

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ» ΜΗΛΩΝ GOLDEN DELICIOUS ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

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

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

²ΤΕΙ Καλαμάτας, Σ.Τ.Ε.Γ., Τμ. Φ.Π., Αντικάλamos, 24 100 Καλαμάτα, e-mail:
e.manolopoulou@teikal.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η ολική μεταβολή του χρώματος ΔE^* καθώς και η μεταβολή του χρωματικού παράγοντα L^* , «ελάχιστα επεξεργασμένων μήλων» ποικιλίας Golden Delicious, με χρωματόμετρο και ανάλυση ψηφιακών εικόνων. Προσδιορίστηκε η συσχέτιση της ολικής μεταβολής του χρώματος ΔE^* και του χρωματικού παράγοντα L^* των δυο τεχνικών με σκοπό την αξιολόγηση αξιοπιστίας της νέας μεθόδου. Οι παράγοντες ΔE^* και L^* παρουσιάζουν ισχυρή γραμμική συσχέτιση με $r=0.75$ & $r=0.73$ αντίστοιχα. Οι ισχυρές γραμμικές συσχετίσεις και οι πολύ μικρές τιμές των διαστημάτων εμπιστοσύνης των μετρήσεων με ανάλυση ψηφιακών εικόνων, εξαιτίας του μεγάλου αριθμού δεδομένων, δείχνουν ότι η νέα μέθοδος είναι αξιόπιστη.

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

COLOUR MEASUREMENT OF “MINIMALLY PROCESSED” GOLDEN DELICIOUS APPLES BY CHROMAMETER AND IMAGE ANALYSIS.

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

¹Agricultural University of Athens, Department of Natural Resources Development & Agricultural Engineering, 75 Iera Odos Str., 118 55, Athens–Greece, e-mail:
refrigenergy@aua.gr

²Technological Educational Institute of Kalamata, Faculty of Agricultural Technology, Dep. of Crop Science, Antikalamos, 24 100 Kalamata, e-mail:
e.manolopoulou@teikal.gr

ABSTRACT

In this work, the colour, in terms of total color difference ΔE and lightness L^* , of “minimally processed” Golden Delicious apples was studied by chromameter and a new method of image analysis. The total color difference ΔE and the lightness L^* parameters were correlated to evaluate the reliability of the new method. A strong linear correlation between ΔE and L^* chromameter and image analysis parameters ($r=0.75$ and $r=0.73$ respectively) was estimated. The strong linear correlations and the narrow confident limits of image analysis technique due to the large data volume enforce the new method reliability.

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

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την εκτίμηση της ποιότητας των νωπών φυτικών οργάνων χρησιμοποιούνται τεχνικές υποκειμενικές ή αντικειμενικές, καταστροφικές ή μη καταστροφικές. Οι αυξημένες απαιτήσεις για αποτελεσματικότητα, αντικειμενικότητα και ταχύτητα στην ποιοτική αξιολόγηση, ώθησαν στη χρήση κάμερας και ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η ανάλυση ψηφιακής εικόνας κατέστη έτσι σημαντικό μέσο αξιολόγησης του χρώματος, το οποίο αποτελεί βασικό ποιοτικό κριτήριο πολλών νωπών φυτικών προϊόντων.

Τα πλεονεκτήματα της ποιοτικής αξιολόγησης φρούτων και λαχανικών με ανάλυση ψηφιακής εικόνας 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, Χατζής κ.α 2009).

Τα ελαφρώς επεξεργασμένα προϊόντα παρουσιάζουν υψηλό ρυθμό ποιοτικής υποβάθμισης, διότι οι χειρισμοί της προετοιμασίας (αποφλοιώση, τεμαχισμός κ.λ.π) προκαλούν καταστροφή των κυττάρων 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 οξείδωσης των φαινολικών συστατικών από τη δράση της πολυφαινόλοξειδάσης παρουσία O_2 (Gonzalez-Aguilar et al., 2005).

Σύμφωνα με τον Kim και τους συνεργάτες του (1993), τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των μήλων που επηρεάζονται από τους χειρισμούς προετοιμασίας είναι η υφή και το χρώμα. Επιπλέον αναφέρεται 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 ο προσδιορισμός της συσχέτισης της ολικής μεταβολής του χρώματος ΔE^* και του χρωματικού παράγοντα L^* δύο τεχνικών, της κλασσικής χρωματομετρίας και μίας νέας μεθόδου αξιολόγησης του χρώματος με ανάλυση ψηφιακής εικόνας, ώστε να καταστεί δυνατή η εκτίμηση της αξιοπιστίας της νέας μεθόδου. Στα πλαίσια αυτού του στόχου, προσδιορίστηκαν και τα διαστήματα εμπιστοσύνης των αποτελεσμάτων μέτρησης με τις δυο τεχνικές του χρωματικού παράγοντα L^* .

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Μήλα ποικιλίας *Golden Delicious* συγκομίστηκαν στο στάδιο φυσιολογικής ωριμότητας, από οπωρώνα της περιοχής Τεγέας (Ν. Αρκαδίας). Μεταφέρθηκαν άμεσα στο εργαστήριο όπου κατόπιν διαλογής αποθηκεύτηκαν σε ψυκτικό θάλαμο θερμοκρασίας $0^\circ C$ και σχετικής υγρασίας 95%.

Από την 1^η ημέρα αποθήκευσης των μήλων και κάθε 20 ημέρες έως και την 120^η ημέρα, προετοιμαζόταν δείγμα 27 φρούτων. Σε κάθε τέτοια πειραματική σειρά τα μήλα πλύθηκαν με νερό θερμοκρασίας $\approx 14^\circ C$ που περιείχε 100 ppm 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 $5^\circ C$ και περιεκτικότητας 1% ασκορβικού οξέως, 1% $CaCl_2$ και 0,5% κιτρικού οξέως για 5 λεπτά (Gunes et al., 2001;

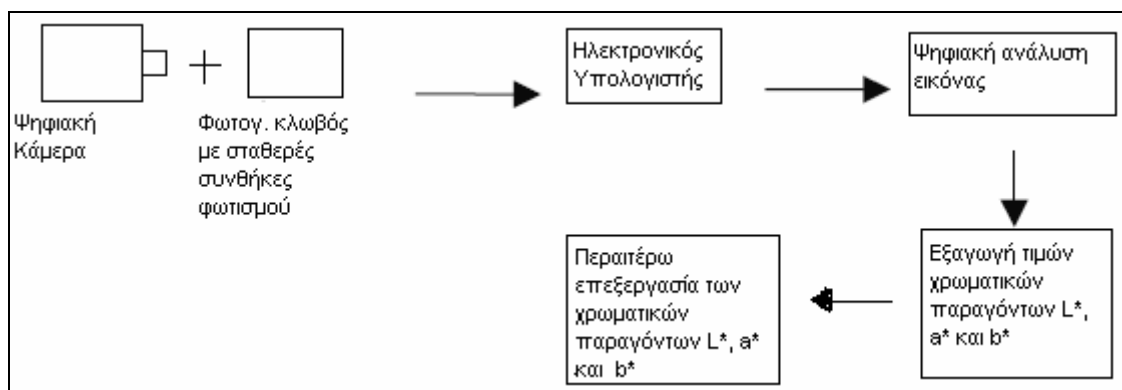
Varela *et al.*, 2007). Στη συνέχεια μετά από ελαφρύ στέγνωμα με απορροφητικό χαρτί, οι φέτες τοποθετήθηκαν σε συσκευασίες PET (τύπου clamshells) (6 φέτες/ συσκευασία) για προστασία από την αφυδάτωση και πιθανή επιμόλυνση. Σε κάθε νέα πειραματική σειρά έξι ομάδες των έξι συσκευασιών συντηρήθηκαν στους 0°C και 5°C για 14 ημέρες.

Η μεταβολή του χρώματος προσδιορίστηκε με τις εξής δύο μεθόδους:

α) Με την κλασσική χρωματομετρική μέθοδο με χρωματόμετρο Minolta CR-300. Πριν από κάθε χρήση το χρωματόμετρο εβαθμονομείτο 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.2), σε 2 φέτες ανά συσκευασία (συνολικά 72 μετρήσεις σε 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; 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 640×480 pixel (Clelland and Eismann, 2001). Η οριζόντια και κατακόρυφη ανάλυση ήταν 72dpi και η λήψη πραγματοποιήθηκε με μηδενική εστίαση (zoom) χωρίς χρήση φλας (Chatzis *et al.* 2009). 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.

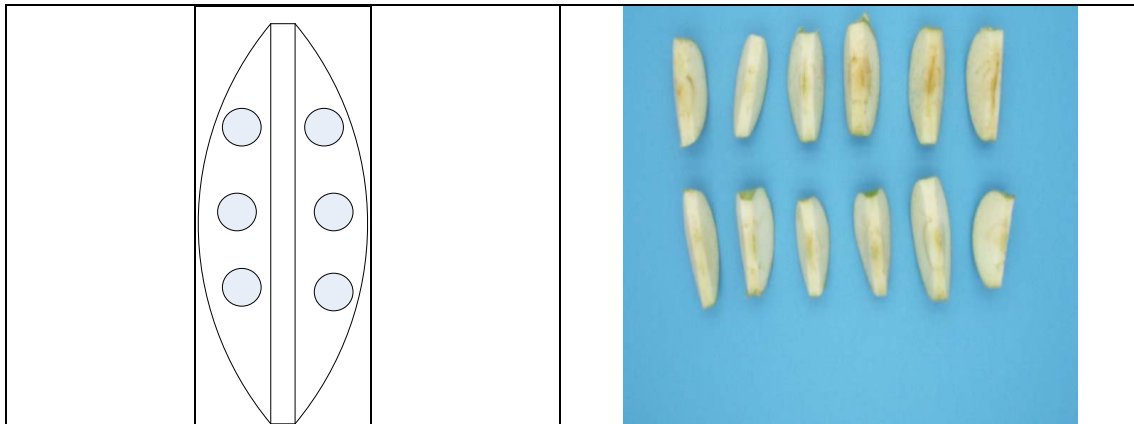


Πηγή: Χατζής κ.α, 2009

Σχήμα 1. Σχηματική παρουσίαση της διαδικασίας προσδιορισμού των τιμών των χρωματικών παραγόντων L^* , a^* και b^* με τη 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)

Σε κάθε μέτρηση το χρώμα μετρήθηκε με τις δυο τεχνικές σε δύο φέτες ανά συσκευασία (συνολικά: $2 \times 6 = 12$ φέτες) για κάθε θερμοκρασία. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την 0, 2^η, 4^η, 7^η, 9^η, 11^η και 14^η ημέρα συντήρησης των δειγμάτων.

Οι μελετούμενες παράμετροι και στις δύο τεχνικές ήταν ο χρωματικός παράγοντας L^* και η ολική μεταβολή του χρώματος ΔE^* , $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ (1)

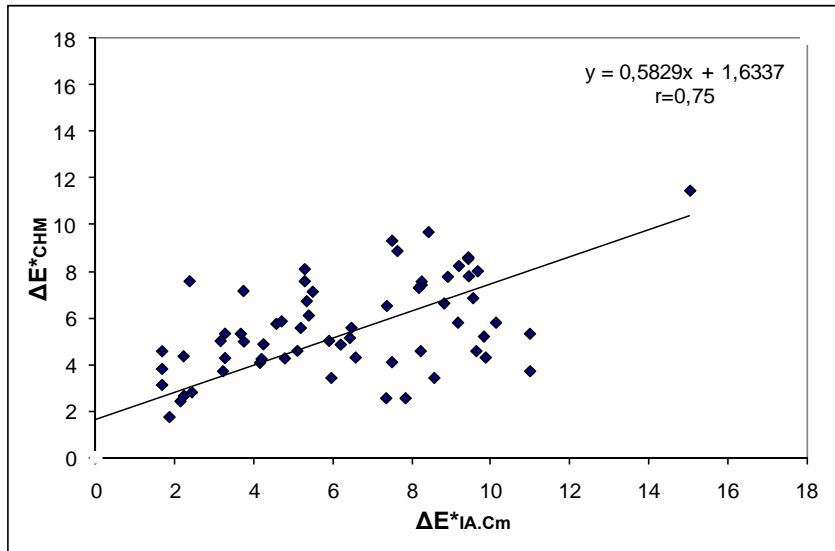
Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα Statgraphics Centurion με απλή συσχέτιση (Simple Regression) δύο παραγόντων. Σημειώνεται ότι για τη διευκόλυνση της παρουσίασης των αποτελεσμάτων έχουν χρησιμοποιηθεί οι εξής συμβολισμοί:

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.

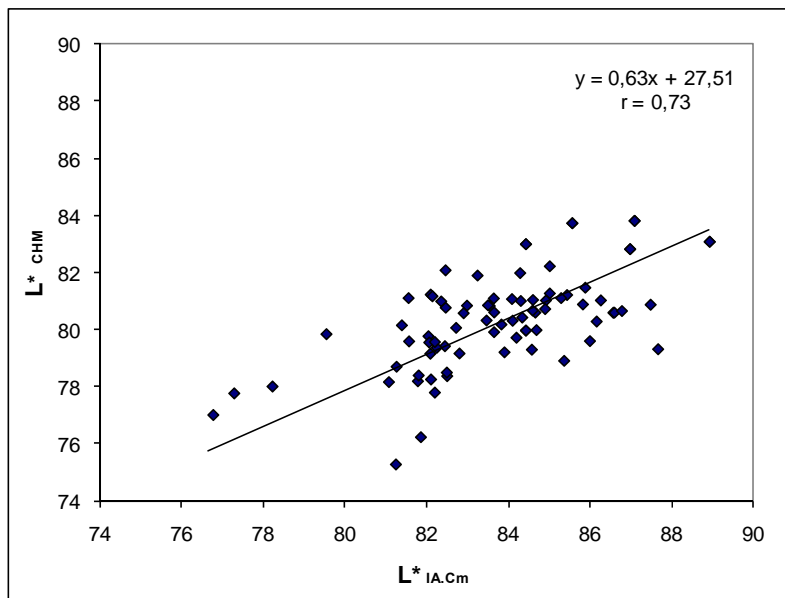
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ολική μεταβολή του χρώματος ΔE^* (Σχ.3) των δύο τεχνικών είναι θετική με ισχυρό συντελεστή συσχέτισης $r=0.75$ (Παπαδόπουλος, 2008). Ο χρωματικός παράγοντας L^* των δυο τεχνικών παρουσιάζει ομοίως θετική γραμμική συσχέτιση (Σχ. 4), με συντελεστή $r=0.73$ (ισχυρή), (Παπαδόπουλος, 2008).

Από τα σχήματα 3 και 4 των συσχετίσεων της ολικής μεταβολής του χρώματος ΔE^*_{CHM} έναντι $\Delta E^*_{IA.Cm}$ και του χρωματικού παράγοντα L^*_{CHM} έναντι $L^*_{IA.Cm}$ είναι φανερό ότι οι δυο τεχνικές παρουσιάζουν αποκλίσεις. Οι αποκλίσεις αυτές οφείλονται, κυρίως στη μικρή επιφάνεια μέτρησης του χρώματος με την τεχνική του χρωματόμετρου, στην ιδιαιτερότητα του κομμένου προϊόντος αλλά και στο διαφορετικό τύπο φωτισμού (Chatzis et al., 2007, Χατζής κ.α 2009).



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



Σχήμα 4. Συσχέτιση του χρωματικού παράγοντα L^*_{CHM} τεχνικής με χρωματόμετρο έναντι του χρωματικού παράγοντα $L^*_{IA.Cm}$ της τεχνικής με ανάλυση ψηφιακών εικόνων

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

Τα τυχαία σφάλματα δεν είναι γνωστά και προκύπτουν από μη προγνώσιμες ή μη σταθερές μεταβολές των παραγόντων που επηρεάζουν τη 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 το τυχαίο σφάλμα του χειριστή σε κάποια από τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Taylor, 1999). Στα τυχαία σφάλματα της τεχνικής με το χρωματόμετρο

πρέπει να αποδοθούν και αυτά που οφείλονται στις πολύ περισσότερο εντοπισμένες μετρήσεις (Σχ. 2) έναντι της επιφάνειας της οποίας μετράται το χρώμα με την τεχνική ανάλυσης ψηφιακών εικόνων.

Από το παραπάνω σχήμα παρατηρούμε ότι η τεχνική με ανάλυση ψηφιακών εικόνων παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές L^* από τις αντίστοιχες της τεχνικής του χρωματομέτρου. Η διαφορά αυτή φτάνει περίπου το 7%.

Τα αποτελέσματα ελέγχου της γραμμικότητας των μεταβολών των παραμέτρων ΔE^*_{CHM} , $\Delta E^*_{IA.Cm}$, L^*_{CHM} και $L^*_{IA.Cm}$ 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 την αντίστοιχη της τεχνικής του χρωματομέτρου. Αυτό είναι αποτέλεσμα της μέτρησης του χρώματος σε σημαντικά μεγαλύτερη επιφάνεια με την τεχνική ανάλυσης των ψηφιακών εικόνων έναντι αυτής του χρωματομέτρου.

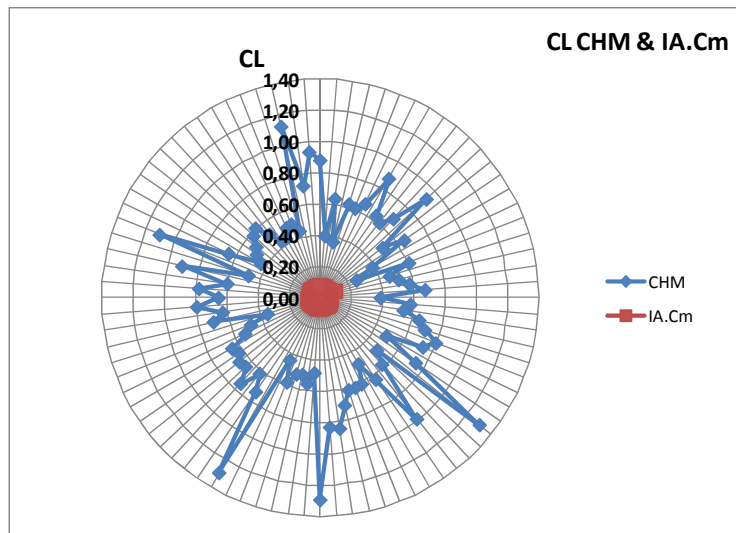
Πίνακας.2 Συντελεστές α και β των γραμμικών σχέσεων $\Delta E^* = \alpha t_{sp} + \beta$ και $L^* = \alpha t_{sp} + \beta$ των δυο τεχνικών CHM και IA.Cm ως προς το χρόνο συντήρησης των κομμένων μήλων (t_{sp}) καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές γραμμικής συσχέτισης

0°C	ΔE^*_{CHM}			$\Delta E^*_{IA.Cm}$			L^*_{CHM}			$L^*_{IA.Cm}$		
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	-0,22	81,3	0,79 ^f	-0,24	85,5	0,68 ^e
40	0,66	0	0,43 ^d	0,41	0	0,64 ^e	-0,22	82,2	0,76 ^f	-0,12	84,9	0,79 ^f
60	0,78	0	0,58 ^e	0,74	0	0,75 ^f	-0,20	82,0	0,58 ^r	-0,41	87,0	0,94 ^g
80	0,42	0	0,56 ^e	0,74	0	0,94 ^g	-0,11	81,4	0,45 ^d	-0,49	88,1	0,95 ^g
100	0,52	0	0,80 ^g	0,75	0	0,87 ^g	-0,11	81,9	0,71 ^f	-0,26	86,2	0,86 ^g
120	0,47	0	0,78 ^f	0,62	0	0,93 ^g	-0,08	82,3	0,40 ^d	-0,24	81,4	0,79 ^f
5°C	ΔE^*_{CHM}			$\Delta E^*_{IA.Cm}$			L^*_{CHM}			$L^*_{IA.Cm}$		
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	-0,62	79,7	0,97 ^g	-0,54	84,0	0,95 ^g
40	0,74	0	0,90 ^g	0,92	0	0,97 ^g	-0,37	81,6	0,91 ^g	-0,73	86,1	0,94 ^g
60	0,76	0	0,70 ^f	0,74	0	0,94 ^g	-0,27	82,1	0,75 ^f	-0,38	87,1	0,92 ^g
80	0,52	0	0,57 ^d	0,98	0	0,88 ^g	-0,11	81,8	0,46 ^d	-0,46	87,5	0,90 ^g
100	0,59	0	0,61 ^e	0,85	0	0,84 ^g	-0,23	81,6	0,74 ^f	-0,33	84,8	0,77 ^f
120	0,62	0	0,68 ^e	0,62	0	0,89 ^g	-0,17	81,9	0,62 ^e	-0,38	85,9	0,92 ^g

Οι δείκτες d, e, f, g αξιολογούν το βαθμό αξιοπιστίας 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

Στο σχήμα 5 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα διαστήματα εμπιστοσύνης CL για όλες τις μετρήσεις και θερμοκρασίες του χρωματικού παράγοντα L^* των δυο τεχνικών CHM & IA.Cm.



