



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕ ΘΕΜΑ:

“ Επίδραση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά κομμένης πιπεριάς ”

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Δρ. Ελένη Μανωλοπούλου

Σπουδαστής
Σαμαράς Θεόδωρος

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2008



Πτυχιακή εργασία

«Επίδραση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά κομμένης πιπεριάς».

Σαμαράς Θεόδωρος

A.M. 2001040

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δρ. Ελένη Μανωλοπούλου

Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών & Ανθοκομίας
Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, 2008

*ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ*ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Πιπεριά

1.1	Εισαγωγή	5
1.2	Καταγωγή – Ιστορική αναδρομή	6
1.3	Συστηματική κατάταξη	7
1.4	Βοτανικά χαρακτηριστικά	8
1.5	Διαλογή – Ποιοτική κατάταξη φυτών	9
1.6	Συσκευασία – Αποθήκευση – Εμπορία	10
1.7	Διατροφική αξία – θεραπευτική χρήση – υγεία	10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2.1	Συντήρηση οπωροκηπευτικών	12
2.2	Παράγοντες που επηρεάζουν τη συντήρηση	13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

3.1	Ελάχιστα επεξεργασμένα οπωροκηπευτικά (MPV)	15
3.2	Φυσιολογία των MPV	16
3.3	Μικροβιολογική ασφάλεια	18
3.3.1	Εισαγωγή	18
3.3.2	Απολύμανση – Απολυμαντικοί χειρισμοί	20
3.3.3	Χλώριο	21
3.3.4	Ιονισμένο νερό	22
3.3.5	Διοξείδιο του χλωρίου	23
3.3.6	Όζον	23
3.3.7	UV-C	24
3.3.8	Ακτινοβολήση με ακτίνες γ	25
3.3.9	Παλμικό φως υψηλής έντασης	26
3.4	Ελάχιστη επεξεργασία Πιπεριάς φλάσκας (Bell Pepper)	26

3.5	Ποιότητα των MPV	28
3.5.1	Χρώμα	28
3.5.2	Υφή	30
3.6	Συσκευασία τροφίμων	31
3.6.1	Ορισμός	31
3.6.2	Σκοπός Συσκευασίας	31
3.6.3	Αρνητικές επιπτώσεις συσκευασιών – προδιαγραφές υλικών συσκευασίας	32
3.6.4	Πληροφορίες αναγραφής επί της συσκευασίας τροφίμων	32
3.7	Συσκευασία Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας	33
3.7.1	Εισαγωγή	33
3.7.2	Αέρια	34
3.7.3	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα MAP	35
3.7.4	Μικροβιολογική ασφάλεια της συσκευασίας MAP	35
3.7.5	Υλικά Συσκευασίας MAP και εξοπλισμός	36
3.7.6	MPV σε Συσκευασία MAP	39

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

4.1	Υλικά και Μέθοδοι	41
4.2	Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών	42
4.2.1.	Απώλεια βάρους	42
4.2.2	Υφή (σκληρότητα)	42
4.2.3	Το χρώμα	43
4.2.4	Περιεκτικότητα σε βιταμίνη C	43
4.2.5	Περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (brix)	43
4.2.6	Συνολική αξιολόγηση	43
4.2.7	Αξιολόγηση για αφυδάτωση	43
4.3	Αποτελέσματα	44
4.3.1.	Μεταβολή εσωτερικών αερίων	44
4.3.2	Απώλεια βάρους	47
4.3.3	Χρώμα	48
4.3.4	Υφή	62

4.3.5	Περιεκτικότητα σε βιταμίνη C	63
4.3.6	Περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (brix)	65
4.3.7	Ποιοτική αξιολόγηση φρεσκοκομμένης πιπεριάς	66
4.4	Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις	70
<u>BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>		74

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Πιπεριά

Αγγλικά: Pepper, Γαλλικά: Piment, Γερμανικά: Spanischer Pfeffer, Ιταλικά: Peperone, Ισπανικά: Chile, Αφρικανικά: Peper, Κινέζικα: 胡椒

