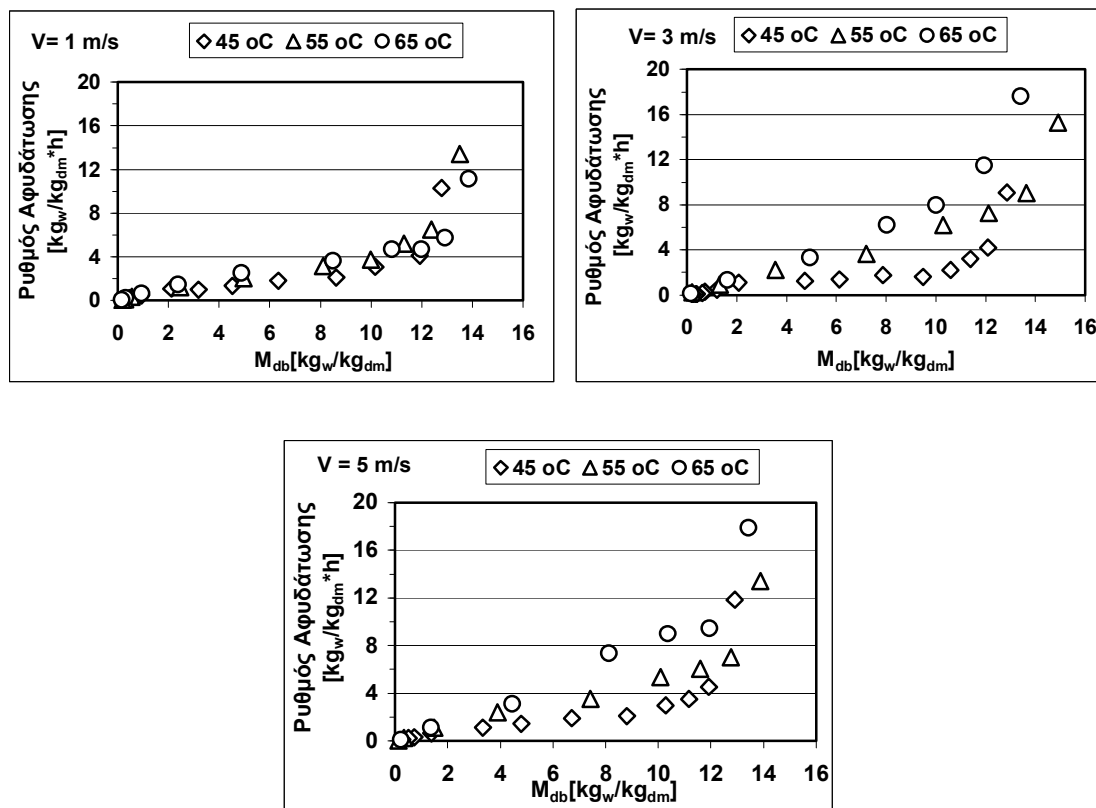
Στον αγωγό δοκιμών τοποθετήθηκε διάτρητο συρμάτινο καλάθι και παρεμβλήθηκαν μεταλλικά πλέγματα από το ίδιο υλικό ανάμεσα στις τρεις στρώσεις, με σκοπό το διαχωρισμό των στρώσεων και τη συγκράτηση των μανιταριών στη θέση τους κατά την εκτέλεση του πειράματος. Το πείραμα ξεκινούσε με τη ρύθμιση των συνθηκών του ξηραντηρίου (ταχύτητας αέρα και θερμοκρασίας). Ακολουθούσε εξαγωγή των μανιταριών από το ψυγείο, ζύγιση και μέτρηση των διαστάσεών τους (καταγραφή της μικρής και μεγάλης διαμέτρου του ισημερινού δίσκου του πύλου καθώς και μέτρηση του συνολικού ύψους του μανιταριού από τη βάση του στίπου έως το άνω άκρο του πύλου). Στη συνέχεια γινόταν τοποθέτησή τους με τον πύλο προς τα κάτω, αντίθετα προς τη ροή του αέρα. Η θέση των μανιταριών στο καλάθι ήταν πάντα συγκεκριμένη. Σε κάθε στρώση τοποθετούνταν 10–12 μανιτάρια. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα τα δείγματα ζυγίζονταν και καταγράφονταν οι διαστάσεις τους. Με το πέρας της ξήρανσης, τα μανιτάρια τοποθετούνταν σε κλίβανο θερμοκρασίας 104 °C, για τον προσδιορισμό της ξηράς τους ουσίας (AOAC, 1997). Καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων καταγράφονταν ανά πέντε λεπτά οι τιμές της θερμοκρασίας και υγρασίας του αέρα τόσο στην είσοδο του ξηραντηρίου, όσο και στην έξοδο από αυτό. Η καταγραφή γινόταν με σύστημα καταγραφής δεδομένων Hobo Micro Station συνδεδεμένο με αισθητήρες Hobo 8H (Onset Computer Corp.) διακριτικής ικανότητας 0.4 °C, 0.5% και ακρίβειας ± 0.7 °C, $\pm 3.0\%$ για τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία αντίστοιχα. Επίσης αισθητήρες για την καταγραφή της θερμοκρασίας και υγρασίας του αέρα ήταν τοποθετημένοι πριν και μετά τις στρώσεις των αφυδατούμενων μανιταριών. Η ταχύτητα του αέρα μετριοταν στην είσοδο του αγωγού δοκιμών με ανεμόμετρο θερμαινόμενου νήματος τύπου Climatherm, ακρίβειας $\pm 0.1 \text{ m/s}$. Οι μετρήσεις των διαστάσεων των μανιταριών γίνονταν με παχύμετρο ακρίβειας $\pm 0.02 \text{ mm}$.