Σχήμα 5. Συγκεντρωτική παρουσίαση CL μετρήσεων του χρωματικού παράγοντα L^* με τις τεχνικές CHM & IA.Cm

Στην περίπτωση της τεχνικής CHM η μέγιστη τιμή του CL είναι 1,31. Η αντίστοιχη μέγιστη τιμή του CL των μετρήσεων με την τεχνική IA.Cm είναι 0,11. Τα μικρότερα διαστήματα εμπιστοσύνης των μετρήσεων της τεχνικής IA.Cm οφείλονται στο μεγάλο αριθμό δεδομένων δηλ. στο σύνολο των pixels της εικόνας που αντιστοιχούν στο προϊόν σε αντίθεση με το χρωματόμετρο με το οποίο λαμβάνονται 6 μετρήσεις σε κάθε δείγμα. Από το γεγονός ότι οι τιμές των διαστημάτων εμπιστοσύνης αποτελούν δείκτη αξιοπιστίας της προσδιοριζόμενης μέσης αριθμητικής τιμής (McDonald, 2009) εξάγεται το συμπέρασμα ότι η εκτίμηση του χρώματος με ανάλυση ψηφιακών εικόνων είναι μια σημαντικά πιο αξιόπιστη μέθοδος.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι δυο μέθοδοι προσδιορισμού του χρώματος παρουσίασαν ισχυρή θετική γραμμική συσχέτιση για την παράμετρο ΔE^* με $r=0.75$ και ισχυρή θετική γραμμική συσχέτιση για την παράμετρο L^* με $r=0.73$. Οι ίδιοι παράμετροι ΔE^* και L^* 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 πρέπει να αποδοθεί στη δυνατότητα εκτίμησης του χρώματος στο σύνολο σχεδόν της επιφάνειας των δειγμάτων.

Η μέγιστη τιμή του των διαστημάτων εμπιστοσύνης CL στην περίπτωση της μέτρησης με χρωματόμετρο είναι 1,31. Η αντίστοιχη μέγιστη τιμή των CL μετρήσεων με την τεχνική ανάλυσης ψηφιακών εικόνων είναι 0,11. Τα αποτελέσματα αυτά ενισχύουν σημαντικά την αξιοπιστία της νέας τεχνικής με την οποία πραγματοποιούνται πολλές μετρήσεις, μια για κάθε pixel της εικόνας του δείγματος το οποίο ελέγχεται ποιοτικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

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.
- Maskan, M., 2001. *Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying*. Journal of Food Engineering, 48:169–175.
- McDonald, J.H. 2009. *Handbook of Biological Statistics*, 2nd ed. Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland.
- 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.
- 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.
- Παπαδόπουλος, Γ., 2008. *Συσχέτιση δύο μεταβλητών*. Σημειώσεις παραδόσεων εργαστηρίου μαθηματικών και στατιστικής. ΓΠΑ. www.aua.gr/gpapadopoulos
- Μανωλοπούλου, Ε., 2004. *Συντήρηση με ελάχιστους μεταποιητικούς χειρισμούς-Κατάψυξη αγρ. Προϊόντων*. Παραδόσεις ΠΜΣ τμ. ΑΦΠ&ΓΜ στην Ειδικευση «Συντήρηση Νωπών Αγροτικών Προϊόντων», ΓΠΑ, Αθήνα
- Χατζής Γ. Ε., Μανωλοπούλου Ε., Αραβαντινός-Καρλάτος Ε., Ξανθόπουλος Γ. και Λαμπρινός Γρ. 2009. *Μελέτη της μεταβολής του χρώματος ελάχιστα επεξεργασμένων μήλων Golden delicious με ανάλυση ψηφιακών εικόνων*. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Εταιρίας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας. 8-10 Οκτωβρίου. Θεσσαλονίκη. σσ. 787-794

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΟΜΜΕΝΟΥ «ΕΤΟΙΜΟΥ ΠΡΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ» ΛΑΧΑΝΟΥ

Ε. Μανωλοπούλου¹, Γρ. Λαμπρινός², Γ. Ξανθόπουλος²

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

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Ιερά Οδός 75, Τ.Κ. 11855, Αθήνα, Τηλ. 210 529 4029–4031, Fax. 210 529 4032, e-mail: refrigenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της επίδρασης της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) στη μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών κομμένου λάχανου ποικιλίας *Bunner*. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν: η μεταβολή των αναπνευστικών αερίων, η απώλεια μάζας, η υφή και το χρώμα. Πραγματοποιήθηκε οργανοληπτικός έλεγχος για την καστανώση των τομών, την ολική οπτική ποιότητα καθώς και την εμφάνιση της φυσιολογικής ασθένειας «pepper spot». Η συντήρηση έγινε στους 0 °C για 23 ημέρες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μία ατμόσφαιρα πολύ φτωχή σε O₂ (1.5%) και πλούσια σε CO₂ (17%) διατήρησε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, εξωτερική εμφάνιση) μείωσε την εμφάνιση της φυσιολογικής ασθένειας «pepper spot» του κομμένου λάχανου και αύξησε το χρόνο συντήρησης του μέχρι 80% επιμηκώνοντας την περίοδο εμπορίας του ως «έτοιμη σαλάτα».

Λέξεις κλειδιά: κομμένο λάχανο, συντήρηση, τροποποιημένη ατμόσφαιρα, ποιοτικά χαρακτηριστικά.

EFFECT OF PACKAGING ON THE QUALITY CHARACTERISTICS OF 'READY TO USE' SHREDDED CABBAGE

E. Manolopoulou¹, Gr. Lambrinos², G. Xanthopoulos²

¹Technological Educational Institute of Kalamata, Faculty of Agricultural Technology, Dep. Of Crop Science, Antikalamos, 24100 Kalamata, e-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

²Agricultural University of Athens, Dep. of NRM & AE, Lab. of Agricultural Engineering, 75 Iera Odos Str., Athens, Greece 11855, tel. +3 210 5294031, fax. +3 210 5294032, e-mail: refrigenergy@aua.gr

ABSTRACT

The effect of modified atmosphere packaging on the quality characteristics of chopped cabbage (var. *Bunner*) was studied. These characteristics were concentration of O₂/CO₂, mass loss, texture and superficial colour. Furthermore, browning of the cut surfaces, total visual quality and proliferation of the 'pepper spot' disease were also sensory assessed. The storage of the cabbage at 0 °C extended up to 23 days. The experiment showed that in-package atmosphere of low O₂ (1.5%) and high CO₂ (17%) concentration, managed to retain quality characteristics, reduced the proliferation of the 'pepper spot' disease and extended storage period up to 80% extending likewise the marketability of the end product as 'ready to use' salad.

Keywords: chopped cabbage, storage, modified atmosphere packaging, 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). Η επεξεργασία των προϊόντων αυτών έχει δύο σκοπούς: να διατηρήσει το προϊόν φρέσκο χωρίς υποβάθμιση της θρεπτικής του αξίας αφενός και να εξασφαλίσει ικανοποιητικό χρόνο εμπορικής ζωής για την ομαλή εμπορία του, αφ' ετέρου.

Οι φυσικές διεργασίες (πλύσιμο, αποφλοιώση, τεμαχισμός) απαραίτητες για την παραγωγή αυτής της κατηγορίας των προϊόντων τα καθιστά ευάλωτα με μικρό χρόνο εμπορικής ζωής. Οι βλάβες που δημιουργούνται κατά την προετοιμασία καταστρέφουν τα κύτταρα, διεγείρουν την αναπνευστική και τις άλλες μεταβολικές δραστηριότητες, τα καθιστούν ευάλωτα στις μικροβιολογικές προσβολές με τελικό αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητάς 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. Το λάχανο είναι ένα σημαντικό λαχανικό με αντιοξειδωτικές και αντικαρκινικές ιδιότητες (Chu *et al* 2002) το οποίο περιέχει μεγάλες ποσότητες γλυκοζιτών (Keum, Jeang and Kony, 2004). Οι συνιστώμενες συνθήκες συντήρησης είναι: 0-5°C, 5-7,5% O₂ και 15% CO₂ (Gorny, 2001)

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της επίδρασης της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά (απώλεια βάρους, χρώμα, υφή, οργανοληπτική αξιολόγηση) του κομμένου λάχανου.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Λευκό λάχανο (*Brassica oleracea* L. var capitata), ποικιλίας Bunner συγκομίστηκε στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας, στη Μεσσηνία το Μάρτιο και τον Απρίλιο. Μετά τη συγκομιδή μεταφέρθηκε αμέσως στο εργαστήριο και προετοιμάστηκε αυθημερόν με τις καλλίτερες δυνατές τεχνικές προετοιμασίας. Τα φύλλα κόπηκαν στα 4 και στη συνέχεια σε λωρίδες πλάτους 3cm με κοφτερά μαχαίρια που είχαν απολυμανθεί με αλκοόλη. Το κομμένο λάχανο πλύθηκε με χλωριωμένο νερό (100 ppm NaOCl) θερμοκρασίας 5°C για 2 min (αναλογία λάχανου / νερού 1:3). Στη συνέχεια ξεπλύθηκε με νερό της βρύσης και φυγοκεντρίθηκε για 1 min για την απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού. Για την ελαχιστοποίηση της ετερογένειας μετά την κοπή όλων των κεφαλών το προϊόν αναμίχθηκε.

Ποσότητα περίπου 100±2 g κομμένου λάχανου συσκευάστηκε σε πρακτικά αδιαπέρατες (διαπέραση μηδαμινή σε σχέση με το ρυθμό αναπνοής του συσκευασμένου προϊόντος. Τιμές 50 mg/ m².day.bar για το O₂ και 100mg/m².day.bar για το CO₂ στους 20 °C) πλαστικές σακούλες PE μέσης πυκνότητας πάχους 30μm (PEMD-30) καθώς και με PVC. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα δημιουργήθηκε με έγχυση μίγματος επιθυμητής σύνθεσης. Οι ομάδες που δημιουργήθηκαν ήταν οι εξής:

- ΣΑ (έγχυση μίγματος 5% O₂ -10% CO₂),
- ΣΒ (συσκευασία PEMD-30 με μία τρύπα 3mm)
- Μάρτυρας (το κομμένο λάχανο τοποθετήθηκε σε δισκάκια πολυστερίνης διαστάσεων 15,5 X 22,5 X 3 cm και καλύφθηκε με PVC 13 μm)

Η επιλογή του μίγματος έγινε βάσει της προτεινόμενης διεθνώς σύστασης της ατμόσφαιρας για τη συντήρηση κομμένου λάχανου (Gorny, 2001)

Όλοι οι προαναφερθέντες χειρισμοί συντηρήθηκαν στους 0°C και 90% Σ.Υ στο σκοτάδι για 23 ημέρες. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν: η μεταβολή των αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών, η απώλεια βάρους, η υφή και το χρώμα. Πραγματοποιήθηκε οργανοληπτικός έλεγχος για την καστανώση των τομών, την ολική οπτική ποιότητα καθώς και την εμφάνιση της φυσιολογικής ασθένειας «pepper spot».

Η ανάλυση των αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών έγινε με ένα αναλυτή αερίων CheckMate 9000 (PBI Densensor Co., Denmark), η απώλεια βάρους εκφράστηκε % του αρχικού βάρους και προσδιορίστηκε με ζυγό ακριβείας ($\pm 0,01$ g), η υφή μετρήθηκε με αναλυτή Texture Analyser TA-XT2i (SMS, England) που ήταν εφοδιασμένος με κελί Kramer 5 λεπίδων, το χρώμα προσδιορίστηκε με τη βοήθεια χρωματόμετρου Minolta CR-300 (Minolta Corp. Japan) στο σύστημα CIE L*, a*, b. Στην αρχή κάθε μέτρησης το όργανο ρυθμιζόταν με τη standard λευκή πλάκα, όπως αυτή ορίζεται από το εγχειρίδιο χρήσης του οργάνου. Η μεταβολή του χρώματος αποδόθηκε από τις παραμέτρους φωτεινότητα (L*), και χροιά hue (h°). Η οργανοληπτική εκτίμηση της ποιότητας έγινε από ομάδα 6 εκπαιδευμένων κριτών με βάση κλίμακα από το 1-5 (5= πολύ φρέσκο χωρίς καστανώσεις στις τομές, 3= οριακά εμπορεύσιμο με ελαφριά καστανώση στις τομές, 1= μη καταναλώσιμο).

Οι μετρήσεις έγιναν την 0, 6^η, 12^η, 19^η και 23^η ημέρα σε 10 συσκευασίες ανά χειρισμό για τον προσδιορισμό των εσωτερικών αερίων και της απώλειας βάρους και σε 6 συσκευασίες ανά χειρισμό για την υφή το χρώμα και την οργανοληπτική εκτίμηση. Σε κάθε δειγματοληψία τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κομμένου λάχανου των συσκευασιών ΣΑ, ΣΒ καθώς και του Μάρτυρα συγκρίθηκαν με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά φρεσκοκομμένου λάχανου που προετοιμαζόταν με την ίδια τεχνική από ολόκληρα λάχανα που είχαν διατηρηθεί στο ψυγείο στους 0°C και προερχόταν από την ίδια συγκομιδή με τα αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή του ελάχιστα επεξεργασμένου προϊόντος. Το πείραμα επαναλήφθηκε δύο φορές.

Τα πειραματικά δεδομένα αναλύθηκαν με το στατιστικό πακέτο Statgraphics Plus 5.1 (Statpoint Technologies, Inc, VA, USA) και η σύγκριση των Μ.Ο έγινε με την ελάχιστη σημαντική διαφορά LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας, $p=0.05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Σύνθεση των αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών.

Κατά τη διάρκεια της συντήρησης η συγκέντρωση του O₂ μειώθηκε απότομα από τις πρώτες ημέρες, ενώ η συγκέντρωση του CO₂ αυξήθηκε. Την 6^η ημέρα της συντήρησης η σύσταση της ατμόσφαιρας σταθεροποιήθηκε και στις δύο συσκευασίες και διατηρήθηκε στα επίπεδα αυτά μέχρι το τέλος της συντήρησης (23^η ημέρα). Έτσι στη συσκευασία ΣΑ η συγκέντρωση του O₂ σταθεροποιήθηκε στο 1,5% (από 5% το αρχικό) του δε CO₂ στο 17% (από 10% στην αρχή), στη δε συσκευασία ΣΒ η συγκέντρωση του O₂ σταθεροποιήθηκε στο 16% του δε CO₂ στο 4%. Η μεταβολή αυτή των αερίων μπορεί να αποδοθεί στην αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας των ιστών λόγω του τεμαχισμού (Surjadinata and Cinseros-Zevallos, 2003).

Σύμφωνα με τους Hiroaki *et al* (1993), η ιδεώδης συγκέντρωση των αερίων για τη συντήρηση του κομμένου λάχανου είναι 5-7,5% O₂ και 15% CO₂, ενώ οι Hu *et al* (2007) προτείνουν 2% O₂ και 13% CO₂. Τα «ελάχιστα επεξεργασμένα» λαχανικά αντέχουν πιο ακραίες συγκεντρώσεις O₂ και CO₂ σε σύγκριση με τα ολόκληρα αντίστοιχα λαχανικά και τούτο διότι έχουν λιγότερα εμπόδια στη διάχυση των αερίων (Kader *et al.* 1989). Σε ορισμένα λαχανικά η συγκέντρωση του O₂ μπορεί να κατέβει σε επίπεδα κάτω του σημείου έναρξης της αλκοολικής ζύμωσης χωρίς την εμφάνιση βλαβών. Έτσι τα ανθίδια του μπρόκολου μπορεί να συντηρηθούν σε 0,5% O₂ (Izumi *et al.*, 1996b), φέτες κολοκυθίου σε 0,25% (Izumi *et al.*, 1996a), το σπανάκι σε 0,8% (Ko *et al.*, 1996), το μαρούλι σε 1% (Hamza *et al.*, 1996).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η συσκευασία ΣΑ στο τέλος της συντήρησης δεν παρουσίασε δυσάρεστες οσμές.

3.2 Απώλεια βάρους

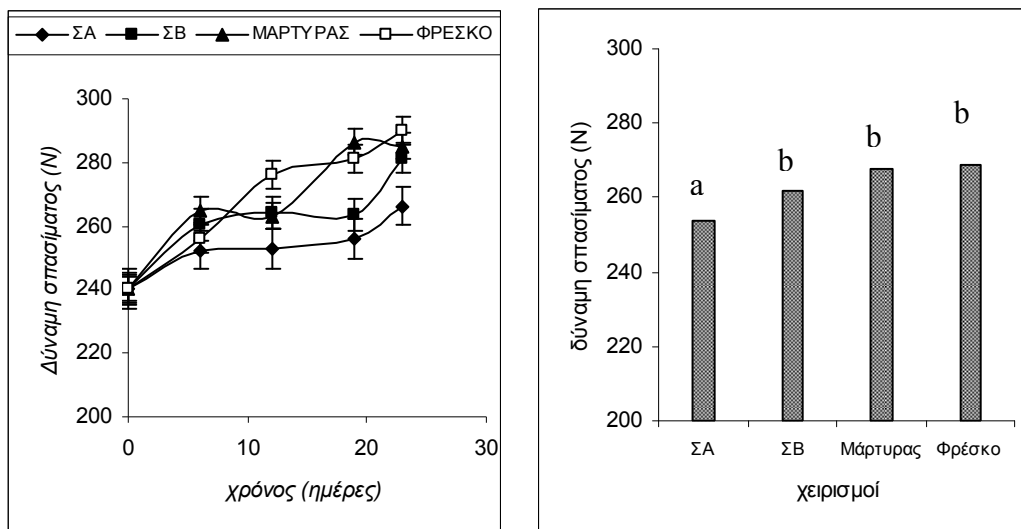
Μετά από 23 ημέρες συντήρησης η απώλεια βάρους των συσκευασιών ΣΑ και ΣΒ ήταν της τάξης του 0,5%, ενώ του μάρτυρα (συσκευασία με PVC) της τάξης του 3%. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε όλες τις περιπτώσεις στις συσκευασίες δεν παρατηρήθηκε διαρροή υγρών.

Η στατιστική ανάλυση (ANOVA) απέδειξε ότι οι παράγοντες που επηρέασαν την απώλεια βάρους ήταν ο τύπος της συσκευασίας καθώς και ο χρόνος συντήρησης.

Η απώλεια βάρους συνοδεύεται από μαλάκωμα των ιστών, υποβάθμιση του χρώματος και απώλεια της φρεσκάδας στην εμφάνιση, χαρακτηριστικών πολύ σημαντικών για τα φυλλώδη λαχανικά (Kays, 1991). Τα «ελάχιστα επεξεργασμένα» προϊόντα είναι πολύ επιρρεπή στην απώλεια βάρους λόγω της έκθεσης των εσωτερικών ιστών, και της μη ύπαρξης προστατευτικής επιδερμίδας. Η υψηλή σχετική υγρασία που δημιουργείται από τη συσκευασία έχει ως αποτέλεσμα η αφυδάτωση τυπικά να μην αποτελεί πρόβλημα. Η μέγιστη επιτρεπτή απώλεια βάρους για το λάχανο, χωρίς υποβάθμιση της ποιότητάς του σύμφωνα με τους Kang et al, (2002), είναι 7%. Η απώλεια βάρους που σημειώθηκε ακόμα και στο μάρτυρα δεν ήταν ικανή να υποβαθμίσει την ποιότητα του προϊόντος γιατί κυμάνθηκε σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα.