1.1. Εισαγωγή

Η καλλιέργεια της πιπεριάς (*Capsicum spp.*) λαμβάνει χώρα σε μεγάλες εκτάσεις στις τροπικές, υποτροπικές και εύκρατες ζώνες, κατά βάση για τον καρπό της, προς χρήση ως λαχανικό, τουρσί, μπαχαρικό-καρύκευμα ή σάλτσα. (Κανάκης, 1998; Ολύμπιος, 2001) Οι καυτεροί καρποί της πιπεριάς χρησιμοποιούνται ως ορεκτικό σε πίκλες ή ως μπαχαρικό μετά από κονιοποίηση. Από καυτερές ποικιλίες παίρνουμε μπαχαρικά, όπως το τσίλι και το πιπέρι καγιέν. Το μεν τσίλι προέρχεται από νωπούς ή ξηραμένους καρπούς ποικιλιών των ειδών *C. annuum* και *C. frutescens* και το δε καγιέν κυρίως από ξηραμένους καρπούς, των ίδιων ειδών. Το ταμπάσκο αποτελεί είδος καυτερής σάλτσας, που παρασκευάζεται κυρίως από μια ποικιλία (*Coniaoides*) του είδους *C. frutescens* και για τη δημιουργία του κονιοποιείται και αναμιγνύεται με ξίδι. Άλλο παρασκεύασμα αποτελεί η πάπρικα, όπου παράγεται από ορισμένες γλυκιές ποικιλίες με ιδιαίτερο άρωμα, που αναφέρονται με τον όρο πιμιέντο (pimiento). Οι γλυκιές πιπεριές έχουν ελαφριά δριμύτητα και άρωμα και καταναλώνονται νωπές ως σαλατικό ή μαγειρεμένες ως ψητές, τηγανητές και γεμιστές (Πάπυρος Λαρούς Μπριτάννικα, 2007).

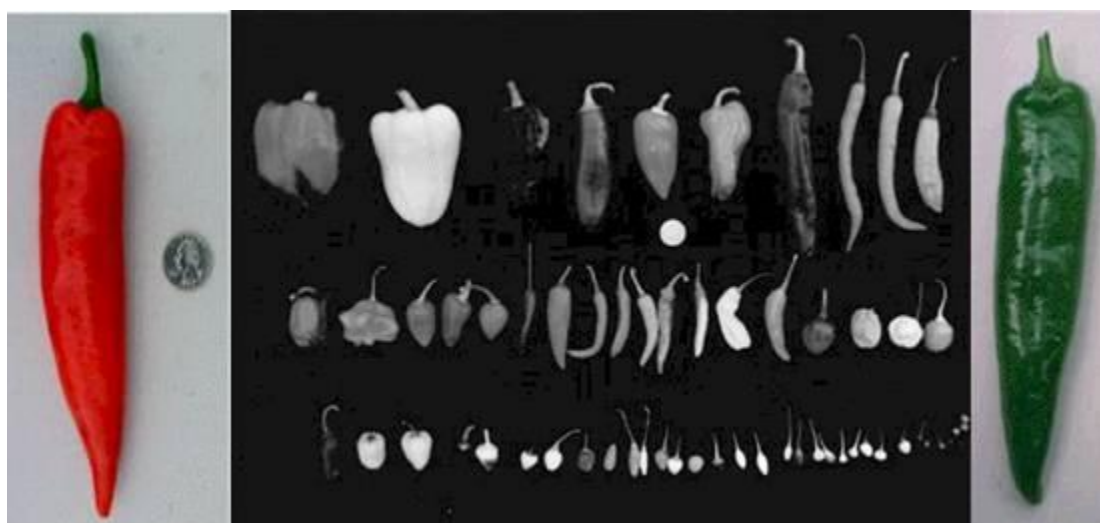
Οι χρήσεις της πιπεριάς δεν περιορίζονται εδώ, απαντώνται και ως καλλωπιστικές, καθώς και για φαρμακευτική χρήση (κυρίως οι καυτερές) (Κανάκης, 1998; Ολύμπιος, 2001).

Η συγκομιδή των καρπών λαμβάνει χώρα κατά το στάδιο του ζωηρού πράσινου, κόκκινου, κίτρινου ή πορτοκαλόχρου χρώματος. Οι πιπεριές αποτελούν πλούσια πηγή βιταμίνης C (ασκορβικό οξύ), κυρίως οι γλυκιές, βιταμίνη A (κυρίως οι αποξηραμένες καυτερές) και βιταμίνης B₁₂ (Κανάκης, 1998; Ολύμπιος, 2001).

Πίνακας 1. Ιεραρχική ταξινόμηση και ονοματολογία για το καψικό το κοινό (*Capsicum annuum* L.).

Ταξινόμηση: <i>Capsicum annuum</i> L.	
Βασίλειο	Μετάφυτα (Φυτά) - (Plantae)
Υποβασίλειο	Τραχεόφυτα ή Αγγειόφυτα (Tracheobionta)
Υπερδιαίρεση	Σπερματόφυτα (Spermatophyta)
Διαίρεση	Μαγνολιόφυτα ή Ανθόφυτα (Magnoliophyta) – (Αγγειόσπερμα)
Κλάση	Μαγνολιόψιδα (Magnoliopsida) – (Δικοτυλήδονα)
Υποκλάση	Αστερίδια (Asteridae)
Τάξη	Σολανίδες (Solanales)
Οικογένεια	Σολανώδη (Solanaceae)
Γένος	Καψικόν (<i>Capsicum</i> L.) – pepper
Είδος	<i>Capsicum annuum</i> L. – cayenne pepper (κοινή ονομασία)
Ποικιλία	<i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>annuum</i> – cayenne pepper
Ποικιλία	<i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> (Dunal) Heiser & Pickersgill – cayenne pepper, chilipiquin

(Πηγή: Kartesz, 2005)