Η ζύγιση των μανιταριών λάμβανε χώρα σε ηλεκτρονικό ζυγό τύπου FY-300 ακρίβειας $\pm 0.02 \text{ g}$ και διακριτικής ικανότητας 0.01 g. Η στατιστική ανάλυση, των πειραματικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα Statgraphics Plus 5.1.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΧΟΛΙΑ

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι για όλες τις πειραματικές συνθήκες δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών τόσο του αδιάστατου υγρασιακού πηλίκου MR

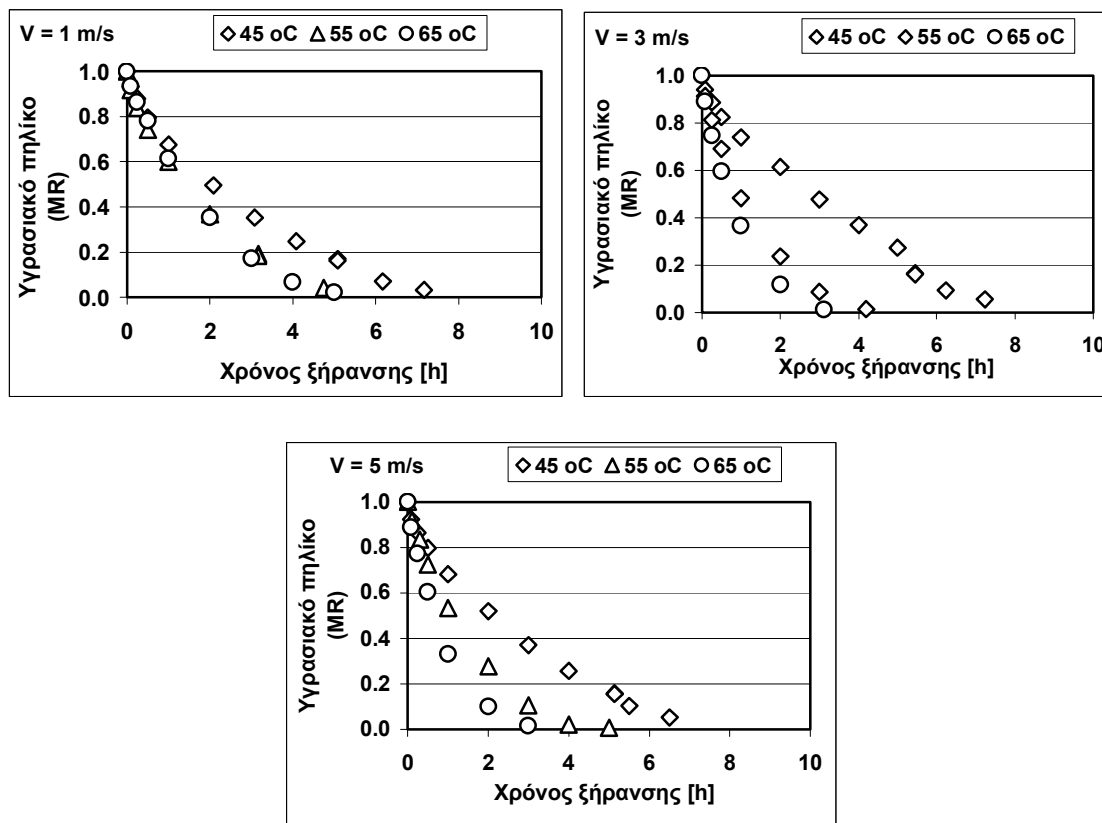
όσο και του ρυθμού αφυδάτωσης DR για τις τρεις ταχύτητες του αέρα ξήρανσης και τις τρεις στρώσεις των μανιταριών ($P \leq 0.05$). Η συμπεριφορά αυτή μπορεί να οφείλεται στην έλλειψη ικανής απόστασης μεταξύ των σειρών ξήρανσης η οποία απέτρεψε την ανάπτυξη φαινομένων που θα οδηγούσαν σε θερμοϋγρασιακή διαφοροποίηση της κάθε μίας στρώσης ξήρανσης. Εξαιτίας των προηγούμενων διαπιστώσεων εξήχθησαν οι μέσοι όροι των περιεχόμενων υγρασιών από τις τρεις στρώσεις και με αυτές ακολούθησε η περαιτέρω επεξεργασία τους. Οι μεταβολές των μέσων όρων των τιμών των MR και DR για τις τρεις στρώσεις παρουσιάζονται στα Σχήματα 2 και 3 αντίστοιχα για καθεμία από τις τρεις ταχύτητες του αέρα ξήρανσης. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η θερμοκρασία ξήρανσης είναι στατιστικά σημαντική ($P \leq 0.05$) για το MR και DR.



Σχήμα 2. Ρυθμός αφυδάτωσης συναρτήσει της περιεχόμενης υγρασίας για τις τρεις θερμοκρασίες και ταχύτητες αέρα.

Ο προσδιορισμός του φαινομένου συντελεστή διάχυσης D_e βασίστηκε στα συμπεράσματα από τη στατιστική ανάλυση και στην τροποποιημένη *Fickian* σχέση (αναλυτική επίλυση) όπως αυτή παρουσιάστηκε από τους Efremov & Kudra (2005). Ταυτόχρονα προσδιορίστηκε η ισοδύναμη διάμετρος d_{eq} με βάση τις πειραματικές μετρήσεις και χρησιμοποιήθηκε στον αναλυτικό υπολογισμό του συντελεστή D_e . Η μεταβολή του φαινομένου συντελεστή διάχυσης D_e τόσο με την περιεχόμενη υγρασία όσο και την αδιάστατη μορφή της παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.

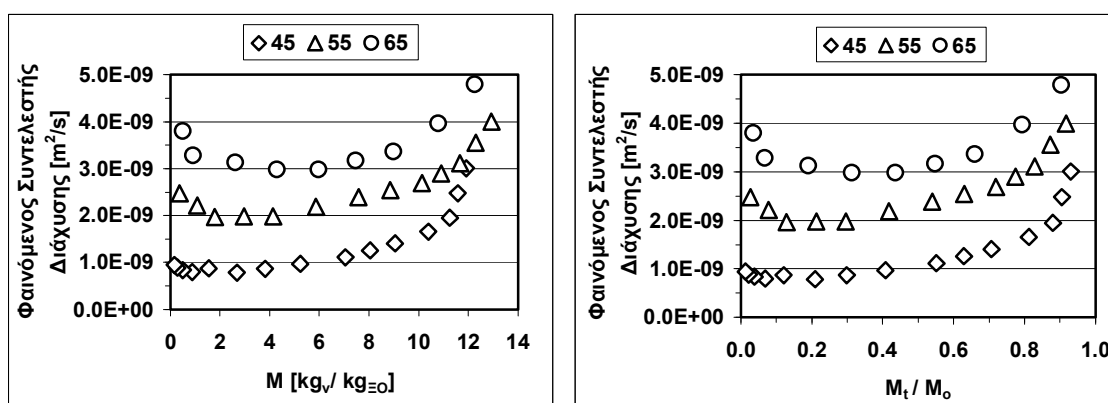
Στατιστική ανάλυση με τη χρήση του *Fisher* LSD κριτηρίου ($P \leq 0.05$) για την εύρεση σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων τιμών του D_e για τις τρεις θερμοκρασίες ξήρανσης, έδειξε πως υπάρχει σημαντική διαφορά ($P \leq 0.05$).