3.3 Υφή

Η μεταβολή της υφής του κομμένου λάχανου στις διάφορες συσκευασίες παρουσιάζεται στο σχήμα 1 από όπου προκύπτουν τα εξής:



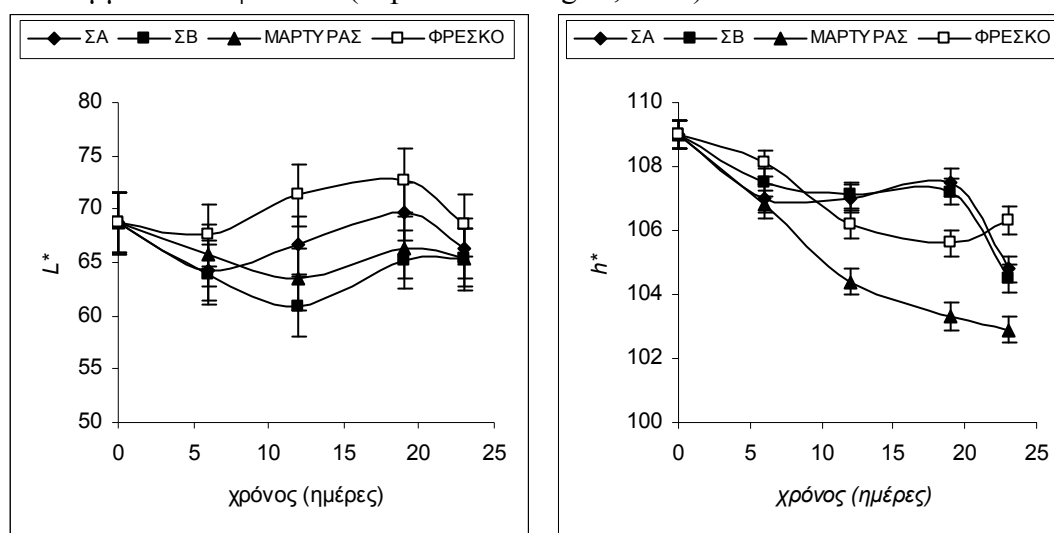
Σχήμα 1. Επίδραση της MAP στην υφή του «ελάχιστα επεξεργασμένου» λάχανου κατά τη συντήρηση στους 0°C. Το αριστερό σχήμα παρουσιάζει τη μεταβολή κατά τη διάρκεια της συντήρησης (23 ημ), το δεξιό ιστόγραμμα παρουσιάζει το Μ.Ο μεταβολής όλου του χρόνου συντήρησης. (Μ.Ο, N=2 επαναλήψεις X 6 δείγματα ανά επανάληψη =12)(I=LSD)

Αύξηση της δύναμης σπασίματος σε όλες τις περιπτώσεις από τις πρώτες ημέρες. Οι συσκευασίες ΣΑ και ΣΒ διατήρησαν την υφή σταθερή μέχρι τη 19^η ημέρα οπότε και παρουσιάστηκε μία εκ νέου αύξηση της δύναμης σπασίματος. Ο μάρτυρας και το προϊόν που δημιουργήθηκε από ολόκληρο λάχανο σε κάθε δειγματοληψία, παρουσίασαν μία συνεχή αύξηση μέχρι το τέλος της συντήρησης (23^η ημέρα). Στο τέλος της συντήρησης τη χαμηλότερη μεταβολή (10%) της δύναμης σπασίματος παρουσίασε το προϊόν της

συσκευασίας ΣΑ, ενώ δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών άλλων χειρισμών των οποίων η μεταβολή κυμάνθηκε μεταξύ 15-19%. Από τη στατιστική ανάλυση (ANOVA) προέκυψε ότι οι χειρισμοί και ο χρόνος συντήρησης ήταν οι παράγοντες που επηρέασαν τη μεταβολή της υφής. Ο Barry-Ryan et al. (2009) παρατήρησαν ελαφριά μείωση της υφής κατά τη διάρκεια συντήρησης κομμένου μαρουλιού και λάχανου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σπουδαίο ρόλο παίζει η ποικιλία αλλά και η ετερογένεια της υφής που παρατηρείται μεταξύ φύλλων ακόμα και στο ίδιο φύλλο (Toole et al. 2000). Τέλος θα πρέπει να τονιστεί ότι η υψηλή συγκέντρωση CO₂ και η χαμηλή συγκέντρωση O₂ διατήρησε την τρυφεράδα του λάχανου και το έκανε λιγότερο ινώδες όπως ακριβώς παρατηρήθηκε και στο σπαράγγι (Wang et al. 1971)

3.4 Χρώμα

Η μεταβολή του χρώματος αποδόθηκε από τη φωτεινότητα L* και τη χροιά h° διότι θεωρούνται ως οι πλέον κατάλληλοι παράμετροι για την απόδοση του αποχρωματισμού των κομμένων επιφανειών (Sapers and Douglas, 1987).



Σχήμα 2. Μεταβολή της φωτεινότητας L* και της χροιάς h° κομμένου λάχανου που συντηρήθηκε στους 0°C και συσκευάστηκε με φύλλα PE και PVC. (M.O, N=2 επαν X 6 δείγματα X 5 μετρ/δείγμα=60) (I=LSD)

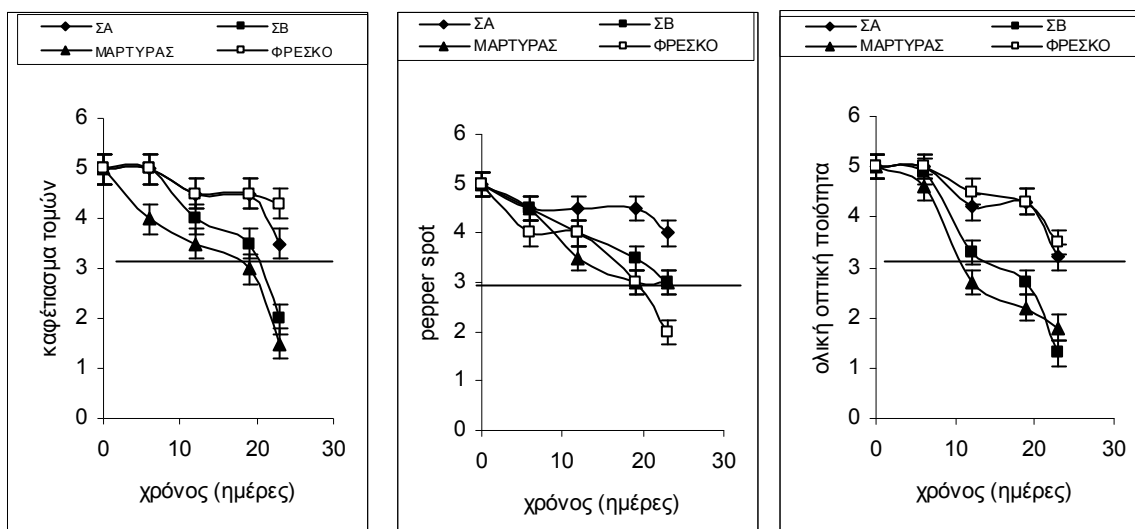
Η φωτεινότητα του κομμένου και συσκευασμένου λάχανου παρουσίασε την 6^η ημέρα πτώση χωρίς όμως στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των χειρισμών ΣΑ, ΣΒ και Μάρτυρα. Στο τέλος της συντήρησης (23^η ημέρα) δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των χειρισμών και του φρέσκου κομμένου λάχανου. Θα μπορούσε να παρατηρηθεί ότι ο χειρισμός ΣΑ διατήρησε κατά τη διάρκεια της συντήρησης τις τιμές της φωτεινότητας πολύ πιο κοντά στις τιμές του φρέσκου προϊόντος. Στο τέλος της συντήρησης η μεταβολή της φωτεινότητας των χειρισμών ΣΑ, ΣΒ και Μάρτυρα κυμάνθηκε μεταξύ 3,5- 5% του δε φρέσκο- κομμένου προϊόντος στο 0,5%.

Ο μάρτυρας παρουσίασε έντονη πτώση των τιμών της χροιάς καθόλη τη διάρκεια της συντήρησης ενώ οι συσκευασίες ΣΑ και ΣΒ διατήρησαν τη χροιά σε υψηλά επίπεδα μέχρι την 19^η ημέρα. Στο τέλος της συντήρησης ο μάρτυρας παρουσίασε τη χαμηλότερη τιμή (p=0,05) ενώ το φρεσκοκομμένο λάχανο την υψηλότερη. Η μείωση της χροιάς σύμφωνα με τους Bolin & Huxsoll (1991) οφείλεται στην αποικοδόμηση της χλωροφύλλης από τη δράση της χλωροφυλλάσης. Οι υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ διατηρούν τη χλωροφύλλη στο λάχανο (Isenberg and Sayles, 1969) και μειώνουν τη

δραστηριότητα της πολυφαινολοξειδάση και την περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά (Buescher et al. 1977)

3.5 Οργανοληπτική εκτίμηση

Η φρεσκάδα είναι το κυριότερο κριτήριο που χρησιμοποιούν οι καταναλωτές για την εκτίμηση της ποιότητας των λαχανικών και φρούτων. Η καστάνωση των τομών είναι σημαντικός παράγων υποβάθμισης της ποιότητας του κομμένου λάχανου (Pironani et al. 1997). Η μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών (καστάνωση τομών, εμφάνιση φυσιολογικής ασθένειας pepper spot και ολική οπτική ποιότητα) παρουσιάζεται στο σχήμα 3 όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε τα εξής:



Σχήμα 3. Μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών κομμένου λάχανου που συσκευάστηκε σε πλαστικές συσκευασίες και συντηρήθηκε στους 0°C (MO, N=2 επαν X 6 δείγματα X 6 κριτές=72).(I=LSD)

Η συσκευασία ΣΑ παρουσίασε τη μικρότερη καστάνωση των τομών. Έτσι το κομμένο λάχανο της συσκευασίας ΣΑ ως προς το κριτήριο αυτό κρίθηκε εμπορεύσιμο μέχρι και την 23^η ημέρα, ενώ το προϊόν που συντηρήθηκε στη συσκευασία ΣΒ ήταν εμπορεύσιμο μέχρι τη 19^η ημέρα και ο μάρτυρας μέχρι την 9^η ημέρα. Οι υψηλές συγκεντρώσεις του CO₂ προστατεύουν τα κομμένα λαχανικά από την καστάνωση των τομών γιατί περιορίζουν τη δράση της πολυφαινολοξειδάσης (PPO) και την περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά (Buescher and Henderson, 1977). Τα αποτελέσματα μας συμφωνούν με τα αποτελέσματα των Kaji et al., (1993). Ο Hu et al (2007) προτείνουν σαν δείκτη καστάνωσης τη μεταβολή ΔΕ του χρώματος. Βάσει αυτού του κριτηρίου τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής αξιολόγησης που αναφέραμε παραπάνω επιβεβαιώνονται, γιατί η συσκευασία ΣΑ παρουσίασε τη μικρότερη μεταβολή (10,9) ενώ η συσκευασία ΣΒ και ο Μάρτυρας παρουσίασαν μεταβολή 11,7(αποτελέσματα μη ανακοινωθέντα).

Το φρεσκοκομμένο λάχανο που ετοιμαζόταν σε κάθε δειγματοληψία, παρουσίασε τη μεγαλύτερη προσβολή από τη φυσιολογική ασθένεια «pepper spot» και βάσει αυτού του κριτηρίου ήταν οριακά εμπορεύσιμο την 19^η ημέρα. Η συσκευασία ΣΑ παρουσίασε τη μικρότερη προσβολή και διατήρησε το προϊόν εμπορεύσιμο μέχρι την 23^η ημέρα, η συσκευασία ΣΒ οριακά μέχρι τη 19^η ημέρα ενώ ο μάρτυρας μέχρι τη 12^η ημέρα. Η φυσιολογική ασθένεια «pepper spot» αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα που παρουσιάζεται κατά τη συντήρηση του λάχανου, τα αίτια όμως είναι ακόμα άγνωστα. Η χρησιμοποίηση της ελεγχόμενης ατμόσφαιρας μειώνει αισθητά την εμφάνισή της. Ατμόσφαιρες πτωχές σε O₂ (1-3%) και πλούσιες σε CO₂ (10%) είναι ικανές να εξαλείψουν τα συμπτώματα

(Menniti et al. 1997). Στην περίπτωση μας η ατμόσφαιρα που δημιουργήθηκε στη συσκευασία ΣΑ υπήρξε αποτελεσματική για την αντιμετώπιση του «pepper spot».

Την εντονότερη υποβάθμιση της ολικής οπτικής ποιότητας παρουσίασαν ο μάρτυρας και η συσκευασία ΣΒ, ενώ τη μικρότερη παρουσίασε η συσκευασία ΣΑ. Με βάση το κριτήριο αυτό το προϊόν της συσκευασίας ΣΑ ήταν εμπορεύσιμο μέχρι το τέλος της συντήρησης (23^η ημέρα), αυτό της συσκευασίας ΣΒ μέχρι την 12^η ημέρα, ενώ ο μάρτυρας ήταν εμπορεύσιμος μέχρι την 6^η ημέρα.

Η ολική οπτική ποιότητα και η κασπάνωση των τομών προσδιορίζουν την εμπορική ζωή του κομμένου λάχανου. Θεωρούμε την τιμή 3 ως όριο της εμπορευσιμότητας (Kader and Cantwell, 2006). Με βάση τις δύο αυτές παραμέτρους και όσα αναφέρθηκαν παραπάνω προκύπτει ότι η συσκευασία ΣΑ διατήρησε σε αποδεκτά επίπεδα την κασπάνωση των τομών και την ολική οπτική ποιότητα επεκτείνοντας έτσι τη διάρκεια εμπορίας του προϊόντος για 23 ημέρες, η συσκευασία ΣΒ διατήρησε το προϊόν εμπορεύσιμο για 12 ημέρες ενώ ο μάρτυρας μόνο για 6 ημέρες.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα που δημιουργήθηκε στη συσκευασία ΣΑ, φτωχή σε O₂ (1,5%) και πλούσια σε CO₂ (17%) διατήρησε την υφή, μείωσε την κασπάνωση των τομών, διατήρησε την ολική οπτική ποιότητα και αύξησε το χρόνο της εμπορικής ζωής του κομμένου λάχανου στις 23 ημέρες καθιστώντας πιο εύκολη την εμπορία του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Barry-Ryan, C., Devereux, M. Longchamp, J., 2009. *Identification of volatile quality markers of ready to use lettuce and cabbage*. Food Research International 42:1077-1086.
- Bolin, H. R., & Huxsoll, C. C. (1991). *Control of minimally processed carrot (Daucus carota) surface discoloration caused by abrasion peeling*. Journal of Food Science, 56, 416–418.
- Buescher, R.W. and J. Henderson, J., 1977. *Reducing discoloration and quality deterioration in snap beans by atmospheres enriched with CO₂*. Acta Horticulturae, 62:55-60.
- Cantwell M. (1998). *Introduction to fresh-cut products: Maintaining quality and safety*. Postharvest Horticulture, Series No 10. Section I, University of California.
- Chu. Y-F., Sun. J., Wu. X., and Liu. R.H. 2002. *Antioxidant and anti proliferative activities of common vegetables*. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 50: 6910-6916.
- Gorny, R.J., 2001. A summary of CA and MA recommendations for selected fresh-cut fruits and vegetables. In: Optimal controlled atmospheres for horticultural perishables. Postharvest Horticulture Series No 22A, Davis, USA, pp.104-152.
- Hamza, F., Castaigne, F., Willemot, C., Doyon, G., Makhoul, J., 1996. *Storage of minimally processed romaine lettuce under controlled atmosphere*. Journal of Food Quality, 19: 177–188.
- Hiroaki, K., U. Masayuki and O. Yutaka. 1993. *Storage of shredded cabbage under dynamically CA of high O₂ and high CO₂*. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 57:1049-1052.
- Hu, W., Jiang, A., Qi, H., Pang, K., Fan, S., 2007. *Effects of initial low oxygen and perforated film package on quality of fresh-cut cabbages*. Journal of the Science of Food and Agriculture. V87:2019-2025.
- Isenberg, F.M., and Sayles, R.M., 1969. *Modified atmosphere storage of Danish cabbage*. Journal of the American Society for Horticultural Science, 94: 447-453.

- Izumi, H., Watada, A.E., Douglas, W., 1996(a). *Low O₂ atmospheres affect storage quality of zucchini squash slices treated with calcium*. Journal of Food Science. 41, 317–321.
- Izumi, H., Watada, A.E., Douglas, W., 1996(b). *Optimum O₂ or CO₂ atmosphere for storing broccoli florets at various temperatures*. Journal of the American Society for Horticultural Science, 12: 127–131.
- Kader, A.A., Zagory, D., Kerbel, E., 1989. *Modified atmosphere packaging in fruits and vegetables*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 28(1):1-30.
- Kader, A.A., Cantwell, M., 2006. Produce quality, rating scales and color charts. Postharvest Horticulture Series No 23.pp78-79
- Kaji, H., Ueno, M., Osajima, Y., 1993. *Storage of shredded cabbage under a dynamically controlled atmosphere of high oxygen and high carbon dioxide*. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 57: 1049–1052.
- Kang, H. M., Park, K. W., and Saltveit, M. E. 2002. *Elevated growing temperatures during the day improve the postharvest chilling tolerance of greenhouse –grown cucumber*. Postharvest Biology and Technology, 24:49-57.
- Kays, S. J. 1991. *Postharvest physiology of perishable plant products*. pp. 356-357. AVI Publ. New York. N.Y. USA.
- Keum, Y-S., Jeong, W. S., and Kong, A. N. T. 2004. *Chemoprevention by isothiocyanates and their underlying molecular signalling mechanisms*. Mutation Research, 555, 191-202.
- Ko, N.P., Watada, A.E., Schlimme, D.V., Bouwkamp, J.C.,1996. *Storage of spinach under low oxygen atmosphere above the extinction point*. Journal of Food Science, 61: 398–400.
- Menniti, A.M., Maccaferri, M., Folchi, A., 1997. *Physio-pathological responses of cabbage stored under controlled atmospheres*. Postharvest Biology and Technology, 10:207-212.
- Ohlsson, T. 1994. *Minimal processing–preservation methods of the future –an overview*. Trends Food Science Technologies, (5), pp.341–344
- Pirovani, M.E., D.R. Guenes, A.M. Piagentini and J.H.D. Pentima. 1997. *Storage quality of minimally processed cabbage packaged in plastic films*. Journal of Food Quality. 20:381-389.
- Sapers, G.M., Douglas, F.W.Jr., 1987. Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice of raw apple and pear fruits. Journal of Food Science, 52: 1285-1261
- Surjadinata, B.B. and Cinseros-Zevallos,L., 2003. *Modelling wounding induced respiration of fresh-cut carrots*. Journal of Food Science, 68:2735-2740.
- Toole, G. A., Parker, M. L., Smith, A. C., & Waldron, K. W. (2000). *Mechanical properties of lettuce*. Journal of Material Science, 35: 3553-3559.
- 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. E., Abe K. & Yamuchi N. (1990). *Physiological activities of partially processed fruits and vegetables*. Food Technology, 44: 116–122.
- Wang, S.S., N.F. Haard and G.R Dimarco, 1971. Chlorophyll degradation during controlled atmosphere storage of asparagus. Journal of Food Science, 36: 657-662.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ

Ε. Μανωλοπούλου , Ε. Ορφανού.