Εικόνα 1. Ποικιλομορφία ως προς το χρώμα, σχήμα και μέγεθος διαφόρων ειδών πιπεριάς. (Πηγή: Bosland, 1996)

1.2. Καταγωγή – Ιστορική αναδρομή

Η πιπεριά αποτελεί γηγενές φυτό των τροπικών περιοχών της Ν. Αμερικής. Έχουν αναγνωριστεί σε αρχαιολογικές ανασκαφές στο Τεουακάν (Tehuacan) του Μεξικού σπόροι πέραν του 5.000 π.Χ. Επίσης, έχουν βρεθεί στο Περού υπολείμματα

του γένους *C. baccatum* ηλικίας 2000 π.Χ. Κατά μία εκδοχή, η πιπεριά πέρασε από το Περού στο Μεξικό, ενώ κατά μια δεύτερη εκδοχή το Μεξικό αποτελεί ξεχωριστό ανεξάρτητο κέντρο με μεγάλη διαφοροποίηση βοτανικών ποικιλιών (Ολύμπιος, 2001).

Η πρώτη αναφορά της πιπεριάς στην Ευρώπη απαντάται το 1493 από τον Peter Martyr, όπου αναφέρει ότι ο Κολόμβος έφερε πιο καυτερές πιπεριές από εκείνες του Καυκάσου. Η πιπεριά έτυχε ευρείας διάδοσης και αποδοχής σε πολλές άλλες τροπικές και υποτροπικές περιοχές όλου του κόσμου (Κανάκης, 1998).

1.3. Συστηματική κατάταξη

Υπάρχει μεγάλη σύγχυση σε ό,τι αφορά στη συστηματική κατάταξη εντός του γένους Καψικό (*Capsicum*). Ο Λιναίος το 1753 αναγνώρισε 2 είδη: *Capsicum annuum* και *C. Baccatum*. Ο Irish το 1898 αναγνώρισε και αυτός 2 είδη: *C. annuum* και *C. frutescens*. Τέλος, ο Bailey το 1924 διέκρινε 1 είδος το *C. frutescens*, ενώ σήμερα είναι αποδεκτό ότι οι καλλιεργούμενες πιπεριές κατατάσσονται σε 4 ή 5 είδη και σ' αυτά προστίθενται άλλα 20 περίπου άγρια είδη, που απαντώνται κυρίως στην Ν. Αμερική (Κανάκης, 1998; Ολύμπιος, 2001). Τα καλλιεργούμενα είδη σύμφωνα με τον Purseglove (1979), είναι τα παρακάτω:

i) *Capsicum annuum*: αποτελεί το πιο διαδεδομένο είδος και περιλαμβάνει γλυκιάς, αλλά και καυτερής γεύσης πιπεριές, που προορίζονται για σκόνη πιπέρι. Τα φυτά που περιλαμβάνονται στο είδος αυτό είναι μονοετή και τα βοτανικά χαρακτηριστικά τους είναι τα εξής: ανθήρες ιώδους χρωματισμού, λευκού χρώματος στεφάνη, μικρό κλειστό κάλυκα και μονήρεις ανθοφόροι οφθαλμοί, που στρέφονται προς τα κάτω. Οι καλλιεργούμενοι τύποι εντάσσονται στην ποικιλία *Capsicum annuum* L. var. *annuum*, ενώ οι άγριοι τύποι στο *C. annuum* var. *minimum*.

ii) *Capsicum baccatum*: η καλλιέργεια του βασικώς λαμβάνει χώρα στη Ν. Αμερική και τα καλλιεργούμενα είδη κατατάσσονται στην ποικιλία *C. baccatum* var. *pendulum* και τα άγρια είδη στο *C. baccatum* var. *baccatum*. Χαρακτηριστικές βοτανικές διαφορές αυτού του είδους αποτελούν η κίτρινη στεφάνη με καφέ στίγματα και ευδιάκριτα σέπαλα, που φέρονται επί του κάλυκα.

iii) *Capsicum frutescens*: οι άγριοι τύποι αυτού του είδους απαντώνται σε χαμηλό υψόμετρο τροπικών περιοχών της Ν. Αμερικής. Το καλλιεργούμενο είδος είναι λιγότερο διαδεδομένο. Βοτανικά χαρακτηριστικά αποτελούν οι ιώδους χρώματος ανθήρες, η γαλακτώδης πρασινοκίτρινη στεφάνη και ότι τα άνθη φέρονται συνήθως κατά ομάδες. Οι καρποί έχουν κόκκινο ή κίτρινο χρώμα με γεύση από πολύ γλυκιά έως δριμεία.

iv) *Capsicum chinense*: το άγριο είδος απαντάται στην τροπική ζώνη της Ν. Αμερικής, ενώ το καλλιεργούμενο είδος κυρίως στην περιοχή του Αμαζονίου. Κάποιες ποικιλίες του είδους αυτού καλλιεργούνται στην Αφρική και θεωρούνται ως οι πιο καυτερές. Βασικό μορφολογικό χαρακτηριστικό αποτελεί μια μικρή στένωση κάτωθεν του κάλυκα και το ότι τα άνθη εκφύονται ανά 3-5 ανά κόμβο.