Σχήμα 3. Μεταβολή του υγρασιακού πηλίκου MR συναρτήσει του χρόνου ξήρανσης για τις τρεις θερμοκρασίες και ταχύτητες αέρα.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μελετήθηκε η ξήρανση λευκών εδώδιμων μανιταριών *Agaricus bisporus* με θερμό αέρα, σε θερμοκρασίες 45, 55 και 65 °C και ταχύτητες αέρα 1, 3 και 5 m/s και διαπιστώθηκε πως η θερμοκρασία του αέρα ξήρανσης είναι ο μόνος σημαντικός παράγοντας για την πρόβλεψη της μεταβολής της περιεχόμενης υγρασίας καθώς και του συνολικού χρόνου ξήρανσης.



Σχήμα 4. Μεταβολή του συντελεστή D_e με την περιεχόμενη υγρασία (αριστερά) και την αδιάστατη περιεχόμενη υγρασία (δεξιά), για τις τρεις θερμοκρασίες ξήρανσης.

Αντίθετα, η ταχύτητα και ο παράγοντας σειρά στα τρία, δεν βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντικοί. Δίνονται γραφικές συσχετίσεις του φαινομένου συντελεστή διάχυσης D_e , από τις οποίες φαίνεται η εξάρτησή του από τη θερμοκρασία του αέρα ξήρανσης πρωτίστως και την περιεχόμενη υγρασία του προϊόντος δευτερευόντως.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AOAC, 1997. *Official methods of analysis (16th ed.)*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Beuchat, 1987. *Influence of water activity on sporulation, germination, out growth, and toxin production*. In: L.B. Rockland and L.R. Beuchat (Editors), *Water Activity: Theory and Application to Food*. IFT, New York, pp. 137-152.
- Efremov G., Kudra, T., 2005. *Model-based estimate for time-dependent apparent diffusivity*. *Drying Technology*, 23: 2513-2522.
- Funebo, T. and Ohlsson, T., 1998. *Microwave assisted air dehydration of apple and mushroom*. *Journal of Food Engineering*, 38: 353-367.
- Giri, S.K. and Prasad, S., 2007. *Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms*. *Journal of Food Engineering*, 78: 512-521.
- Shivhare, U.S., Arora, S., Ahmed, J. and Raghavan, G.S.V., 2004. *Moisture adsorption isotherms for mushrooms*. *Lebensm.-Wiss.u-Technol.*, 37: 133-137.
- Stanislaw Pabis, 1999. *The initial phase of convection of vegetables and mushrooms and the effect of shrinkage*. *J.Agric.Engng Res.*, 72: 187-195.
- Torringa, E., Esveld, E., Scheewe, I., Van de Berg, R. and Bartels, P., 2001. *Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms*. *Journal of Food Engineering*, 49: 185-191.
- Walde, S.G, Velu, V., Jyothirmayi, T. and Math, R.G., 2006. *Effects of pretreatments and drying methods on dehydration of mushroom*. *Journal of Food Engineering*, 74: 108-115.
- Xanthopoulos, G., Lambrinos, Gr. and Manolopoulou, H., 2007. *Evaluation of Thin-Layer Models for Mushroom (Agaricus bisporus) Drying*. *Drying Technology*, 9: 1471-1481.
- Zhang Min, Li Chunli and Ding Xiaolin, 2005. *Effects of heating conditions on the thermal denaturation of white mushroom suitable for dehydration*. *Drying Technology*, 23: 1119-1125.