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας στη μεταβολή του χρώματος πράσινων λαχανικών καθώς και της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη καθώς και αυτή επηρεάζει το χρώμα. Τα λαχανικά που μελετήθηκαν ήταν το μαρούλι (φυλλώδες) και το μπρόκολο (ανθοταξία). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσο υψηλότερη η θερμοκρασία συντήρησης τόσο εντονότερη ήταν η αποικοδόμηση της χλωροφύλλης και τόσο εντονότερη η μεταβολή του χρώματος. Από τα δύο λαχανικά το μαρούλι παρουσίασε εντονότερο ρυθμό αποδόμησης της χλωροφύλλης και μεταβολής του χρώματος.

Λέξεις κλειδιά: θερμοκρασία, χλωροφύλλη, χρώμα, μαρούλι, μπρόκολο

INFLUENCE OF TEMPERATURE IN CHANGES OF COLOR IN GREEN VEGETABLES.

E. Manolopoulou, E. Orfanou

Technological Educational Institute of Kalamata, Faculty of Agricultural Technology,
Dep. Of Crop Science, Antikalamos, 24100 Kalamata
e-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

ABSTRACT

The effect of temperature on colour degradation of green vegetables as well as the chlorophyll content as a factor that contributes to colour variation were studied. The studied vegetables were lettuce (leafy) and broccoli (inflorescence). The results suggested that as the storage temperature increases so the chlorophyll degradation rate increases and so the colour degradation. From the two tested vegetables the lettuce was proved to be more sensitive to chlorophyll and colour degradation.

Keywords: temperature, chlorophyll, colour, lettuce, broccoli.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα λαχανικά αποτελούν σπουδαίο παράγοντα της ανθρώπινης διατροφής. Μετά τη συλλογή τους υφίστανται μία σειρά φυσιολογικών αλλαγών που επηρεάζουν την ποιότητα. Οι αλλαγές αυτές δεν μπορούν να σταματήσουν μπορούν όμως να ελεγχθούν μέσα σε ορισμένα όρια χρησιμοποιώντας μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας είναι ένας από τους σημαντικότερους χειρισμούς για την αύξηση του χρόνου της εμπορικής τους ζωής και τη διατήρηση της ποιότητάς τους. Η Cantwell *et al* (1998), αναφέρει ότι η θερμοκρασία είναι ο μόνος σημαντικός παράγοντας που προσδιορίζει τη μετασυλλεκτική ποιότητα των φυλλωδών πράσινων λαχανικών. Θα πρέπει να τονιστεί ότι όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία συντήρησης τόσο γρηγορότερη είναι η φθορά και τόσο βραχύτερη η διάρκεια της εμπορικής ζωής. Η χαμηλή θερμοκρασία (στα όρια ανοχής) και η υψηλή σχετική υγρασία αυξάνουν την εμπορική ζωή των περισσότερων φρέσκων λαχανικών (Cantwell and Kasmire, 2002), καθυστερώντας την αποικοδόμηση της χλωροφύλλης (Pogson and Morris, 1997). Η αποικοδόμηση της χλωροφύλλης μειώνει την ένταση του πράσινου χρώματος και οδηγεί σε κιτρινίσματα. Το κιτρίνισμα των φυλλωδών λαχανικών και του μπρόκολου αποδίδεται στη δράση των ένζυμων υπεροξειδάση και λιποξυγενάση (Murcia *et al.* 2000). Η μείωση της έντασης του πράσινου χρώματος στα λαχανικά συνδέεται με τη γήρανση, τη μείωση της θρεπτικής αξίας και γενικά της ποιότητάς τους (Cantwell and Kasmire, 2002). Το αρχικό στάδιο της αποικοδόμησης της χλωροφύλλης επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες όπως: το υδατικό stress, οι μεταβολές της θερμοκρασίας, το φως, το αιθυλένιο ή συνδυασμός αυτών (Heaton and Marangoni, 1996).

Η επιλογή από τους καταναλωτές των φρούτων και λαχανικών βασίζεται στην εμφάνιση (Abbott, 1999). Σπουδαία παράμετρος της εμφάνισης είναι το χρώμα. Το χρώμα χρησιμοποιείται σαν κριτήριο ωριμότητας ή γήρανσης καθώς και σαν δείκτης φυσιολογικών, μηχανικών ή παθολογικών βλαβών (Kader, 2002).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη των αλλαγών που υφίσταται το χρώμα και ειδικά η χλωροφύλλη σε δύο πράσινα λαχανικά ευρείας κατανάλωσης και μεγάλης εμπορικής αξίας, το μαρούλι και το μπρόκολο, όταν συντηρηθούν σε θερμοκρασίες 0°C, 5°C, 10°C και 20°C. Σύμφωνα με τους Watada *et al.* (1996) η συνιστώμενη θερμοκρασία συντήρησης είναι 0°C, όμως τα λαχανικά πολλές φορές συντηρούνται στους 5°C και μερικές φορές στους 10°C. Η θερμοκρασία των 20°C είναι η θερμοκρασία δωματίου.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.α Προετοιμασία δειγμάτων

Μαρούλια τύπου Romana (*Lactuca sativa*, var. Paris Island), κόπηκαν στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας, (κατά προσέγγιση 20-24 φύλλα /κεφαλή). Μεταφέρθηκαν αμέσως στο εργαστήριο Μετασυλλεκτικών / Μετασυγκομιστικών Χειρισμών όπου έγινε διαλογή ώστε να μειωθεί η φυσική παραλλακτικότητα και απομακρύνθηκαν τα εξωτερικά φύλλα.

Μπρόκολα (*Brassica oleracea*, var. Marathon), συγκομίστηκαν όταν οι κεφαλές ήταν πλήρως ανεπτυγμένες χωρίς τα ανθίδια να έχουν εκπτυχθεί. Αμέσως μετά την κοπή μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου έγινε διαλογή ως προς το μέγεθος και το χρώμα.

Τόσο τα μαρούλια όσο και τα μπρόκολα καλλιεργήθηκαν στο αγρόκτημα του ΤΕΙ Καλαμάτας. Μετά τη διαλογή χωρίστηκαν σε 4 ομάδες, κάθε μία των οποίων περιείχε 36 τεμάχια.

Τα λαχανικά συντηρήθηκαν στο σκοτάδι σε 4 διαφορετικές θερμοκρασίες: 0, 5, 10 και 20°C και 90% σχετική υγρασία. Η διάρκεια συντήρησης ήταν 13 ημέρες για το μαρούλι και 23 ημέρες για το μπρόκολο.

Οι παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν: η μεταβολή της περιεκτικότητας σε ολική χλωροφύλλη και η μεταβολή του χρώματος. Οι μετρήσεις έγιναν την 0, 3^η, 6^η, 10^η, και 13^η ημέρα στην περίπτωση του μαρουλιού και την 0, 6^η, 9^η, 12^η, 16^η, 19^η και 23^η ημέρα στην περίπτωση του μπρόκολου.

Οι μετρήσεις έγιναν σε 6 διαφορετικά δείγματα ανά θερμοκρασία και στα δύο λαχανικά.

2.β. Μέτρηση της ολικής χλωροφύλλης.

Η εκχύλιση της χλωροφύλλης έγινε με διαλύτη διμεθυλσουλφοξειδίου (DMSO) σύμφωνα με τη μέθοδο Hiscox & Isrelstam, 1979, Barnes *et al*, 1992. 0,1g ιστού τοποθετήθηκε σε δοκιμαστικό σωλήνα που περιείχε 10 ml DMSO. Ο σωλήνας χαλαρά πωματισμένος τοποθετήθηκε σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 60°C μέχρι πλήρους αποχρωματισμού (1h). Ακολούθησε ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου για 30 min, ακολούθησε διήθηση και μέτρηση της απορρόφησης στα μήκη κύματος 665 nm και 648 nm. Ο μηδενισμός του οργάνου (blank) γινόταν με DMSO. Η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης εκφράστηκε σε mg/g νεπού βάρους δείγματος και υπολογίστηκε από τον τύπο: $Chl\ total = 7,49 A^{665} + 20,34 A^{648}$ (Hiscox & Isrelstam).

2.γ. Προσδιορισμός χρώματος

Οι αλλαγές του χρώματος των μαρουλιών και των μπρόκολων προσδιορίστηκαν με χρωματόμετρο Minolta (Model CR-300, Minolta Co Ltd Osaka). Πριν από κάθε μέτρηση το όργανο ρυθμιζόταν με λευκή πλάκα βαθμονόμησης ($Y = 92,6$, $X = 0,3135$ και $y = 0,3193$). Το χρώμα αποδόθηκε από τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* . Η παράμετρος L^* αποδίδει τη φωτεινότητα και μεταβάλλεται μεταξύ 0 (μαύρο) και 100 (λευκό). Η χρωματική παράμετρος a^* δίνει το πράσινο ($-a^*$) ή το κόκκινο χρώμα ($+a^*$), ενώ η χρωματική παράμετρος b^* αποδίδει το κίτρινο ($+b^*$) ή το μπλε ($-b^*$) (Mc Guire, 1992). Από τις παραμέτρους L^* , a^* και b^* υπολογίστηκαν η χροιά h° [$h^\circ = \tan^{-1}(b/a)$] (Lancaster *et al*, 1997) και η διαφορά του χρώματος $\Delta E = [(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2]^{1/2}$. L_0 , a_0 , b_0 είναι οι τιμές στην αρχή της μελέτης.

Στις κεφαλές των μπρόκολων το χρώμα προσδιορίστηκε σε 5 σημεία (4 στην περιφέρεια και ένα στο κέντρο). Στα μαρούλια το χρώμα προσδιορίστηκε σε 3 σημεία του ελάσματος (βάση, μέσο, άκρο) σε 3 φύλλα που βρίσκονταν αμέσως μετά τα εξωτερικά φύλλα. Η μεταβολή του χρώματος των δύο λαχανικών αποδόθηκε από τις παραμέτρους: L^* , h° και ΔE .

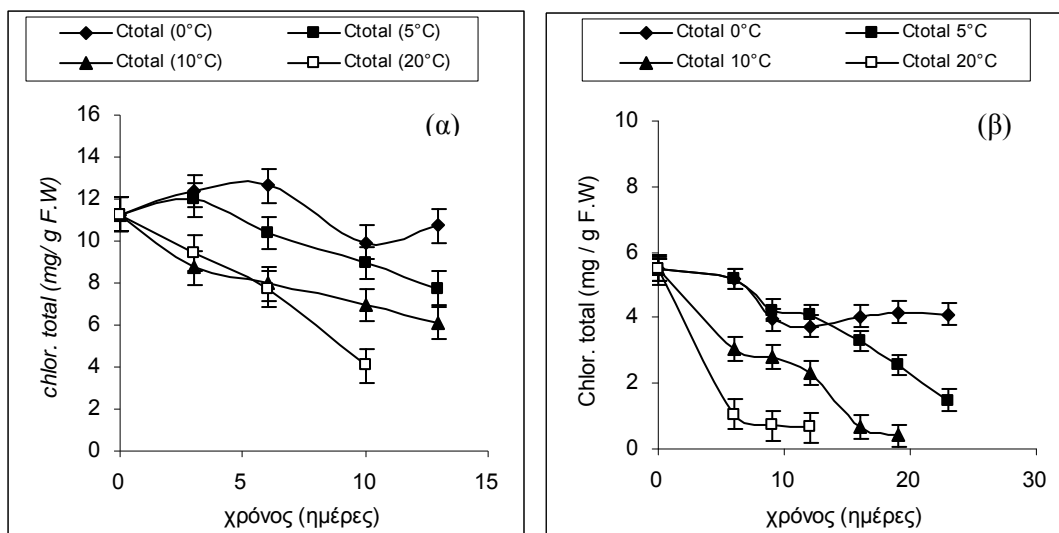
2.δ. Στατιστική ανάλυση.

Τα πειραματικά δεδομένα αναλύθηκαν με το στατιστικό πακέτο Statgraphics Plus (5.1). Η σύγκριση των Μ.Ο έγινε με τη μέθοδο Fisher των ελάχιστων σημαντικών διαφορών (LSD), σε επίπεδο σημαντικότητας $p = 0,05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Μεταβολή της χλωροφύλλης.

Η μεταβολή της ολικής χλωροφύλλης του μαρουλιού (α) και του μπρόκολου (β) παρουσιάζεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1 . Μεταβολή της ολικής χλωροφύλλης του μαρουλιού (α) και του μπρόκολου (β) σε 4 διαφορετικές θερμοκρασίες (N=6) (I= LSD).

Από τη στατιστική ανάλυση (ANOVA) προέκυψε ότι οι παράγοντες που επιδρούν στην αποικοδόμηση της χλωροφύλλης του μαρουλιού και του μπρόκολου είναι: η θερμοκρασία συντήρησης, ο χρόνος συντήρησης και η αλληλεπίδρασή τους ($p=0,05$).

Από το σχήμα 1 προκύπτει ότι στις θερμοκρασίες 10 και 20°C παρουσιάζεται μία απότομη αποικοδόμηση της χλωροφύλλης τόσο στο μαρούλι όσο και στο μπρόκολο. Την 3^η ημέρα της συντήρησης στις θερμοκρασίες αυτές το μαρούλι [σχ.1(α)] έχασε το 20% περίπου της αρχικής του χλωροφύλλης, ενώ στο τέλος της συντήρησης (13^η ημέρα) τα ποσοστά της απώλειας ανήλθαν σε 46% στους 10°C και σε 64% στους 20°C. Στην περίπτωση του μπρόκολου [σχ1 (β)] μετά 6 ημέρες συντήρησης στους 10 και 20°C παρατηρήθηκε μία απώλεια της τάξης του 44% και 80% αντίστοιχα, ενώ στο τέλος της συντήρησης (23 ημέρες στους 10°C και 12ημέρες στους 20°C) τα ποσοστά αυτά ανήλθαν σε 93 και 88% αντίστοιχα. Τα αποτελέσματά μας συμφωνούν με αυτά των Lemoine *et al* (2007), Page *et al* (2001) και Costa *et al*(2006).

Στους 5°C συντήρησης παρατηρήθηκε μία διατήρηση της χλωροφύλλης τις 3 πρώτες ημέρες στο μαρούλι και τις 6 στο μπρόκολο. Ο Page *et al* (2001) αναφέρει ότι το μπρόκολο παρουσίασε σημαντική μείωση της χλωροφύλλης μετά από 11 ημέρες στους 4°C, ενώ ο Zhuang *et al* (1994) αναφέρει ότι το μπρόκολο παρουσίασε μία σημαντική μείωση της χλωροφύλλης (~40%) την 6^η ημέρα στους 5°C. Στο τέλος της συντήρησης το μαρούλι παρουσίασε απώλεια της τάξης του 30% γεγονός που συμφωνεί με το Singh *et al* (1972), ενώ το μπρόκολο της τάξης του 73%. Στις θερμοκρασίες 5, 10 και 20°C η μεταβολή της χλωροφύλλης στο μαρούλι και στο μπρόκολο είναι πρακτικά γραμμική συνάρτηση του χρόνου συντήρησης με R^2 κυμαινόμενο μεταξύ 0,83 και 0,99 και στις δύο περιπτώσεις.

Στο τέλος της συντήρησης στους 0°C το μαρούλι (13^η ημέρα) παρουσίασε μία απώλεια της τάξης του 5%, ενώ το μπρόκολο μία απώλεια της τάξης του 25%. Η θερμοκρασία των 0°C μειώνει την αναπνευστική δραστηριότητα, το ρυθμό του μεταβολισμού και την αποικοδόμηση της χλωροφύλλης. (Pogson and Morris, 1997). Η αποικοδόμηση της χλωροφύλλης είναι ένα σύμπτωμα της μετάβασης των χλωροπλαστών σε γεροντοπλάστες, όρος χαρακτηριστικός για τα πλαστίδια της γήρανσης (Sitte *et al.*, 1980). Η αποικοδόμηση της χλωροφύλλης φέρνει στην επιφάνεια χρωστικές που προϋπήρχαν, στην προκειμένη περίπτωση καροτινοειδή (Gross, 1991).

3.2 Μεταβολή του χρώματος.

Η μεταβολή του χρώματος αποδίδεται από τις παραμέτρους L^* , h° , ΔE , (πίνακας 1)

Πίνακας 1. Μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων L^* , h° , ΔE μαρουλιού και μπρόκολου που συντηρήθηκαν στους 0, 5, 10 και 20°C.

Ημέρες	L^*				h°				ΔE			
	0°C	5°C	10°C	20°C	0°C	5°C	10°C	20°C	0°C	5°C	10°C	20°C
Μαρούλι												
0	42.0	42.0	42.0	42.0	121.4	121.4	121.4	121.4	0	0	0	0
3	39.7a	42.7b	44.4bc	45.5c	120.7a	120.9a	120.8a	117.9a	5.0a	4.8a	4.3a	5.6a
6	42.7a	43.4a	43.4a	56.8b	122.2a	120.9a	119.7a	114.6b	6.2a	6.3a	8.6b	9.6c
10	37.8a	42.5b	50.8c	57.0d	120.4a	118.9a	115.8b	109.6c	6.3a	7.2a	9.0b	16.8c
13	39.8a	45.4b	47.4b		120.0a	114.7b	107.8c		6.3a	9.5b	11.7c	
Μπρόκολο												
0	40.0	40	40	40	117.7	117.7	117.7	117.7	0	0	0	0
6	39.3a	38.4a	42.5b	45.3c	118.1a	118.0a	114.8a	87.8b	5.1a	4.7a	6.5b	12.4c
9	40.0a	40.1a	45.1b	47.7c	119.1a	116.7a	107.7b	86.1c	6.1a	6.3a	10.3b	12.4c
12	39.0a	40a	48.3b	52c	117.3a	116a	100.4b	83.9c	5.0a	6.1a	15.0b	16.2b
16	40.2a	43.6b	48.9c		117.6a	111.5b	96.5c		6.4a	10.3b	15.7c	
19	37.8a	44.6b	47.9c		118.5a	105.3b	99.2c		6.4a	12.3b	16.6c	
23	38.9a	44.9b			118.8a	102.3b			6.0a	14.1b		

ΜΟ, μαρούλι= 6 δείγματα × 3 φύλλα × 3 μετρήσεις/φύλλο=54

ΜΟ, μπρόκολο= 6 δείγματα × 5 μετρήσεις / δείγμα = 30

Τιμές συνοδευόμενες από διαφορετικά μικρά γράμματα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις άλλες τιμές της ίδιας γραμμής.

Από τη στατιστική ανάλυση (ANOVA) προκύπτει ότι η μεταβολή των χρωματικών παραμέτρων L^* , h° και ΔE και στα δύο προϊόντα επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά ($p=0,05$) από τη θερμοκρασία, το χρόνο συντήρησης και την αλληλεπίδρασή τους.

Η θερμοκρασία των 0°C διατήρησε τη φωτεινότητα πολύ κοντά στα αρχικά επίπεδα και στις δύο περιπτώσεις. Έτσι στο τέλος της συντήρησης (13^η ημέρα) το μαρούλι έχασε το 5% της φωτεινότητάς του, ενώ το μπρόκολο (23^η ημέρα) το 3%. Η μεταβολή της φωτεινότητας ήταν τόσο μεγαλύτερη όσο υψηλότερη ήταν η θερμοκρασία συντήρησης. Έτσι στο τέλος της συντήρησης (13^η ημέρα) το μαρούλι που συντηρήθηκε στους 5°C παρουσίασε μία αύξηση της τάξης του 8%, στους 10°C η αύξηση ήταν 13%, στους δε 20°C η αύξηση που σημειώθηκε ήταν της τάξης του 36%.

Στο μπρόκολο η αύξηση της φωτεινότητας που παρατηρήθηκε στο τέλος της συντήρησης στους 5°C ήταν 12%, στους 10°C ήταν 19% και στους 20°C ήταν 30%. Και στις δύο περιπτώσεις η μεταβολή της φωτεινότητας (L^*) στις θερμοκρασίες 5, 10 και 20°C είναι γραμμική συνάρτηση του χρόνου συντήρησης με R^2 κυμαινόμενο μεταξύ 0,71 και 0,98.