v) *Capsicum pubescens*: απαντάται στα υψίπεδα των Άνδεων και ξεχωρίζει απ' όλα τα είδη, λόγω των ευδιάκριτων μορφολογικών χαρακτηριστικών που έχει, όπως χνούδι στους βλαστούς και τα φύλλα, κόκκινα πέταλα επί της στεφάνης, καρπούς με παχιά σάρκα, σπόροι με σκούρο χρώμα και ζαρωμένο περισπέρμιο σε αντίθεση με τα άλλα είδη που έχουν λείους σπόρους με αχυρώδη χρωματισμό.

1.4. Βοτανικά χαρακτηριστικά

Φυτό: η πιπεριά είναι φυτό ποώδες μονοετές ή διετές, ορθόκλαδο, ύψους 60-120 εκατοστομέτρων. Είναι πολυετής στις τροπικές χώρες, αλλά μονοετής στις εύκρατες περιοχές.

Βλαστός: αρχικά είναι τρυφερός, αλλά στη συνέχεια ξυλοποιείται. Πρώτα αναπτύσσεται μονοστέλεχος έως τα 20-30εκ. και στη συνέχεια διακλαδίζεται σε 2 και σπανιότερα σε 3 στελέχη (βλαστοί πρώτης τάξης). Το σημείο διακλάδωσης ονομάζεται κόμβος και εκεί σχηματίζεται ο πρώτος ανθοφόρος οφθαλμός, που καλείται βασικός οφθαλμός (crown bud). Έκαστος βλαστός πρώτης τάξης, έπειτα από το σχηματισμό ενός ή δύο φύλλων, διακλαδίζεται εκ νέου σε 2 νέους βλαστούς και με τον ίδιο τρόπο σχηματίζονται ανθοφόροι οφθαλμοί στους νέους κόμβους. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται και χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση το φυτό παίρνει θαμνώδη μορφή. Ο τύπος βλάστησης του φυτού καλείται διχάζιο, καθότι δεν δημιουργεί βλαστάνουσα κορυφή ή κεντρικό στέλεχος που να φθάνει στην κορυφή.

Ρίζα: το φυτό της πιπεριάς αναπτύσσει ισχυρή, δυνατή, κεντρική πασσαλώδη ρίζα και σε βαθιά, περατά εδάφη φθάνει και σε βάθος 0,60-1,20μ. Στην καλλιεργητική πρακτική, λόγω της μεταφύτευσης, η πασσαλώδης ρίζα αποκόπτεται ή σταματά ν' αναπτύσσεται και έτσι αναπτύσσονται διακλαδιζόμενες πλευρικές ρίζες και σχηματίζουν πλούσιο θυσανοειδές ριζικό σύστημα.

Φύλλα: είναι απλά, ωοειδή, ακέραια, ελλειπτικά, οξύληκτα, ανοιχτοπράσινα, με λείες παρυφές και με μήκος μίσχου 3-5εκ.

Άνθη: τα άνθη απαντώνται μονήρη στους κόμβους ή διακλαδώσεις των βλαστών και φέρουν ποδίσκο 1,5εκ. μήκους. Φέρουν κωδωνοειδή κάλυκα με 5 οδοντωτά σέπαλα και τριχοειδή στεφάνη με 5 λευκά ή λευκοπράσινα πέταλα. Οι στήμονες είναι και αυτοί 5 ή περισσότεροι και οι ανθήρες δίλοβοι με ιώδη απόχρωση και σχίζονται κατά μήκος. Η ωοθήκη είναι δίχωρος έως τετράχωρος και φέρει στύλο απλό άσπρο ή ιώδη, που είναι μακρύτερος από τους στήμονες.

Τα άνθη της πιπεριάς είναι ερμαφρόδιτα, αυτογονιμοποιούμενα και μερικώς σταυρογονιμοποιούμενα. Η αυτεπικονίαση των ανθέων διευκολύνεται λόγω του ότι ο ποδίσκος του άνθους στρέφεται προς τα κάτω κι έτσι ο στύλος και το στίγμα βρίσκονται σε χαμηλότερο σημείο από του ανθήρες, συνεπώς μόλις επιτευχθεί διάρρηξη των γυρεόσακκων, οι γυρεόκοκκοι πέφτουν επί του στίγματος. Η σταυρεπικονίαση ενδέχεται να υποβοηθηθεί από τα μυρμήγκια και τα έντομα, αν και είναι γνωστό ότι τα άνθη της πιπεριάς δεν ελκύουν τις μέλισσες και τα έντομα.

Το φυτό της πιπεριάς είναι ουδέτερο ως προς τον φωτοπεριοδισμό, συνεπώς δεν επηρεάζεται η ανθοφορία από το μήκος ημέρας. Η ωρίμαση του στίγματος και των γυρεόκοκκων είναι ταυτόχρονη και η επιτέλεση της επικονίασης και της γονιμοποίησης δύναται να λάβει χώρα μετά το άνοιγμα του άνθους. Το άνθος παραμένει ανοικτό για 2-3 ημέρες.

Καρπός: ο καρπός είναι ράγα, ο οποίος ποικίλει σε σχήμα και μέγεθος ανάλογα με την ποικιλία και μπορεί να είναι κωδωνοειδής (φλάσκα), κωνοειδής (βραχύς ή μακρύς), επιμήκης (κέρατο ή κατσίκι) και κερασόμορφος. Ο καρπός είναι πολύχωρος και πολύσπερμος. Αρχικά το χρώμα είναι πράσινο ή πρασινοϊώδες και κατά την ωρίμαση γίνεται ερυθρό, καστανέρυθρο, κίτρινο, κιτρινοπράσινο, πορτοκαλί, ιώδες ή κοραλλιώδες. Το χρώμα οφείλεται σε μίγμα καροτινοειδών, με κυριότερη την ουσία καψανθίνη ($C_{40}H_{58}O_3$) και σε μικρότερο βαθμό στα α και β καροτίνη, ξανθοφύλλη, ζεαξανθίνη, κρυπτοξανθίνη.

Οι καρποί ως προς την γεύση δύνανται να είναι γλυκείς, μέτρια καυτεροί ή πολύ καυτεροί, ανάλογα με τη βοτανική ποικιλία, αλλά και την επίδραση περιβαλλοντικών παραγόντων. Η δριμύτητα ή καυστικότητα των καρπών οφείλεται σε αλκαλοειδή καυστική ουσία, την καψαϊκίνη ή καψικίνη ($C_{18}H_{27}NO_3$), όπου συγκεντρώνεται κυρίως στα διαφράγματα ή χωρίσματα septa και στον πλακούντα, αλλά όχι τόσο στους σπόρους και στα τοιχώματα του καρπού και η παρουσία της ελέγχεται από έναν απλό γόνο που είναι επιτακτικός. Ο βαθμός δριμύτητας μπορεί να επηρεαστεί και από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως προαναφέρθηκε.

Σπόρος: Ο σπόρος είναι δισκοειδής, λείος με ωχροκίτρινο ή χρυσαφί χρωματισμό, διαμέτρου 3-4 χλστ. και διάρκεια ζωής (ικανοποιητικής βλαστικότητας) 2-4 χρόνια, υπό κανονικές συνθήκες αποθήκευσης. Συνήθως, 1g σπόρου μπορεί να παράγει 100-140 φυτά, στην πραγματικότητα κυρίως 80-100. Έτσι, για κάθε στρέμμα σποράς απαιτούνται 20-30g σπόρου (Αγροτύπος, 2005; Γεωργική Τεχνολογία 2000; Ζευσ, 2001; Κανάκης, 1998; Ολύμπιος, 2001).

1.5. Διαλογή – Ποιοτική κατάταξη καρπών

Πριν γίνει προώθηση του καρπού στην αγορά, γίνεται διαχωρισμός ή διαλογή με βάση την ποιότητα των καρπών, η οποία είναι καθοριστική προς διαμόρφωση της τιμής πώλησης.

Τα κριτήρια διαφέρουν ανάλογα με το αν οι καρποί προορίζονται για εγχώρια αγορά ή για εξαγωγή. Τα κριτήρια διαλογής στην πρώτη περίπτωση δεν είναι πολύ αυστηρά και απαιτούν καλοσχηματισμένο, ώριμο, ακέραιο, χωρίς ρωγμές ή σήψεις καρπό. Στην περίπτωση όμως της εξαγωγής, τα κριτήρια είναι αρκετά πιο αυστηρά και απαιτούν καλής ποιότητας, τυποποιημένο προϊόν, θα πρέπει δε να πληρούνται κάποιες καθορισμένες προδιαγραφές ανάλογα με τον τόπο προορισμού. Τα χαρακτηριστικά που έχει θεσπίσει η Ε.Ε. για τη διαλογή καρπών πιπεριάς, είναι το χρώμα, το μέγεθος και η ποιότητα, βάσει των οποίων οι καρποί χωρίζονται σε δύο ποιοτικές κατηγορίες, την ποιοτική κατηγορία I και II.

Τα **ελάχιστα χαρακτηριστικά ποιότητας** συνιστούν οι πιπεριές να είναι ακέραιες, νωπής εμφάνισης, υγιείς, καθαρές, καλά ανεπτυγμένες, χωρίς ελαττώματα από παγετό, χωρίς τραυματισμούς, χωρίς ηλιακά εγκαύματα, με μίσχο, με φυσιολογική εξωτερική υγρασία και χωρίς οσμή και γεύση.