Η παράμετρος h° (χροιά) στο τέλος της συντήρησης στους 0°C διατηρήθηκε στα αρχικά επίπεδα και στα δύο λαχανικά. Στις θερμοκρασίες 5, 10 και 20°C και στα δύο λαχανικά παρατηρήθηκε μείωση των τιμών, τόσο εντονότερη όσο υψηλότερη ήταν η θερμοκρασία συντήρησης. Έτσι στις θερμοκρασίες 5, 10 και 20°C η μείωση των τιμών της παραμέτρου h° για το μαρούλι ήταν 5, 11 και 10% αντίστοιχα, ενώ για το μπρόκολο ήταν 13, 16 και 28% .

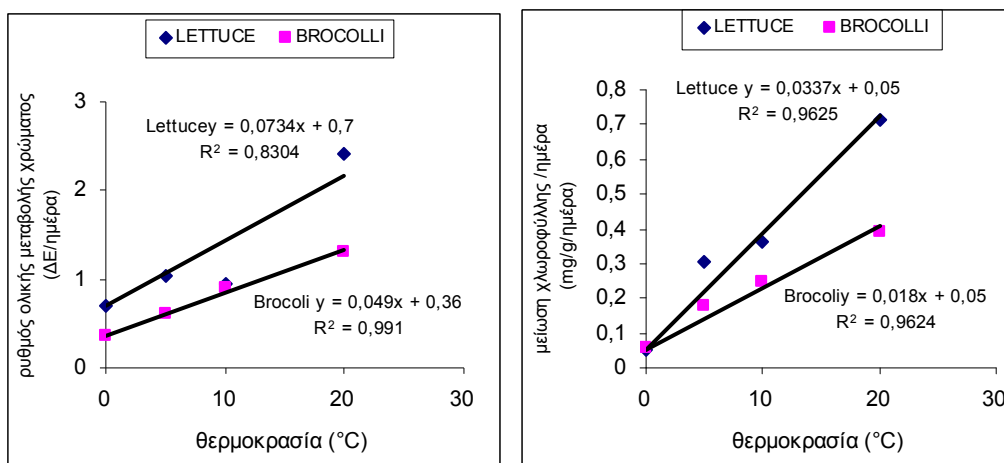
Αύξηση της ολικής μεταβολής του χρώματος ΔΕ παρατηρήθηκε από την πρώτη κιόλας ημέρα της συντήρησης. Στους 0°C η μεταβολή διατηρήθηκε σε χαμηλά επίπεδα ενώ στις υψηλότερες θερμοκρασίες ήταν πιο έντονη.

Στη θερμοκρασία των 0°C παρατηρήθηκε ελαφριά μείωση της φωτεινότητας (L*) και διατήρηση των τιμών της χροιάς (h°) πολύ κοντά στα αρχικά επίπεδα και στα δύο λαχανικά. Η μικρή μείωση των τιμών του L* δείχνει ότι το χρώμα έγινε πιο σκούρο κατά τη διάρκεια της συντήρησης, ενώ η διατήρηση των τιμών του h° είναι απόδειξη ότι δεν υπήρξε μείωση της έντασης του πράσινου χρώματος. Τα αποτελέσματα μας συμφωνούν με αυτά των Chandra *et al* (2008) στο μαρούλι και των Gnanasekharan *et al* (1992) στο μπρόκολο. Στις υψηλότερες θερμοκρασίες συντήρησης παρατηρήθηκε μία αύξηση των τιμών του L* και μία μείωση των τιμών του h°. Η αύξηση των τιμών του L* είναι ένδειξη μείωσης της έντασης του πράσινου χρώματος λόγω εμφάνισης κίτρινων χρωστικών, ενώ οι χαμηλές τιμές του h° είναι ένδειξη αποπρασινισμού που συνδέεται με τη γήρανση. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά των Chandra *et al* (2008), Suthumchai *et al.* (2007) στο μαρούλι και Lemoine *et al* (2008) στο μπρόκολο. Το μπρόκολο που συντηρήθηκε στους 20°C παρουσίασε τιμές του h° μικρότερες από 90° γεγονός που οφείλεται στο ότι η χρωματική παράμετρος a* έλαβε θετικές τιμές. Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με τους Gnanasekharan *et al* (1992).

Αξίζει να σημειωθεί ότι την 3^η ημέρα στο μαρούλι και την 6^η στο μπρόκολο τα δείγματα που συντηρήθηκαν στους 10 και 20°C παρουσίασαν μία σημαντική μείωση της χλωροφύλλης, ενώ η μεταβολή του h° δεν ήταν ανάλογη, γεγονός που δείχνει ότι η αποικοδόμηση της χλωροφύλλης ξεκινά προτού η μεταβολή του χρώματος γίνει αντιληπτή. Η μέτρηση της χλωροφύλλης είναι μία πιο ευαίσθητη παράμετρος για να μελετηθεί η γήρανση των φυτικών ιστών. Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με αυτά των Costa *et al* (2006) και Finger *et al* (1999) στο μπρόκολο.

3.3 Σύγκριση μαρουλιού και μπρόκολου

Προκειμένου να συγκρίνουμε την αποικοδόμηση της χλωροφύλλης σε ένα φυλλώδες λαχανικό όπως το μαρούλι και μία ανθοταξία όπως το μπρόκολο υπολογίσαμε το μέσο ημερήσιο ρυθμό της χλωροφύλλης καθώς και τον αντίστοιχο ρυθμό της ολικής μεταβολής του χρώματος συναρτήσει της θερμοκρασίας.



Σχήμα 2. Μεταβολή του ρυθμού μείωσης της χλωροφύλλης και του ολικού χρώματος του μαρουλιού και του μπρόκολου.

Από το σχήμα 2 προκύπτει ότι το μαρούλι παρουσιάζει μεγαλύτερο ρυθμό μείωσης της χλωροφύλλης και μεταβολής του ολικού χρώματος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα

πρότυπα μεταβολής του χρώματος ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του φυτικού οργάνου πιθανώς λόγω των διαφορών της επιφάνειας και της αλληλεπίδρασης αντικειμένου και προσπίπτοντος φωτός (Gnanasekharan *et al* (1992).

Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της μελέτης προκύπτει ότι :

- Με κριτήριο το χρώμα το μαρούλι μπορεί να συντηρηθεί σε εμπορεύσιμη κατάσταση στους 0°C για 13 ημέρες, στους 5°C για 10ημέρες, στους 10°C για 6 ημέρες ενώ στους 20°C για 3 ημέρες, διάρκεια που συμφωνεί με τα βιβλιογραφικά δεδομένα (Suthumchai *et al.* (2007, Chandra *et al* (2008).
- Το μπρόκολο εάν δεν συντηρηθεί σε χαμηλή θερμοκρασία παρουσιάζει συμπτώματα γήρανσης και αποικοδόμηση της χλωροφύλλης. Έτσι στους 0°C μπορεί να συντηρηθεί σε εμπορεύσιμη κατάσταση για 23 ημέρες, στους 10°C για 12 ημέρες, στους 5°C για 6 ημέρες και στους 20°C για 2 ημέρες, γεγονός που είναι σύμφωνο με τις παρατηρήσεις των Cantwell and Kasmire, (2002) και Finger *et al* (1999).

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbott J.A., 1999. *Quality measurement of fruits and vegetables*. Postharvest Biol. Technol. 15:207-225.
- Barnes, J.D., Balaguer, L., Manrique, E., Elvira, E. and Davison, A.W., 1992. *A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants*. Environmental and Experimental Botany, V32 (2):85-95.
- Cantwell, .M and Kasmire, F.R., 2002. *Postharvest handling systems: flower, leafy and stem vegetables*. In: Postharvest Technology of Horticultural crops. (ed. A. Kader), University of California Agr and Natural Resources Pub.3311, pp.423-433.
- Cantwell, M., J. Rovelo, X. Nie and V. Rubatzky, 1998. *Specialty salad greens:Postharvest physiology and shelf-life*. Acta Hort., 467:371-377.
- Chandra, D., Matsui, T., Suzuki, H. and Kosugi, Y., 2008. *Changes in some physio-biochemical characteristics in lettuce during storage at low temperature*. J. of Biological Sciences, V8: 398-403.
- Costa, L.M., Civello, M.P., Chaves, A.R. and Martínez, G.A., 2006. *Hot air treatment decrease chlorophyll catabolism during postharvest senescence of broccoli ((Brassica oleracea L. var. Italica) heads*. J. of the Science of Food and Agriculture 86:1125-131.
- Finger, F.L., Endres, L., Mosquim, P.R. and Puiatti, M., 1999. *Physiological changes during postharvest senescence of broccoli*. Pesq. Agropec. Bras., Brasilia, V34(9) :1565-1569.
- Gnanasekharan, V., Shewfelt, R.L. and Chinnan, M.S., 1992. *Detection of color changes in green vegetables*. J. of Food Science, V57 (1):149-154.
- Gross, J., 1991. *Pigments in vegetables-Chlorophylls and carotenoids*. Van Nostrand Reinhold New-York.
- Heaton, W.J and Marangoni, G.A., 1996. *Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues*. Trends in Food Science and Technology, V.7: 8-15.
- Hiscox, J.D and Israelstam, G.F., 1979. *A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration*. Can. J. Bot. 57:1332-1334.

- Kader, A., 2002. *Maturation and maturity index*. Postharvest Technology of Horticultural crops. (ed. A. Kader), University of California Agr and Natural Resources Pub.3311 pp. 55-62.
- Lancaster, J.E., C.E. Lister, P.F. Reay and C.M. Triggs, 1997. *Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables*. J. Amer. Soc. Hortic. Sci., 122: 594-598.
- Lemoine, M., Civello, P.M., Chaves, R.A., Martínez, G.A., 2008. *Effect of combined treatment with hot air and UV-C on senescence and quality parameters of minimally processed broccoli (Brassica oleracea L. var. Italica)*. Postharvest Biology and Technology, V 48(1): 15-21.
- McGuire, R.G., 1992. *Reporting of objective colour measurements*. HortScience, V27: 1254-1255.
- Murcia, M.A., LÓPEZ-Ayerra, B., Martinez-Tomé, M. and Garcia-Carmona, F., 2000. *Effect of industrial processing on chlorophyll content of broccoli*. J. of the Science of Food and Agriculture, 80:1447-1451.
- Page, T., Griffiths, G. and Buchanan-Wollaston, V., 2001. *Molecular and biochemical characterization of postharvest senescence in broccoli*. Plant Physiology, V125: 718-727.
- Pogson, B.J., and Morris, S.C., 1997. *Consequences of cool storage of broccoli on physiological and biochemical changes and subsequent senescence at 20°C*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122:553-558.
- Singh, R., Wang, D.J and D.K Salunke. 1972. *Controlled atmosphere storage of lettuce. 2. Effects on biochemical composition of the leaves*. J. of Food Science, V37: 52-55.
- Sitte, P., Falk, H., Liedvogel, B., 1980. *Chromoplasts*. In: Pigments in Plants. Ed. F.C. Czygan, pp.117-148. Stuttgart Gustav Fisher, 2nd ed.
- Suthumchai, W., Matsui, T., Kawada, K. and Kosugi, Y., 2007. *Sugar metabolizing enzymes activities in lettuce head during low temperature storage*. Asian Journal of Plant Sciences V 6(4):568-576.
- Watada, A.E., N.P. Ko and D.A. Minott, 1996. *Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products*. Postharvest Biol., Technology, 9:115-125.
- Zhuang, H., Barth, M.M and D.F Hildebrand, 1994. *Packaging influence total chlorophyll, soluble protein, fatty acid composition and lipoxygenase activity in broccoli florets*. J. of Food Science, V 59(6): 1171-1174.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ Η ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΧΕΙΡΙΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ» ΛΑΧΑΝΟΥ.

Ε. Μανωλοπούλου¹, Γ. Ξανθόπουλος², Γρ. Λαμπρινός²

¹ΤΕΙ Καλαμάτας, Σχολή Τ.Ε.Γ., τμήμα Φ.Π, Αντικάλαμος-Καλαμάτα 24100
e-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

²Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Ιερά Οδός 75,
Τ.Κ. 11855, Αθήνα, Τηλ. 210 529 4029–4031, Fax. 210 529 4032,
e-mail: refrigenergy@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της επίδρασης της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (ενεργής) και των χημικών χειρισμών με ασκορβικό οξύ, κιτρικό οξύ και χλωριούχο ασβέστιο στην ποιότητα και την εμπορική ζωή «κομμένου» λάχανου το οποίο συντηρήθηκε στους 0 °C. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι η τροποποιημένη ατμόσφαιρα και ο χειρισμός με κιτρικό οξύ ήταν οι πιο σημαντικοί χειρισμοί διότι διατήρησαν το χρώμα, μείωσαν την καστάνωση των τομών, διατήρησαν την ολική οπτική ποιότητα του προϊόντος και επέκτειναν την εμπορική ζωή του τελικού προϊόντος στις 22 ημέρες.

Λέξεις κλειδιά: λάχανο, κιτρικό οξύ, ασκορβικό οξύ, χλωριούχο ασβέστιο, τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

THE EFFECT OF MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING AND CHEMICAL PRE-TREATMENTS ON THE OVERALL QUALITY OF MINIMALLY PROCESSED CABBAGE

E. Manolopoulou¹, G. Xanthopoulos², Gr. Lambrinos²

¹Technological Educational Institute of Kalamata,
Faculty of Agricultural Technology, Dep. Of Crop Science, Antikalamos, 24100
Kalamata, e-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

²Agricultural University of Athens, Dep. of NRM & AE,
Lab. of Agricultural Engineering, 75 Iera Odos Str., Athens, Greece 11855,
tel. +3 210 5294031, fax. +3 210 5294032, e-mail: refrigenergy@aua.gr

ABSTRACT

The effect of the modified atmosphere packaging (active) and chemical pre-treatments with ascorbic acid, citric acid and calcium chloride on the overall quality and marketability of shredded cabbage stored at 0 °C was studied. The analysis showed that modified atmosphere packaging and pre-treatment with citric acid managed to retain the initial colour of the samples, to reduce browning of the cut surfaces, to retain the overall visual quality and finally to extend the marketability of the end product for 22 days.

Keywords: cabbage, citric acid, ascorbic acid, calcium chloride, modified atmosphere packaging.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εμπορία των έτοιμων για χρήση φρεσκοκομμένων προϊόντων έχει αυξηθεί με ταχείς ρυθμούς τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της αυξημένης ζήτησης για φρέσκα προϊόντα, «έτοιμα προς κατανάλωση» (Ohlsson, 1994). Σύμφωνα με τους Watada και Qi (1999), τα κυριότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων αυτών αποτελούν το χρώμα, η υφή, η οσμή και η γεύση. Οι χειρισμοί κατά την προετοιμασία αυτών συντελεί στην καταστροφή κυττάρων και επαφή των ενζύμων με το υπόστρωμα. Η ενζυματική κασπάνωση και το μαλάκωμα της υφής αποτελούν περιοριστικούς παράγοντες της ποιότητας και της διάρκειας της εμπορικής ζωής των προϊόντων αυτών (Brecht, 1995). Για τον περιορισμό της ενζυμικής κασπάνωσης εφαρμόζονται διάφοροι χειρισμοί, μεταξύ δε αυτών και η τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Pirovani et al., 1997), καθώς και χημικοί χειρισμοί με ασκορβικό οξύ (Alvarez and Chilart, 2000), με κιτρικό οξύ (Rojas-Graü et al., 2008) και με άλατα του ασβεστίου (Varela et al., 2007). Οι υψηλές συγκεντρώσεις του CO₂ και οι χαμηλές του O₂ έχει αποδειχθεί ότι περιορίζουν την κασπάνωση (Gorny, 2001) ενώ το ασκορβικό οξύ είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο ασφαλές αντιοξειδωτικό (Alvarez and Chilart, 2000). Ομοίως το κιτρικό οξύ είναι ο καλλίτερος γνωστός χημικός παρεμποδιστής της δράσης της πολυφαινολοξειδάσης (Rojas-Graü et al., 2008), ενώ τα ιόντα του χλωρίου έχει αποδειχθεί ότι παρεμποδίζουν επίσης τη δράση της πολυφαινολοξειδάσης (Garcia and Barrett, 2002). Το λάχανο είναι ένα διαδεδομένο λαχανικό με αντιοξειδωτικές και αντικαρκινικές ιδιότητες (Chu et al., 2002) το οποίο περιέχει και μεγάλες ποσότητες γλυκοζιτών (Keum et al., 2004).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η σύγκριση της αποτελεσματικότητας της τροποποιημένης ατμόσφαιρας και των χημικών χειρισμών με ασκορβικό οξύ, κιτρικό οξύ και χλωριούχο ασβέστιο στην ποιότητα και την εμπορική ζωή του «φρεσκοκομμένου λάχανου».

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Λευκό λάχανο (*Brassica oleracea* L. var capitata), ποικιλίας Bunner συγκομίστηκε στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας, στη Μεσσηνία το Μάρτιο και τον Απρίλιο. Μετά τη συγκομιδή μεταφέρθηκε αμέσως στο εργαστήριο και προετοιμάστηκε αυθημερόν με τις καλλίτερες δυνατές τεχνικές προετοιμασίας. Τα φύλλα κόπηκαν στα 4 και στη συνέχεια σε λωρίδες πλάτους 3 cm με κοφτερά μαχαίρια που είχαν απολυμανθεί με αλκοόλη. Το κομμένο λάχανο πλύθηκε με χλωριωμένο νερό (100 ppm NaOCl) θερμοκρασίας 5 °C για 4 min (αναλογία λάχανου/νερού 1:3). Στη συνέχεια ξεπλύθηκε με νερό της βρύσης και φυγοκεντρίθηκε για 1 min για την απομάκρυνση του πλεονάζοντος νερού. Για την ελαχιστοποίηση της ετερογένειας μετά την κοπή όλων των κεφαλών το προϊόν αναμίχθηκε και μετά την προετοιμασία, χωρίστηκε σε 5 ίσες ομάδες. Η α! ομάδα εμβαπτίστηκε σε απεσταγμένο νερό και χρησίμευσε σαν μάρτυρας, η β! εμβαπτίστηκε σε διάλυμα ασκορβικού οξέος, η γ! εμβαπτίστηκε σε διάλυμα κιτρικού οξέος, η δ! εμβαπτίστηκε σε διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου ενώ η ε! και τελευταία συσκευάστηκε σε πλαστικές συσκευασίες (MAP). Η εμβάπτιση στα διαλύματα ασκορβικού οξέος (Serva, Germany), κιτρικού οξέος, (Merck, Germany) και χλωριούχου ασβεστίου (Carlo Erba, Italy) εφαρμόστηκε για 3 min μετά το στράγγισμα (αρχικό πλύσιμο με NaOCl). Τα διαλύματα έγιναν με απεσταγμένο νερό θερμοκρασίας 5 °C και η συγκέντρωση σε όλες τις περιπτώσεις ήταν 1% (w/v). Η πλεονάζουσα ποσότητα διαλύματος απομακρύνθηκε με σκούπισμα με χαρτί κουζίνας.

Ποσότητα 100 g ± 2 g κομμένου λάχανου των ομάδων, β!, γ! και δ!, μετά το χημικό χειρισμό καθώς και ο μάρτυρας (ομάδα α!) συσκευάστηκαν σε δισκάκια πολυστερίνης διαστάσεων 155×220×30 mm που καλύφθηκαν με PVC πάχους 13 μm με τη βοήθεια θερμαινόμενης πλάκας. Ποσότητα 100 g ± 2 g κομμένου λάχανου της ε! ομάδας

(πλύσιμο με χλωριωμένο νερό, ξέβγαλμα και στράγγισμα) συσκευάστηκε σε πρακτικά αδιαπέρατες (Τιμές διαπέρασης 50 mg/ m².day.bar για το O₂ και 100mg/m².day.bar για το CO₂ στους 20 °C) σακούλες πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας (HDPE) πάχους 30 μm και διαστάσεων 30 cm × 24 cm. Στις σακούλες αρχικά δημιουργήθηκε κενό και στη συνέχεια έγινε εμφύσηση μίγματος αερίων που περιείχε 5% O₂, 10% CO₂, 85% N₂ σύσταση που προτείνεται στη βιβλιογραφία (Gorny, 2001). Η ενεργή τροποποιημένη ατμόσφαιρα δημιουργήθηκε με τη βοήθεια μίκτη αερίων (MAP Mix 9000, Denmark) και συσκευής κενού (Multivac A300/16, Germany).