Οι πιπεριές που ανήκουν στην **ποιοτική κατηγορία I**, πρέπει να είναι καλής ποιότητας, σφιχτές, κανονικής ανάπτυξης όσον αφορά στο μέγεθος, κανονικού χρωματισμού ανάλογα με την ποικιλία, με ποδίσκο κομμένο όχι λιγότερο από 1εκ. από τον κάλυκα, χωρίς σημάδια ή κηλίδες.

Οι πιπεριές της **ποιοτικής κατηγορίας II** θα πρέπει να πληρούν τα ελάχιστα χαρακτηριστικά ποιότητας, αλλά μπορούν επιπλέον να παρουσιάζουν τα εξής ελαττώματα, χωρίς να μειώνουν σοβαρά την εμφάνισή τους: σχηματικές ατέλειες, ατέλειες ως προς την ανάπτυξη, ηλιακά εγκαύματα ή ελαφρά τραύματα που να μην υπερβαίνουν το 1εκ² για επιφανειακά ελαττώματα και 2εκ. για ελαττώματα επιμήκη. Ελαφρές ξερές και επιφανειακές ρωγμές, που το μήκος τους να μην ξεπερνά τα 3εκ. να είναι λιγότερο σφιχτές αλλά όχι μαραμμένες. Ο ποδίσκος δύναται να είναι ελαττωματικός ή κομμένος.

Η **ταξινόμηση κατά μέγεθος** καθορίζεται από τη μεγάλη διάμετρο της ισημερινής τομής τους. Η διαφορά της διαμέτρου από το μεγαλύτερο έως το

μικρότερο καρπό δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 20χλστ. Η διάμετρος των καρπών πρέπει να μην είναι μικρότερη των: i) 30χλστ. για τις επιμήκεις, ii) 50χλστ. για τις τετράγωνες μη οξύληκτες, iii) 40χλστ. για τις τετράγωνες επιμήκεις (κωνικές), iv) 55χλστ. για τις πεπλατυσμένες. Η ταξινόμηση αυτή δεν είναι υποχρεωτική για την ποιοτική κατηγορία II, με την επιφύλαξη ότι τηρούνται τα ελάχιστα μεγέθη που αναφέρθηκαν (i και iv).

Η **ταξινόμηση με βάση το χρώμα** είναι απλή και οι αγορές απαιτούν καλό διαχωρισμό πράσινων, κόκκινων κλπ. καρπών, ενώ ένας μερικώς χρωματισμένος καρπός θεωρείται ποιοτικά υποβαθμισμένος (Κανάκης, 1998; Ολύμπιος, 2001).

1.6. Συσκευασία – Αποθήκευση – Εμπορία

Διάφορα είδη συσκευασιών χρησιμοποιούνται προς μεταφορά και εμπορία των καρπών πιπεριάς. Κατάλληλα μέσα συσκευασίας αποτελούν διάφοροι τύποι κιβωτίων, όπως ανοιχτά επαναχρησιμοποιήσιμα πλαστικά και ξύλινα καφάσια για τοπικές αγορές και χάρτινα κιβώτια που κλείνουν (μιας χρήσεως) για τοπικές αγορές, αλλά και για εξαγωγές. Τα μικρά κιβώτια είναι πιο βολικά και πιο συνηθισμένα στην Ευρώπη είναι τα χάρτινα κιβώτια των 4 ή 5 κιλών.

Η μεταφορά των καρπών απαιτεί στερεά και ευρύχωρα κιβώτια με καλό αερισμό. Επιπλέον, μια προσεγμένη και ελκυστική συσκευασία με ευανάγνωστη ετικέτα βοηθά στην εξασφάλιση καλύτερης τιμής.

Στις υπεραγορές οι καρποί συσκευάζονται σε μικρές συσκευασίες του 0,5 κιλού ή μικρότερου βάρους σε χάρτινους ή πλαστικούς δίσκους, που καλύπτονται με σελοφάν.

Η αποθήκευση των γλυκών καρπών πιπεριάς μπορεί να γίνει για 2-3 βδομάδες σε θερμοκρασία 7-10°C και σχετική υγρασία 90-95%. Σε μικρότερη θερμοκρασία, έχουμε εμφάνιση ασθενειών ψύχους, κρυο-τραυματισμοί, όπου επέρχεται νέκρωση κυττάρων και τελικά καταστροφή του καρπού. Η θερμοκρασία πήξης του χυμού των ιστών είναι -0,8 °C (Κανάκης, 1998; Ολύμπιος, 2001).