Όλα τα προαναφερθέντα δείγματα συντηρήθηκαν στους 0 °C και 90% στο σκοτάδι για 22 ημέρες. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν: η μεταβολή των αερίων στο εσωτερικό της συσκευασίας, η απώλεια μάζας, το χρώμα και η αξιολόγηση της ποιότητας οργανοληπτικά. Η ανάλυση των αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών έγινε με αναλυτή αερίων CheckMate 9000 (PBI Densensor Co., Denmark), ενώ η απώλεια μάζας εκφράστηκε ως ποσοστό της αρχικής ποσότητας και προσδιορίστηκε με ζυγό ακριβείας (± 0.01 g). Η υφή μετρήθηκε με αναλυτή υφής Texture Analyser TA-XT2i (SMS, England) εφοδιασμένο με κελλί Kramer 5 λεπίδων ενώ το χρώμα προσδιορίστηκε με τη βοήθεια χρωματόμετρου Minolta CR-300 (Minolta Corp., Japan) στο σύστημα CIE L*, a*, b. Στην αρχή κάθε μέτρησης το χρωματόμετρο βαθμονομούνταν με standard λευκή πλάκα. Η μεταβολή του χρώματος εκτιμήθηκε από τις παραμέτρους L*(φωτεινότητα), και χροιά, hue (h°). Η οργανοληπτική εκτίμηση της ποιότητας αναφέρεται στην ολική οπτική ποιότητα και στην εκτίμηση της καστάνωσης των τομών και πραγματοποιήθηκε από ομάδα 6 κριτών βάσει κλίμακας 1-5 (5=πολύ φρέσκο χωρίς καστανώσεις στις τομές, 3=οριακά εμπορεύσιμο με ελαφριά καστάνωση στις τομές, 1=μη καταναλώσιμο).

Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα την 0^η, 7^η, 14^η και 22^η ημέρα σε 10 συσκευασίες ανά χειρισμό για τον προσδιορισμό των ατμοσφαιρικών αερίων των συσκευασμένων δειγμάτων και της απώλειας μάζας και σε 6 συσκευασίες ανά χειρισμό για την υφή, το χρώμα και την οργανοληπτική εκτίμηση. Τα πειραματικά δεδομένα αναλύθηκαν με το στατιστικό πακέτο Statgraphics Plus 5.1 (Statpoint Technologies, Inc, VA, USA) και η σύγκριση των μέσων τιμών εκτιμήθηκε με το στατιστικό τεστ των ελαχίστων σημαντικών διαφορών (LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας, p≤0.05.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Σύνθεση των αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών

Κατά τη διάρκεια της συντήρησης, όπως αναμενόταν, η συγκέντρωση του O₂ μειώθηκε, ενώ η συγκέντρωση του CO₂ αυξήθηκε και στο τέλος της συντήρησης (22^η ημέρα) η συγκέντρωση του O₂ ήταν 1.5% (από 5.0% αρχική) του δε CO₂ 17.0% (από 10.0% αρχική). Η μεταβολή αυτή των αερίων μπορεί να αποδοθεί και στην αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας που οφείλεται στο μηχανικό και βιολογικό stress που προκαλείται από την προετοιμασία του προϊόντος όπως αναφέρουν οι Surjadinata and Cinseros-Zevallos (2003).

3.2. Απώλεια μάζας

Από την πολυπαραγοντική ανάλυση διασποράς (ANOVA) αποδείχθηκε ότι η τροποποιημένη ατμόσφαιρα, οι χημικοί χειρισμοί και ο χρόνος συντήρησης επηρέασαν σημαντικά (p≤0.05) την απώλεια μάζας. Μετά από 22 ημέρες συντήρησης, η απώλεια μάζας (Πίνακας 1) για το μάρτυρα και τους χειρισμούς με ασκορβικό οξύ και χλωριούχο ασβέστιο ήταν ανάλογη (2.28-2.81%). Ο χειρισμός δε με κιτρικό οξύ παρουσίασε σημαντικά υψηλότερη απώλεια μάζας (3.17%). Η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα διατήρησε την απώλεια μάζας σε πολύ χαμηλά επίπεδα λόγω της ταχείας

εκμηδένισης του ελλείμματος πίεσης υδρατμών. Η απώλεια μάζας εμφανίστηκε ως γραμμική συνάρτηση του χρόνου συντήρησης, με $R^2=0.985-0.995$.

Πίνακας 1. Επίδραση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας και των χημικών χειρισμών στην απώλεια βάρους «ελάχιστα επεξεργασμένου» λάχανου.

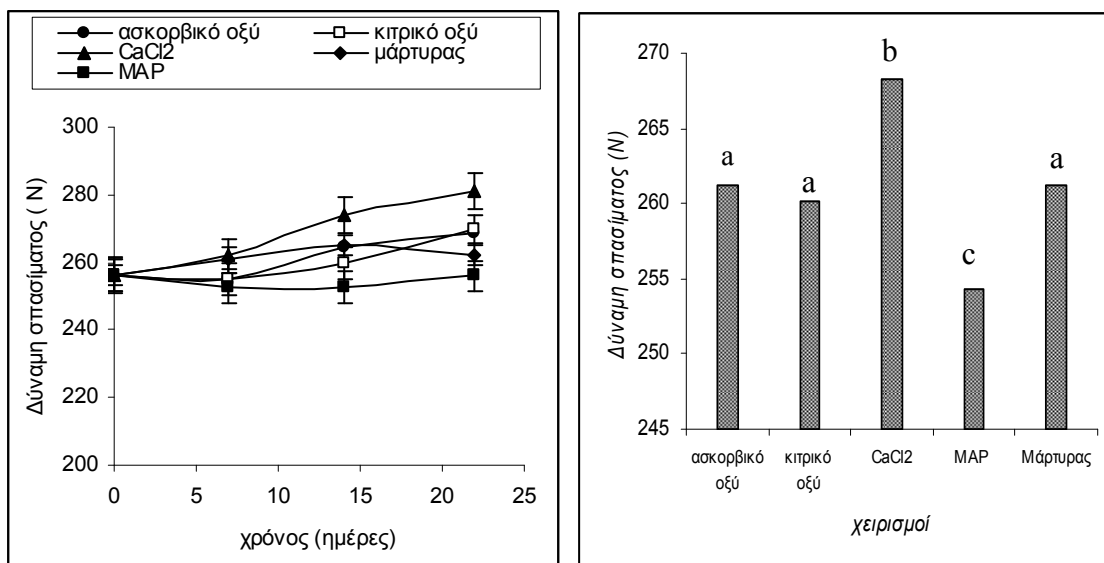
Ασκορβικό οξύ	Κιτρικό οξύ	CaCl ₂	Μάρτυρας	MAP
2.45 ^a	3.17 ^b	2.28 ^a	2.81 ^a	0.107 ^c

Τιμές ακολουθούμενες από διαφορετικά γράμματα είναι στατιστικά σημαντικές, $p \leq 0.05$; Μ.Ο. προέρχεται από $N=2$ επαναλήψεις $\times 10$ δείγματα ανά επανάληψη=20

Τα φυλλώδη λαχανικά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην απώλεια μάζας (Kays, 1991), η οποία συνοδεύεται από την αντίστοιχη υποβάθμιση της υφής, της εμφάνισης και της φρεσκάδας τους. Η μέγιστη αποδεκτή για το λάχανο απώλεια μάζας είναι 7% σύμφωνα με τους Kays (1991) και Kang et al. (2002), ενώ στην παρούσα μελέτη η απώλεια αυτή διατηρήθηκε χαμηλότερα του ορίου αυτού.

3.3. Υφή

Ο προσδιορισμός της υφής του λάχανου παρουσιάζει δυσκολίες λόγω του ότι το φύλλο του αποτελείται από διαφορετικής υφής ιστούς, ήτοι το έλασμα και την κεντρική νεύρωση. Η μεταβολή της υφής του λάχανου κατά τη συντήρηση στους 0 °C αποδείχθηκε ότι επηρεάζεται τόσο από το χειρισμό όσο και από το χρόνο συντήρησης ($p \leq 0.05$) όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Επίδραση των χημικών χειρισμών και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στην υφή «ελάχιστα επεξεργασμένου» λάχανου στους 0 °C. Αριστερά, η μεταβολή της δύναμης σπασίματος (N) στο διάστημα των 22 ημερών, και δεξιά η μέση τιμή της δύναμης σπασίματος (N) ανά χειρισμό. (Μ.Ο προκύπτει από $N=2$ επαναλήψεις $\times 6$ δείγματα ανά επανάληψη=12). (I=LSD)

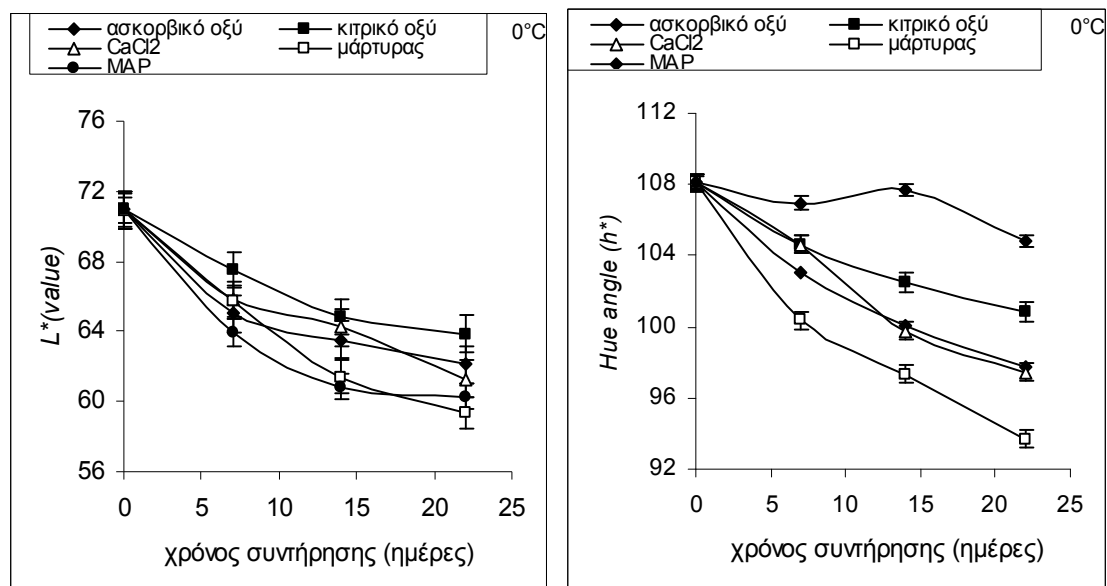
Μετά από 22 ημέρες συντήρησης η υφή του λάχανου που εμβαπτίστηκε στο ασκορβικό και το κιτρικό οξύ ήταν ανάλογη με αυτή του μάρτυρα, γεγονός που συμφωνεί με τα αποτελέσματα του Gorny et al. (1999) σε φέτες ροδάκινου. Η εμβάπτιση σε CaCl₂ διατήρησε την υφή καλλίτερα από όλους τους χειρισμούς παρουσιάζοντας την

υψηλότερη δύναμη σπασίματος. Οι Rosen and Kader (1989) και Agar et al. (1999), αναφέρουν ότι το CaCl₂ καθυστερεί το μαλάκωμα των κομμένων φρούτων. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα διατήρησε την υφή πολύ κοντά στις αρχικές τιμές, γεγονός που συμφωνεί με τα αποτελέσματα των Senesi et al. (2000), οι οποίοι αναφέρουν ότι κομμένη πιπεριά που συντηρήθηκε στους 8 °C σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα διατήρησε σταθερή την υφή της καθόλη τη διάρκεια της συντήρησης.

3.4. Χρώμα

Οι χρωματικές παράμετροι L* και h° επελέγησαν ως οι καταλληλότεροι για την περιγραφή του αποχρωματισμού των κομμένων επιφανειών (Sapers and Douglas, 1987). Όταν το χρώμα γίνεται σκούρο οι τιμές της φωτεινότητας (L*) ελαττώνονται. Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι οι χειρισμοί, ο χρόνος συντήρησης και η αλληλεπίδρασή τους επηρεάζουν σημαντικά ($p \leq 0.05$) τη φωτεινότητα και τη χροιά.

Από το Σχήμα (2) προκύπτει ότι στο τέλος της συντήρησης (22^η ημέρα) τα δείγματα που υπέστησαν χειρισμό με το κιτρικό οξύ παρουσίασαν υψηλότερη τιμή της φωτεινότητας σε σύγκριση με το μάρτυρα, το χειρισμό με CaCl₂ και τη συσκευασία με τροποποιημένη ατμόσφαιρα, εντούτοις δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά από το χειρισμό με το ασκορβικό οξύ.



Σχήμα 2. Επίδραση των χημικών χειρισμών και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στο L* και h° των δειγμάτων που συντηρήθηκε στους 0 °C για 22 ημέρες. (Μ.Ο προκύπτει από N=2 επαναλήψεις×6 δείγματα×3 μετρήσεις ανά δείγμα=36)(I=LSD)

Τα δείγματα που συντηρήθηκαν σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα παρουσίασαν τη μικρότερη μεταβολή των τιμών της χροιάς (h°), ενώ ο μάρτυρας τη μεγαλύτερη. Ο χειρισμός με κιτρικό οξύ ήταν μετά τη τροποποιημένη ατμόσφαιρα, ο χειρισμός που διατήρησε καλλίτερα τις τιμές της χροιάς (h°). Το κιτρικό οξύ χρησιμοποιείται ευρέως ως παρεμποδιστής της πολυφαινολοξειδάσης (Langdon, 1987) και βρίσκει εφαρμογή στα «ελάχιστα επεξεργασμένα» φρούτα και λαχανικά (Ahvenainen, 1996). Τα αποτελέσματά μας συμφωνούν τόσο με αυτά των Kim and Klieber (1997) όσο και των Kaur and Karoor (2001) στο «ελάχιστα επεξεργασμένο» Κινέζικο και Ινδικό λάχανο όσο και με αυτά των Apintanarong et al (2007) και Varela et al. (2007) στα τεμαχισμένα μπανάνα και μήλο. Το ασκορβικό οξύ έχει αναγωγική δράση και χρησιμοποιείται ευρέως σαν παράγοντας κατά της καστάνωσης στα επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά. Το

ασκορβικό οξύ ανάγει τις κινόνες που δημιουργούνται από την οξείδωση των πολυφαινολών που καταλύεται από την PPO σε φαινόλες, όμως κατά την αντίδραση αυτή οξειδώνεται πλήρως σε DHAA και ως εκ τούτου η προστασία που προσφέρει είναι περιορισμένης ισχύος Apintanarong et al. (2007). Σύμφωνα με τους Garcia and Barette (2002) η αντικαστανωτική δράση του CaCl₂ πιθανώς να οφείλεται στην παρεμπόδιση της πολυφαινολοξειδάσης από τα ιόντα χλωρίου.

Η ατμόσφαιρα που δημιουργήθηκε στις πλαστικές συσκευασίες δεν ήταν ικανή να προστατεύσει τη φωτεινότητα του κομμένου λάχανου, διατήρησε όμως τη χροιά σε πολύ υψηλά επίπεδα. Οι Soliva-Fortuny and Martin-Belloso (2003) αναφέρουν ότι χαμηλές συγκεντρώσεις O₂ και υψηλές CO₂ μειώνουν το βαθμό καστανώσης της επιφάνειας των κομμένων λαχανικών. Οι Gorny et al (2002) αναφέρουν ότι ο ρυθμός καστανώσης τεμαχισμένου αχλαδιού που συντηρήθηκε σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες φτωχές σε O₂ και πλούσιες σε CO₂ διαφορετικών συγκεντρώσεων, δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές. Τέλος οι Senesi et al. (2000) αναφέρουν ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις του CO₂ δεν προστάτευσαν τα κομμένα αχλάδια από την καστανώση.

3.5 Ολική οπτική ποιότητα

Η φρεσκάδα είναι το κυριότερο κριτήριο που χρησιμοποιούν οι καταναλωτές για την εκτίμηση της ποιότητας των λαχανικών και των φρούτων γιατί η εκτίμηση της ποιότητας από τον καταναλωτή λαμβάνει χώρα πρώτα οπτικά και δευτερευόντως με τις υπόλοιπες αισθήσεις του (Abbott, 1999). Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι τιμές της ολικής οπτικής ποιότητας και της εκτίμησης της καστανώσης των τομών του κομμένου λάχανου κατά τη διάρκεια των 22 ημερών συντήρησής του στους 0 °C.

Πίνακας 2. Μεταβολή της οπτικής ποιότητας και της καστανώσης των τομών κομμένου λάχανου που υπέστη διάφορους χημικούς χειρισμούς ή συσκευάστηκε σε MAP και συντηρήθηκε 22 ημέρες στους 0 °C.

Χειρισμοί	Χρόνος συντήρησης (ημέρες)			
	0	7	14	22
Ολική οπτική ποιότητα				
Ασκορβικό οξύ	5 ^{aA}	4.75 ^{aA}	3.8 ^{bA}	2.1 ^{cA}
Κιτρικό οξύ	5 ^{aA}	4.9 ^{aA}	4 ^{bA}	3.3 ^{cB}
CaCl ₂	5 ^{aA}	4.9 ^{aA}	3.4 ^{bA}	2.1 ^{cA}
Μάρτυρας	5 ^{aA}	3.9 ^{bB}	2.8 ^{cB}	2.1 ^{dA}
Τροποποιημένη ατμόσφαιρα	5 ^{aA}	5 ^{aA}	5 ^{aC}	4.5 ^{aC}
Καστανώση τομών				
Ασκορβικό οξύ	5 ^{aA}	4.6 ^{aA}	2.5 ^{bA}	1.6 ^{cA}
Κιτρικό οξύ	5 ^{aA}	4.9 ^{aA}	3.5 ^{bB}	3.0 ^{cB}
CaCl ₂	5 ^{aA}	4.5 ^{aA}	3.5 ^{bB}	2.4 ^{cC}
Μάρτυρας	5 ^{aA}	4.4 ^{bA}	2.6 ^{cA}	2.1 ^{dC}
Τροποποιημένη ατμόσφαιρα	5 ^{aA}	5 ^{aB}	5 ^{aC}	4.4 ^{bD}

Τιμές ακολουθούμενες από διαφορετικά πεζά γράμματα στην ίδια σειρά διαφέρουν στατιστικά (p≤0.05); Τιμές ακολουθούμενες από διαφορετικά κεφαλαία γράμματα μεταξύ στηλών (χειρισμών) διαφέρουν στατιστικά p≤0.05; Μ.Ο. προέρχεται από N=2 επαναλήψεις×6 δείγματα×6 κριτές =72.