1.7. Διατροφική αξία – Θεραπευτική χρήση – υγεία

Η πιπεριά έχει υψηλή διατροφική αξία, επειδή περιέχει υψηλή περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C) και αντιοξειδωτικά στοιχεία. Τα κύρια συστατικά του καρπού της πιπεριάς είναι νερό: 93,4%, πρωτεΐνες: 0,6 – 1,2%, υδατάνθρακες: 3,7 – 4,8%, λίπη: 0,2% και θερμίδες: 22. Όσον αφορά στις βιταμίνες περιέχει (ανά 100g φρέσκου καρπού) βιταμίνη A: 420 Δ.Μ., θειαμίνη (B₁): 0,08 mg, ριβοφλαμίνη (B₂): 0,08 mg, νιασίνη: 0,5 mg και ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C): 128-160 mg. Τα άλατα που περιέχονται είναι το Ca: 9 mg, P: 22 mg, Fe: 0,7 mg, Na: 13mg και K: 213 mg. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C που περιλαμβάνεται σε 70 γρ. πιπεριάς, αρκεί για να καλύψει τις ημερήσιες ανάγκες ενός ενήλικα (Κανάκης, 1998).

Στις χημικές ουσίες που περιλαμβάνει η πιπεριά περιλαμβάνονται τα καψαϊκινοειδή (capsaicinoids) [έως 1.5%]: καψαϊκίνη, διυδροκαψαϊκίνη κ.ά., καροτενοειδή (καψανθίνη, καפורουμπίνη, καροτένιο), στεροειδείς σαπωνίνες γνωστές ως capsicidins που εντοπίζονται στους σπόρους και τις ρίζες. Η πιπεριά

σύμφωνα με τα χημικά συστατικά που περιέχει, έχει δράση διεγερτική, κατά του μετεωρισμού, αντικαταρροϊκή, σιαλογόνο, φλογιστική και αντιμικροβιακή.

Το καγιέν είναι πολύ χρήσιμο για την τόνωση του οργανισμού, καθώς διεγείρει τη ροή του αίματος, δυναμώνει την καρδιά, τις αρτηρίες, τα τριχοειδή αγγεία και τα νεύρα. Ως τονωτικό μπορεί να διεγείρει το κυκλοφορικό και το πεπτικό σύστημα. Το καγιέν μπορεί βοηθήσει σε περιπτώσεις μετεωρισμού με κολικό και δυσπεψίας, καθώς και σε περιπτώσεις που παρατηρείται ανεπαρκής περιφερειακή κυκλοφορία του αίματος, που οδηγεί στο να είναι τα χέρια και τα πόδια κρύα, καθώς και στην πιθανή εμφάνιση χιονιστρών. Είναι επίσης χρήσιμο σε περιπτώσεις αδυναμίας και για αποφυγή της αίσθησης του ψύχους. Εξωτερικά το καγιέν εφαρμόζεται ως φλογιστικό για περιπτώσεις οσφυαλγίας (λουμπάγκο) και ρευματικών πόνων. Ως αντιμικροβιακό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για γαργάρες. Έρευνες έχουν δείξει ότι η καψαϊκίνη που περιέχει μπλοκάρει τη μεταφορά της αίσθησης του πόνου και της φαγούρας μέσω των νευρικών ινών του δέρματος, αλλά σε αντίθεση με άλλα τοπικά αναισθητικά το καγιέν μπλοκάρει τα ερεθίσματα προς τις νευρικές ίνες τύπου C, που σχετίζονται μόνο με την αίσθηση του πόνου και όχι με άλλες αισθήσεις όπως η αφή, η αίσθηση της θερμότητας, η άσκηση πίεσης κλπ.

Σε πολυάριθμες κλινικές μελέτες η τοπική εφαρμογή κρέμας, που περιέχει 0.025% ή 0.075% καψαϊκίνη, έχει αποδειχθεί αρκετά βοηθητική για τη θεραπεία επώδυνων και κνησμωδών δερματικών διαταραχών, συμπεριλαμβανομένης της ψωρίασης, του έρπητα, της διαβητικής νευροπάθειας, του πόνου μετά από μαστεκτομή και γενικά του πόνου από μετεγχειρητικές περιπτώσεις και του πόνου των μυών λόγω του συνδρόμου ινομυαλγίας. Η κρέμα καψαϊκίνης μπορεί ωστόσο να φανεί αποτελεσματική στους δριμείς πόνους που σχετίζονται με τη νευραλγία τριδύμου, που αφορά το μεγαλύτερο νεύρο στο πρόσωπο, αλλά και να αποβεί ανακουφιστική για τους πόνους από ρευματοειδή αρθρίτιδα και οστεοαρθρίτιδα. Με την αρωγή ειδικού μπορεί να χορηγηθεί καψαϊκίνη μέσω της μύτης για τη θεραπεία αθροιστικής κεφαλαλγίας και αυτό υποστηρίζεται από διπλό-τυφλό πείραμα. Επιστημονικές αναφορές μικρής ισχύος καταδεικνύουν τη χρήση της καψαϊκίνης για τις ημικρανίες. Σε διπλά τυφλή κλινική μελέτη που διεξήχθη σε υγιείς άντρες και γυναίκες στην Ιαπωνία, βρέθηκε ότι η κατανάλωση 10 gr κόκκινου πιπεριού (cayenne pepper) μπορεί να συντελέσει σε μέτρια μείωση της όρεξης, ενώ σε παρόμοια έρευνα βρέθηκε ότι αυξάνει το μεταβολισμό από διατροφικούς παράγοντες στις γιαπωνέζες. Οι ίδιες κλινικές μελέτες αναφέρουν πιθανή βοήθεια του καγιέν για έλεγχο του σωματικού βάρους. Τέλος, πάλι από κλινική έρευνα φαίνεται ότι συμβάλλει στη μείωση των συμπτωμάτων όξινης δυσπεψίας (Gaby et al., 2006; Hoffmann, 2003).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1 Συντήρηση οπωροκηπευτικών