Η ολική οπτική ποιότητα καθώς και η καστάνωση των τομών προσδιορίζουν την εμπορική ζωή του κομμένου λάχανου και στην παρούσα εργασία η τιμή 3 λαμβάνεται ως το όριο της εμπορευσιμότητάς του. Με βάση το κριτήριο αυτό προκύπτει ότι η εμπορική ζωή του μάρτυρα ήταν 7 ημέρες, ενώ του χειρισμού με κιτρικό οξύ και αυτού της τροποποιημένης ατμόσφαιρας οι 22 ημέρες. Στο χειρισμό με ασκορβικό οξύ η ολική οπτική ποιότητα διατηρήθηκε για 14 ημέρες όμως, η καστάνωση των τομών διατηρήθηκε σε αποδεκτά επίπεδα μόνο για 7 ημέρες. Ανάλογα αποτελέσματα αναφέρονται από τους Rosen and Kader (1989) σε τεμαχισμένο αχλάδι. Τέλος στο χειρισμό με CaCl_2 το κομμένο λάχανο διατηρήθηκε σε εμπορεύσιμη κατάσταση μέχρι την 14^η ημέρα. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και από τους Drake and Sprayed (1983). Αντιθέτως οι Bolin and Huxoll (1989) αναφέρουν ότι το CaCl_2 δεν ήταν αποτελεσματικό σε κομμένο ροδάκινο. Από τα αποτελέσματα τελικώς προκύπτει ότι η τροποποιημένη ατμόσφαιρα και το κιτρικό οξύ έδωσαν τα καλύτερα αποτελέσματα διατηρώντας την ποιότητα του κομμένου λάχανου για 22 ημέρες.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι οι εμβαπτίσεις σε κιτρικό οξύ καθώς και η συσκευασία με τροποποιημένη ατμόσφαιρα αποτελούν τους πιο αποτελεσματικούς χειρισμούς για τη διατήρηση του χρώματος και της ολικής οπτικής ποιότητας του κομμένου λάχανου, ενώ οι χειρισμοί αυτοί συνέβαλλαν και στη μείωση της καστάνωσης των τομών. Το κιτρικό οξύ και η τροποποιημένη ατμόσφαιρα σε συνδυασμό με τη χαμηλή θερμοκρασία συντήρησης (0 °C) μπορούν να επεκτείνουν την εμπορική ζωή του κομμένου λάχανου για 22 ημέρες, χρόνο ικανό για την εμπορία του προϊόντος αυτού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbott J.A., 1999. *Quality measurement of fruits and vegetables*. Postharvest Biology and Technology, 15: 207-225
- Agar, I.T., Massantini, R., Hess-Pierce, B., Kader, A. A., 1999. *Postharvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh cut kiwifruit slices*. Journal of Food Science, 64: 433-440
- Ahvenainen. R. 1996. *New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables*. Trends in Food Science and Technology, 7: 179-187.
- Alvarez. L.D. and Chiralt. A. 2000. *Color of minimally processed fruits and vegetables as affected by some chemical and biochemical changes*. In: Minimally processed fruits and vegetables. Stella M. Alzamora. Maria S. Tapia. Aurelio Lopez-Malo. An Aspen Publication Maryland, pp.111-126.
- Apintanapong, M., Cheachumluang, K., Suansawan, P., and Thongpraset, N. 2007. *Effect of antibrowning agents on banana slices and vacuum-fried slices*. Journal of Food Agriculture and Environment, 5: 151-157.
- Bolin, H.R. and Huxoll. C.C. 1989. *Storage stability of minimally processed fruits*. Journal of Food Processing and Preservation, 31: 281-292.
- Brecht, J.K. 1995. *Physiology of lightly processed fruits and vegetables*. HortScience, 30: 18-22.
- Chu. Y-F., Sun. J., Wu. X., and Liu. R.H. 2002. *Antioxidant and anti proliferative activities of common vegetables*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 6910-6916.
- Drake, S.R., and Sprayed, S.E. 1983. *Influence of calcium treatment on 'Golden Delicious' apple quality*. Journal of Food Science, 48: 403-405.

- Garcia, E. and Barrett, D.M., 2002. *Preservative treatments for fresh cut fruits and vegetables*. In: Lamikanra, O. (ed). *Fresh Cut Fruits and Vegetables: Science, Technology and Market*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 267-303.
- Gorny, J.R., B. Hess-Pierce and A.A. Kader, 1999. *Quality changes in fresh-cut peach and nectarine slices as affected by cultivar, storage atmosphere and chemical treatments*. *Journal of Food Science*, 64: 429-432.
- 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 22^a, pp. 95–103.
- Gorny, J.R., Hess-Pierce, B., Cifuentes, R.A & Kader, A.A., 2002. *Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives*. *Postharvest Biology and Technology*, 24:271-278.
- Kang, H. M., Park, K. W., and Saltveit, M. E. 2002. *Elevated growing temperatures during the day improve the postharvest chilling tolerance of greenhouse –grown cucumber*. *Postharvest Biology and Technology*. 24:49-57.
- Kaur, C. and Kapoor, H.C., 2001. *Antioxidant activity and quality of minimally processed Indian cabbage (Brassica oleracea var. capitata)*. *Journal of Food Processing Preservation*, 25:367-380.
- Kays, S.J. 1991. *Postharvest physiology of perishable plant products*. AVI Publ. New York, pp. 356-357.
- Keum, Y-S., Jeong, W. S., and Kong, A. N. T. 2004. *Chemoprevention by isothiocyanates and their underlying molecular signalling mechanisms*. *Mutation Research*, 555: 191-202.
- Kim, B. S, and Klieber, A. 1997. *Quality maintenance of minimally processed Chinese cabbage with low temperature and citric acid dip*. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 75: 31-36.
- Langdon, T. T., 1987. *Preventing of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agents*. *Food Technology*, 41 (64): 66-67.
- Ohlsson, T., 1994. *Minimal processing-preservation methods of the future-an overview*. *Food Science and Technology*, 5: 341-344.
- Pirovani, M. E., Güemes, D. R., Piagentini, A.M., and di Pentina, J.H., 1997. *Storage quality of minimally processed cabbage packaged in plastic films*. *Journal. of Food Quality*, 20: 381-389.
- Rojas-Graü, M.A., Solina-Fortuny and Martin-Belloso, O. 2008. *Effect of natural antibrowning agents on color and related enzymes in fresh-cut 'Fuji' apples as an alternative to the use ascorbic acid*. *Journal of Food Science*, 73: 267-272.
- Rosen, J.C. and Kader, A.A. 1989. *Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits*. *Journal of Food Science*, 54: 656-659.
- Sapers, G.M., Douglas, F.W.Jr., 1987. *Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice of raw apple and pear fruits*. *Journal of Food Science*, 52: 1285-1261.
- Senesi, E., Prinivalli, 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): 55–64.
- Soliva-Fortuny, C.R., and Martin-Belloso, O., 2003. *New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review*. *Trends in Food Science & Technology*, 14: 341-353.
- Surjadinata, B.B. and Cinseros-Zevallos, L., 2003. *Modelling wounding induced respiration of fresh-cut carrots*. *Journal of Food Science*, 68: 2735-2740.

- Varela, P., Salvador, A., and Fiszman, S.M. 2007. *The use of calcium chloride in minimally processed apples*. European Food Research and Technology, 224:461-467.
- Watada, A.E and Qi., L. 1999. *Quality of fresh-cut produce*. Postharvest Biology and Technology, 15: 201-205.

**ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΑΝΘΙΔΙΩΝ
ΜΠΡΟΚΟΛΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΕ
ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΣΤΟΥΣ 0 °C ΚΑΙ 5 °C**

Ε. Μανωλοπούλου, Σ. Ψυχογιού, Κ. Ρεκούμη, Ε. Παπαθανασίου

ΤΕΙ Καλαμάτας, Σχολή Τ.Ε.Γ., Τμήμα Φ.Π, Αντικάλαμος-Καλαμάτα,
Τ.Κ.24100, e-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της επίδρασης της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) και της θερμοκρασίας συντήρησης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά ανθιδίων βιολογικής καλλιέργειας μπρόκολου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η θερμοκρασία των 0 °C σε συνδυασμό με ατμόσφαιρα φτωχή σε O₂ και σχετικά πλούσια σε CO₂ μπορεί να διατηρήσει σε υψηλά επίπεδα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (χρώμα, περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, ολική οπτική ποιότητα) των ανθιδίων του μπρόκολου.

Λέξεις κλειδιά: μπρόκολο, τροποποιημένη ατμόσφαιρα, χρώμα, χλωροφύλλη, ποιοτικά χαρακτηριστικά.

**CHANGES OF THE QUALITY CHARACTERISTICS OF ORGANICALLY
GROWN BROCCOLI INFLORESCENCES STORED IN MODIFIED
ATMOSPHERE AT 0 °C ΚΑΙ 5 °C**

E. Manolopoulou, S. Psychogiou, K. Rekoumi, E. Papathanasiou

Technological Educational Institute of Kalamata, Faculty of Agricultural Technology,
Dep. Of Crop Science, Antikalamos, 24100 Kalamata
e-mail: e.manolopoulou@teikal.gr

ABSTRACT

The effect of the modified atmosphere packaging and storage temperature on the quality characteristics of organically grown broccoli inflorescences was studied. The results showed that low (0 °C) storage temperature combined with modified atmosphere of low O₂ and high CO₂ concentrations can retain the quality characteristics (colour, chlorophyll content, overall visual quality) of the stored broccoli inflorescences.

Keywords: broccoli, modified atmosphere, colour, chlorophyll, quality characteristics.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ζήτηση για βιολογικά προϊόντα αυξάνεται παγκοσμίως γρήγορα. Σε αυτό συμβάλλουν τα προβλήματα του περιβάλλοντος, τα θέματα υγείας και διατροφής καθώς και η διαμάχη για τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα. Παγκοσμίως αναμένεται μία ετήσια αύξηση της ζήτησης βιολογικών προϊόντων 10-20% κατά τα προσεχή έτη.

Το μπρόκολο αποτελεί ένα προϊόν υψηλής διατροφικής αξίας διότι περιέχει υψηλά επίπεδα βιταμινών, καροτινοειδών, φυτικών ινών, γλυκοζιτών, ανόργανων στοιχείων (Ca, Fe, K) και μικρό αριθμό θερμίδων (Shouten *et al.* 2009).

Είναι πολύ φθαρτό προϊόν με διάρκεια εμπορικής ζωής ολίγων ημερών. Οι κεφαλές συγκομίζονται άωρες και υποβαθμίζονται ποιοτικά πολύ γρήγορα, λόγω διακοπής της τροφοδοσίας τους από το μητρικό φυτό με θρεπτικά συστατικά, ενέργεια και ορμόνες, γεγονός το οποίο μπορεί να διεγείρει την έναρξη της γήρανσης (Costa *et al.* 2005).

Πολλές εργασίες έχουν γίνει σχετικά με την επίδραση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του μπρόκολου, σχεδόν όλες όμως αναφέρονταν σε θερμοκρασίες μη ιδεώδεις για τη συντήρησή του (Toivonen, 1997, Barth *et al.* 1993, Jia *et al.*, 2009).

Η αυξημένη προτίμηση των καταναλωτών για «ελάχιστα επεξεργασμένα οπωρολαχανικά» τα οποία διευκολύνουν τη χρήση διατηρώντας παράλληλα τα θρεπτικά τους χαρακτηριστικά, καθιστούν το μπρόκολο μία πολύ ενδιαφέρουσα πρώτη ύλη για τη σχετική βιομηχανία.

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της επίδρασης της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) και της θερμοκρασίας συντήρησης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά ανθιδίων βιολογικού μπρόκολου.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Μπρόκολα ποικιλίας Marathon καλλιεργήθηκαν βιολογικά στο αγρόκτημα του ΤΕΙ Καλαμάτας. Η συγκομιδή της κεφαλής έγινε στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας και η προετοιμασία έγινε την ίδια ημέρα αφού απομακρύνθηκαν οι κεφαλές που έφεραν βλάβες ή δεν είχαν σκούρο πράσινο χρώμα. Οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι καλλίτερες ενδεικνυόμενες, δηλαδή η κοπή των ανθιδίων έγινε με κοφτερά μαχαίρια απολυμασμένα με αλκοόλη (η διάμετρος των ανθιδίων ήταν περίπου 5cm), το κομμένο προϊόν πλύθηκε με νερό βρύσης θερμοκρασίας 5°C που περιείχε 100 ppm χλωρίου. Ακολούθησε ξέβγαλμα με νερό βρύσης θερμοκρασίας 5°C και στέγνωμα με απορροφητικό χαρτί για απομάκρυνση της πλεονάζουσας υγρασίας.

Για τη συσκευασία χρησιμοποιήθηκε πλαστικό εύκαμπτο φύλλο πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας πάχους 30μm (LDPE- 30), ο δε μάρτυρας τοποθετήθηκε σε δισκάκια πολυστερίνης διαστάσεων 180 X 90 X 30 mm και καλύφθηκε με PVC πάχους 13μm. Κάθε συσκευασία περιείχε 100±2g. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα εντός των συσκευασιών δημιουργήθηκε παθητικά. Οι συσκευασίες και ο μάρτυρας συντηρήθηκαν στο σκοτάδι σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες 0°C και 5°C και ΣΥ 90%. Η διάρκεια της συντήρησης ήταν 14 ημέρες.

Οι παράμετροι που μελετήθηκαν ήταν: η μεταβολή των αερίων μέσα στη συσκευασία, η απώλεια βάρους, η μεταβολή της υφής, η μεταβολή του χρώματος, η μεταβολή της χλωροφύλλης ενώ παράλληλα έγινε εκτίμηση της ολικής οπτικής ποιότητας. Οι μετρήσεις έγιναν την 0, 4^η, 7^η, 11^η και 14^η ημέρα σε 6 ξεχωριστά δείγματα ανά θερμοκρασία και χειρισμό, πλην της μεταβολής των αερίων και του βάρους που έγιναν καθημερινά σε 10 δείγματα ανά θερμοκρασία και χειρισμό. Το πείραμα επαναλήφθηκε δύο φορές.

Η ανάλυση των αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών έγινε με αναλυτή αερίων CheckMate 9000 (PBI Densensor Co, Denmark), η απώλεια μάζας εκφράστηκε % αρχικού βάρους και προσδιορίστηκε με ζυγό ακριβείας (±0,01g), η υφή μετρήθηκε με επιτραπέζιο αναλυτή υφής Texture Analyser TA-XT2i (SMS, Englant) εφοδιασμένο με

κελί Krammer 5 λεπίδων, το χρώμα προσδιορίστηκε με χρωματόμετρο Minolta (Model CR-300, Minolta Co Ltd, Osaka) στο σύστημα CIE L* a* b*. Στην αρχή κάθε μέτρησης το όργανο ρυθμιζόταν με τη σχετική λευκή πλάκα σύμφωνα με το εγχειρίδιο του οργάνου (Minolta, Co. Ltd. Japan).

Ο προσδιορισμός της χλωροφύλλης έγινε με εκχύλιση σε διαλύτη διμεθυσουλφοξείδιο (DMSO) σύμφωνα με τη μέθοδο Hiscox & Israelstam, 1979, Barnes *et al.* 1992. Ιστός βάρους 0,1g τοποθετήθηκε σε δοκιμαστικό σωλήνα που περιείχε 10ml DMSO. Ο σωλήνας χαλαρά πωματισμένος τοποθετήθηκε σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 60°C μέχρι πλήρους αποχρωματισμού (1h). Ακολούθησε ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου για 30 min, διήθηση και μέτρηση της απορρόφησης στα μήκη κύματος 665 nm και 648 nm. Ο μηδενισμός του οργάνου (blank) γινόταν με DMSO. Η μέτρηση της απορρόφησης έγινε με φασματοφωτόμετρο UItachi 2000. Η συγκέντρωση της ολικής χλωροφύλλης υπολογίστηκε από την εξίσωση $C_{total} = 7,49 A^{665} + 20,34 A^{648}$ (Hiscox & Israelstam, 1979) και εκφράστηκε σε mg/g νωπού βάρους.

Η εκτίμηση της ολικής οπτικής ποιότητας έγινε από μία ομάδα 6 κριτών με βάση μία κλίμακα από το 1-5 όπου το 1 αντιστοιχούσε σε φρέσκο προϊόν με σκούρο πράσινο χρώμα, το 3 σε πρασινοκίτρινο προϊόν μόλις εμπορεύσιμο και το 5 σε κίτρινη κεφαλή μη εμπορεύσιμη.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πακέτο Statgraphics Plus (5.1). Η σύγκριση των Μ.Ο έγινε με τη μέθοδο Fisher των ελάχιστων σημαντικών διαφορών (LSD), σε επίπεδο σημαντικότητας $p = 0,05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Σύνθεση των αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών.

Η συγκέντρωση του O₂ και στις δύο θερμοκρασίες συντήρησης παρουσίασε απότομη πτώση από τις πρώτες ημέρες. Έτσι την 3^η ημέρα η συγκέντρωση του O₂ στους 0°C ήταν 3,45% και διατηρήθηκε στο επίπεδο αυτό μέχρι το τέλος της συντήρησης (14^η ημέρα), στους δε 5°C την 3^η ημέρα ήταν 1,23% επανερχόμενο μέχρι το τέλος της συντήρησης στο 2,5%.

Όσον αφορά στη συγκέντρωση του CO₂ αυτή παρουσίασε αύξηση από τις πρώτες ημέρες. Έτσι την 3^η ημέρα ανήλθε σ' ένα μέγιστο 7,3% στους 0°C και 7,7% στους 5°C για να σταθεροποιηθεί μετά σε 4,6% και 5,3% αντίστοιχα.

Σύμφωνα με το Saltveit (1997) η ιδανικότερη θερμοκρασία συντήρησης των ανθιδίων του μπρόκολου είναι οι 0 και 5°C, η δε συνιστώμενη σύνθεση της ατμόσφαιρας και στις δύο αυτές θερμοκρασίες είναι 0,5% O₂ και 10% CO₂. Οι Jones *et al.* (2006) αναφέρουν ότι η καλλίτερη σύνθεση της ατμόσφαιρας για τα ανθίδια του μπρόκολου είναι 1-2% O₂ και 5-10% CO₂. Η μεγάλη μείωση της συγκέντρωσης του O₂ μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία οσμής στο προϊόν (Lipton and Harris, 1974). Από τα αποτελέσματα μας προκύπτει ότι η σύνθεση της ατμόσφαιρας (1,5-3,5% O₂ και 5% CO₂) και στις δύο θερμοκρασίες ήταν κοντά στα ενδεικνύμενα όρια.

3.2 Απώλεια βάρους

Από τις δύο θερμοκρασίες η μεγαλύτερη απώλεια παρουσιάστηκε στους 5°C και κυρίως από το μάρτυρα. Ο μάρτυρας παρουσίασε και στις δύο θερμοκρασίες συντήρησης 5πλασια απώλεια συγκριτικά με τα ανθίδια που συσκευάστηκαν με (LDPE- 30). Έτσι στο τέλος της συντήρησης ο μάρτυρας στους 0°C παρουσίασε απώλεια 2,9% ενώ στους 5°C η απώλεια ήταν της τάξης του 3,5%. Η απώλεια των ανθιδίων που συσκευάστηκαν με LDPE- 30 ήταν αντίστοιχα 0,5% και 0,7%.

Από τη στατιστική ανάλυση του τριπαραγοντικού πειράματος (θερμοκρασία, συσκευασία, χρόνος συντήρησης, πίνακας 1) προέκυψε ότι και οι 3 παράγοντες και η αλληλεπίδρασή τους επηρεάζουν σημαντικά ($p=0,05$) την απώλεια βάρους. Η απώλεια

Πίνακας 1. Ανάλυση παραλλακτικότητας των παραμέτρων που επηρεάζουν την απώλεια βάρους ανθιδίων μπρόκολου που συντηρήθηκαν στους 0°C και 5°C.

Κύριοι παράγοντες	df	Απώλεια βάρους
A: θερμοκρασία	1	0,8 ^{a*}
B: συσκευασία	1	30,7*
Γ: χρόνος συντήρησης	5	54,73*
Αλληλεπίδραση		
A X B	1	0,178*
A X Γ	5	0,57*
B X Γ	5	23,53*
A X B X Γ	5	0,243*
Σφάλμα	114	2,744
Συνολικό άθροισμα τετραγώνων	137	

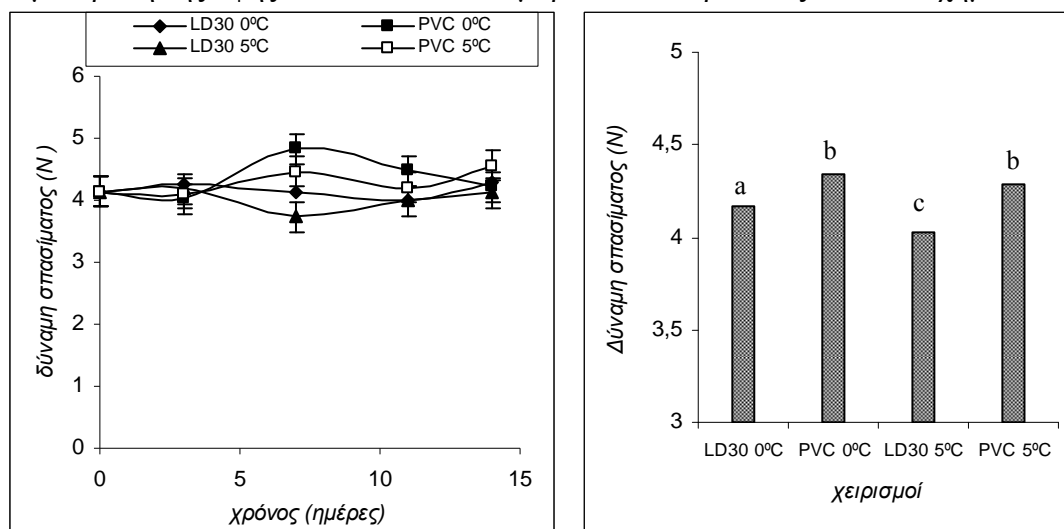
* σημαντική διαφορά (p=0,05), a= ποσοστό συνολικού αθροίσματος τετραγώνων

βάρους σε όλες τις περιπτώσεις ήταν γραμμική συνάρτηση του χρόνου συντήρησης με R² κυμαινόμενο μεταξύ 0,96 και 0,99.

Ένα από τα κύρια προβλήματα κατά τη συντήρηση του μπρόκολου είναι η μεγάλη απώλεια βάρους που επηρεάζει την εμπορικότητά του. Η επίδραση της MAP στη μείωση της απώλειας βάρους οφείλεται κυρίως στη μείωση της διάχυσης των υδρατμών μέσω του πλαστικού φύλλου και στη δημιουργία έτσι μιας ατμόσφαιρας κορεσμένης σε υδρατμούς. Η ευνοϊκή αυτή επίδραση έχει αναφερθεί και σε άλλα φρούτα και λαχανικά (Kappel *et al.*, 2002, Martinez-Romero *et al.*, 2003).

3.3. Υφή

Η μεταβολή της υφής των ανθιδίων του μπρόκολου παρουσιάζεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1. Μεταβολή της υφής ανθιδίων μπρόκολου που συντηρήθηκαν στους 0°C και 5°C και συσκευάστηκαν με LDPE- 30. Το αριστερό σχήμα παρουσιάζει τις αλλαγές κατά τη διάρκεια της συντήρησης (14 ημ), το δεξιό ιστόγραμμα παρουσιάζει το Μ.Ο όλων των ημερών (ΜΟ, N=2 επαν. X δείγμα=12).(I=LSD)

Από το σχήμα 1 προκύπτει ότι η υφή σε όλες τις περιπτώσεις διατηρήθηκε πολύ κοντά στα αρχικά επίπεδα και δεν παρουσιάστηκε στο τέλος της συντήρησης στατικά σημαντική διαφορά μεταξύ των χειρισμών. Από το ιστόγραμμα προκύπτει ότι ο μάρτυρας παρουσίασε τις υψηλότερες μέσες τιμές γεγονός που συνδυάζεται με τη μεγαλύτερη απώλεια βάρους που καταγράφηκε.

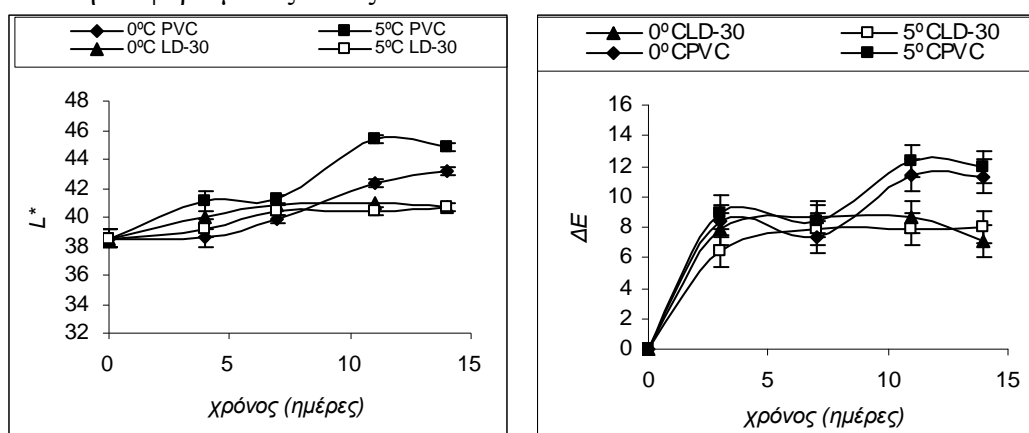
Από τη στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι κανένας από τους παράγοντες που μελετήθηκαν: θερμοκρασία, συσκευασία, χρόνος συντήρησης δεν ασκεί στατιστικά σημαντική επίδραση στην υφή των ανθιδίων. Ανάλογα αποτελέσματα αναφέρουν οι Serrano *et al.*, (2006) σε ολόκληρες κεφαλές μπρόκολου.

3.4 Χρώμα

Η μεταβολή του χρώματος αποδόθηκε από τη φωτεινότητα L^* και την ολική μεταβολή του χρώματος ΔE .

Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η μεταβολή της φωτεινότητας L^* και του χρώματος ΔE των ανθιδίων στους 0°C και 5°C .

Από το σχήμα 2 προκύπτει ότι μέχρι την 7^η ημέρα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των χειρισμών ($p=0,05$), όσον αφορά στη φωτεινότητα. Μετά την 7^η ημέρα τα ανθίδια του μάρτυρα παρουσίασαν μία αύξηση της φωτεινότητας που ήταν πιο έντονη στους 5°C . Οι συσκευασίες με LDPE- 30 διατήρησαν τη φωτεινότητα πολύ κοντά στα αρχικά επίπεδα, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους.



Σχήμα 2. Μεταβολή της φωτεινότητας L^* και του ολικού χρώματος ΔE ανθιδίων μπρόκολου που συντηρήθηκαν στους 0 και 5°C και συσκευάστηκαν με LDPE- 30. (MO, N=2 επαν. X 6 δείγματα X 5 μετρ/δείγμα=60). (I=LSD)

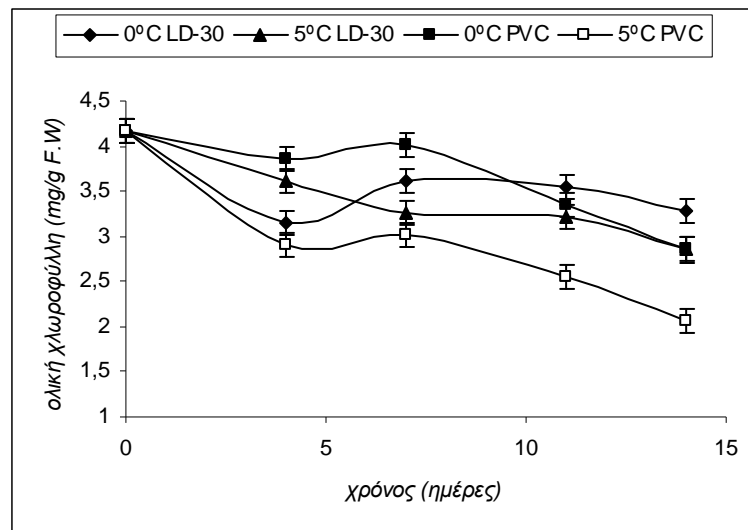
Από τη στατιστική ανάλυση (ANOVA) προέκυψε ότι οι παράγοντες που μελετήθηκαν: θερμοκρασία, συσκευασία και χρόνος συντήρησης καθώς και η αλληλεπίδρασή τους επιδρούν σημαντικά στη μεταβολή της φωτεινότητας.

Η αύξηση των τιμών της φωτεινότητας οφείλεται στο κιτρίνισμα των ανθιδίων γεγονός που συμφωνεί με παρατηρήσεις άλλων μελετητών (Serrano *et al.*, 2006).

Παρόμοιες παρατηρήσεις ισχύουν και για τη μεταβολή του ολικού χρώματος, που είναι έντονη στο α! τριήμερο της αποθήκευσης. Στο τέλος της συντήρησης τη μεγαλύτερη μεταβολή παρουσίασε ο μάρτυρας. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα υπήρξε αρκετά αποτελεσματική στη διατήρηση του χρώματος του μπρόκολου. Ο καλλίτερος συνδυασμός O_2 και CO_2 για τη διατήρηση του έντονου πράσινου χρώματος του μπρόκολου σύμφωνα με τους Jones *et al.* (2006) είναι 1-2% O_2 και 5-10% CO_2 .

3.5 Μεταβολή της χλωροφύλλης

Η μεταβολή της ολικής χλωροφύλλης των ανθιδίων που συντηρήθηκαν στους 0 και 5°C και συσκευάστηκαν με PELD-30 ή απλά καλύφθηκαν με PVC, παρουσιάζεται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3. Μεταβολή της ολικής χλωροφύλλης ανθιδίων μπρόκολου που συντηρήθηκαν στους 0 και 5 °C και συσκευάστηκαν με PELD-30 ή επικαλύφθηκαν με PVC (Μ.Ο, N=2 επαν X 6 δείγματα =12). (I=LSD)

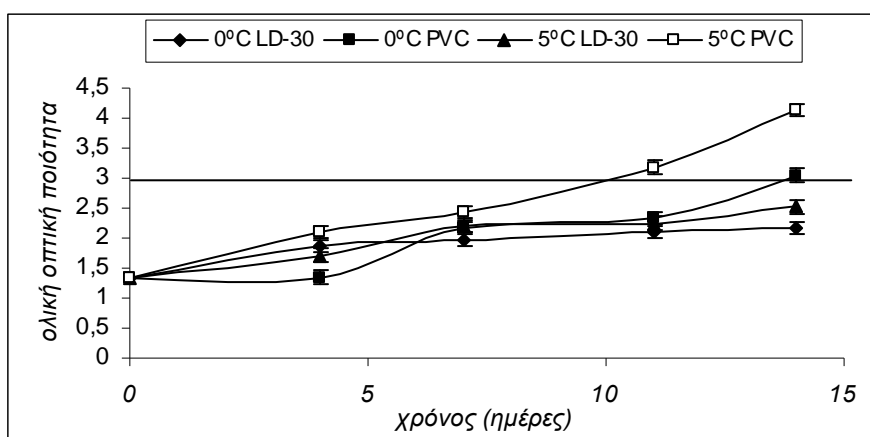
Από το σχήμα 3 προκύπτει ότι σε όλες τις περιπτώσεις παρουσιάζεται μείωση της περιεχόμενης χλωροφύλλης. Την εντονότερη μείωση παρουσίασαν τα ανθίδια του μάρτυρα στους 5°C, τα οποία στο τέλος της συντήρησης (14^η ημέρα) παρουσίασαν απώλεια της τάξης του 50%. Οι άλλοι χειρισμοί στο τέλος της συντήρησης παρουσίασαν μείωση που κυμάνθηκε μεταξύ 20% [LDPE-30, 0°C] και 31% [Μάρτυρας 0°C, - LDPE-30, 5°C]. Η χαμηλή θερμοκρασία (0°C) και η σύνθεση της ατμόσφαιρας (3,5% O₂- 4,5% CO₂) διατήρησε καλλίτερα την περιεκτικότητα της χλωροφύλλης.

Από τη στατιστική ανάλυση προκύπτει ότι και οι τρεις παράγοντες (θερμοκρασία, συσκευασία και χρόνος συντήρησης) επιδρούν στατιστικά σημαντικά (p=0,05) στην αποικοδόμηση της χλωροφύλλης.

Η μείωση της χλωροφύλλης είναι ένδειξη της γήρανσης των ιστών. Σημαντικό ρόλο στη γήρανση των ιστών παίζει η θερμοκρασία συντήρησης και η τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Από τα αποτελέσματά μας προκύπτει ότι στο τέλος της συντήρησης τα υψηλότερα ποσά χλωροφύλλης είχαν τα ανθίδια που συντηρήθηκαν στους 0°C και ήταν συσκευασμένα σε PELD-30 και τη χαμηλότερη τα ανθίδια του μάρτυρα που συντηρήθηκαν στους 5°C. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με αποτελέσματα άλλων μελετητών (Makhlouf *et al.* 1989, Bastrash *et al.* 1993).

3.6 Ολική οπτική ποιότητα

Η μεταβολή της ολικής οπτικής ποιότητας του κομμένου και συσκευασμένου μπρόκολου που συντηρήθηκε στους 0°C και 5°C παρουσιάζεται στο σχήμα 4.



Σχήμα 4. Μεταβολή της ολικής οπτικής ποιότητας χλωροφύλλης ανθιδίων μπρόκολου που συντηρήθηκαν στους 0 και 5 °C και συσκευάστηκαν με PELD-30 ή επικαλύφθηκαν με PVC (M.O, N=2 επαν X 6 δείγματα X 6 κριτές =72). (I=LSD)

από το σχήμα 4 προκύπτει ότι την εντονότερη υποβάθμιση παρουσίασαν τα ανθίδια του μάρτυρα στους 5°C, τα οποία την 11^η ημέρα δεν ήταν εμπορεύσιμα. Τα ανθίδια που συσκευάστηκαν με LDPE – 30 και στις δύο θερμοκρασίες συντήρησης ήταν εμπορεύσιμα μέχρι το τέλος της συντήρησης (14^η ημέρα). Ο μάρτυρας στους 0°C την 14^η ημέρα ήταν οριακά εμπορεύσιμος. Την καλύτερη ολική οπτική ποιότητα σύμφωνα με τους κριτές διατήρησαν τα ανθίδια που συσκευάστηκαν με (PELD - 30) και συντηρήθηκαν στους 0°C.

Η στατιστική ανάλυση του τριπαραγοντικού πειράματος έδειξε ότι και οι τρεις παράγοντες (θερμοκρασία συντήρησης, χρόνος συντήρησης, συσκευασία) καθώς επίσης και η αλληλεπίδραση τους επηρέασαν σημαντικά ($p=0,05$) τη μεταβολή της οπτικής ποιότητας των συσκευασμένων ανθιδίων.

Το εξωτερικό χρώμα επηρεάζει πολύ την οπτική αξιολόγηση του μπρόκολου. Οι Jacobsson *et al.*,(2004), καθόρισαν το επίπεδο αποδεκτικότητας για την εμπορία του μπρόκολου βάσει του ποσοστού των ανθιδίων που είχαν κίτρινο χρώμα. Έτσι θεώρησαν ότι όταν το ποσοστό αυτό ανερχόταν στο 30% το προϊόν δεν μπορούσε να θεωρηθεί εμπορεύσιμο. Σύμφωνα πάντα με τους ίδιους ερευνητές το υλικό συσκευασίας και η θερμοκρασία συντήρησης επηρέασαν πολύ την οπτική εμφάνιση.

Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν τη σπουδαιότητα της συσκευασίας και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στη διατήρηση της οπτικής εμφάνισης του προϊόντος και κατ' επέκταση της ποιότητας. Οι Serrano *et al.*, 2006 απέδειξαν ότι το μπρόκολο που ήταν συσκευασμένο σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας (για διάφορους τύπους πλαστικών φιλμς) διατηρήθηκε καλύτερα συγκριτικά με το μπρόκολο που ήταν τελείως ασυσκευαστο και εκτεθειμένο στον ατμοσφαιρικό αέρα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω αποδεικνύεται ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των ανθιδίων του μπρόκολου είναι η θερμοκρασία συντήρησης, η σύνθεση της ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία και ο χρόνος συντήρησης. Λόγω της μεγάλης ευαισθησίας του μπρόκολου και της έντονης μεταβολικής του δράσης είναι απαραίτητη η εφαρμογή της τροποποιημένης ατμόσφαιρας προκειμένου να αυξηθεί ο χρόνος συντήρησης.

Η χαμηλή συγκέντρωση O₂ βοηθά στη διατήρηση του πράσινου χρώματος. Η σύνθεση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας που δημιουργήθηκε και μελετήθηκε ήταν μέσα στα αποδεκτά όρια της βιβλιογραφίας για το προϊόν. Η ατμόσφαιρα αυτή σε συνδυασμό με τη χαμηλή θερμοκρασία των 0°C διατήρησε τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ανθιδίων για 14 ημέρες.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Barnes, J.D., Balaguer, L., Manrique, E., Elvira, E. and Davison, A.W., 1992. *A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants*. Environmental and Experimental Botany, V32 (2):85-95.
- Barth, M. and Hong Zhuang, 1993. *Packaging design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during postharvest storage*. Postharvest Biology and Technology V 9(2): 141-150
- Bastrash,S., Makhlof,J., Castaigne, F. and Willemot, C., 1993. *Optimal controlled atmosphere conditions for storage of broccoli florets*. J. Food Sci. 58, 338-341,360.
- Costa, M.L., Civello, P.M., Chaves, A.R., Martinez, G.A., 2006. *Hot air treatment decrease chlorophyll catabolism during postharvest senescence of broccoli heads*. Journal of the Science of Food and Agriculture, V86:1125-1131.
- Hiscox, J.D and Israelstam, G.F., 1979. *A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration*. Can. J. Bot. 57:1332-1334.
- Jacobsson Annelie, Tim Nielsen, Ingegerd Sjöholm, Karin Wendin, 2004. *Influence of packaging material and storage condition on the sensory quality of broccoli*. Food Quality and Preference V15:301-310.
- Jia ,C.G., Xu ,C.J., We,J.,Yuan,J., Yuan ,G.F., Wang, B.L., and Qiao-Mei Wang 2009. *Effect of modified atmosphere packaging on visual quality and glucosinolates of broccoli florets*. Food Chemistry, V 114(1), 28-37.
- Jones, R.B., Faragher, J.D., Winkler, S., 2006. *A review of the influence of postharvest treatments on quality and glucosinolate content in broccoli heads*. Postharvest Biol. Technol. V41: 1-8.
- Kappel, F., Toivonen, P., McKenzie, D.L., Stan, S., 2002. *Storage characteristics of new sweet cherry cultivars*. HortScience V37: 139-143.
- Lipton, w.j., Harris, C.M., 1974. *Controlled atmosphere effects on the market quality of stored broccol*. J. Amer. Soc. Hortic. Sci.V 99: 200-205.
- Makhlof, J., Castaign, F., Arul, J., Willemot, C., and Gosselin, A., 1989. *Long-term storage of broccoli under C.A*. HortScience, V24:637-639.
- Martinez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S., Valero, D., Serrano, M., 2003. *Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes*. J. Food Sci. V68: 1838-1843.
- Saltveit, M.E. 1997. *A summary of CA and MA recommendations for harvested vegetables*. In: M.E. Saltveit (ed) Vegetables and ornamentals. Postharvest Hort. Series No 18, Univ. Calif.Davis CA, CA'97Proc. 4:98-117.
- Schouten, R.E., Zhang, X., Verschoor, J.A., Otma, C.E., Tijskens, L.M.M., Olaf van Kooten., 2009.*Development of colour of broccoli heads as affected by controlled atmosphere storage and temperature*. Postharvest Biology and Technology, V51 (1):27-35.
- Serrano, M., Martinez-Romero, Guillen, f., Castillo, S., Valero, d., 2006. *Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging*. Postharvest Biol. Technol. V39: 61-68.
- Toivonen, P.M.A., 1997. *The effects of storage temperature, storage duration, hydro-cooling, and micro-perforated wrap on shelf life of broccoli*. Postharvest Biology and Technology, V10:59-65.