Η συντήρηση αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα στη διατήρηση των τροφίμων. Ιδιαίτερα τα φρούτα και τα λαχανικά λόγω της έντονης εποχικότητας και της υψηλής φθαρτότητας, που τα χαρακτηρίζει, με τη συντήρηση μπορούν να έχουν μεγαλύτερη εμπορική ζωή. Επίσης, αποφέρει τα μέγιστα σε περιπτώσεις που χρειάζεται διάθεση σε απομακρυσμένες περιοχές και σε άλλες εποχές εκτός από την εποχή συγκομιδής. Για ορισμένα προϊόντα που προσφέρονται για μακρά συντήρηση, όπως μήλα, ακτινίδια, εξασφαλίζεται η τροφοδοσία της αγοράς για σχεδόν όλες τις εποχές. Επιπρόσθετα, επιμηκύνεται ο χρόνος επεξεργασίας, όταν τα προϊόντα προορίζονται για μεταποίηση (Σφακιωτάκης, 2004). Η διάρκεια της εμπορικής ζωής των φυτικών προϊόντων, πρακτικά εκτείνεται μέχρι τη στιγμή που το 10% των προϊόντων υπό συντήρηση καταστεί ακατάλληλο προς πώληση. Η εμπορική ζωή μπορεί να συντομευθεί από την απώλεια υγρασίας, τις φυσιολογικές ασθένειες, από μυκητολογικές προσβολές και τη γρήγορη εξέλιξη των φυτικών οργάνων (Μανωλοπούλου, 2000).

Η εφαρμογή της συντήρησης με διάφορες μεθόδους επιτυγχάνει την επιβράδυνση και περιορισμό της αναπνοής στο ελάχιστο, καθυστέρηση της ωρίμασης των καρπών, περιορισμό της διαπνοής και μειωμένες απώλειες βάρους, αποφυγή της ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών και σε ορισμένα προϊόντα ελέγχουμε ανεπιθύμητες φυσιολογικές λειτουργίες, όπως φύτρωμα, βλάστηση και σχηματισμό ανεπιθύμητων χρωστικών ουσιών (σπαράγγια) και σολανίνης (πατάτες) (Σφακιωτάκης, 2004).

Οι θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται προς συντήρηση των φυτικών τμημάτων, όπως άνθη, φρούτα, φύλλα, σπόροι, κόνδυλοι, ριζώματα, βολβοί κλπ., κυμαίνονται από 0 έως 12 °C, ανάλογα πάντα με το προϊόν. Κατά τη συντήρηση θα πρέπει να λάβουμε υπόψη το είδος του προϊόντος, την ποικιλία, το φυσιολογικό στάδιο κοπής τους, το φορτίο των παθογόνων που φέρουν, τη φυσική αντοχής τους στους παράγοντες προσβολής, τις μηχανικές βλάβες και τις ιδιαιτερότητες της φυσιολογικής συμπεριφοράς τους. Απ' όλα αυτά που μόλις αναφέρθηκαν εξαρτάται η διάρκεια συντήρησης των οπωροκηπευτικών (Μανωλοπούλου, 2000).

Οι χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη συντήρηση, περιορίζουν τα φυσιολογικά φαινόμενα, αυξάνουν τη διαλυτότητα των αερίων, συντελούν στην πτώση της τάσης των ατμών, τη μείωση της διαλυτότητας ορισμένων συστατικών στο νερό, τη στερεοποίηση των λιπιδίων κλπ. Επιπλέον, οι θερμοκρασιακές μεταβολές επηρεάζουν τις απώλειες ύδατος και κατά συνέπεια το βάρος. Η επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής των φυτικών οργάνων επιτυγχάνεται με τις χαμηλές θερμοκρασίες, καθότι επηρεάζεται η ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων, επιβραδύνεται η λειτουργία των βιολογικών καταλυτών (ενζύμων), συνεπώς επιβραδύνεται ο μεταβολισμός των ζωντανών φυτικών οργάνων (Μανωλοπούλου, 2000).

Η επιβράδυνση των χημικών φαινομένων έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση των αποθεμάτων των ψυχοσυντηρούμενων οργάνων. Μια μέρα ζωής στους 25 °C ισοδυναμεί με 2 ημέρες στους 15 °C, 4 ημέρες στους 10 °C, 8 ημέρες στους 4°C και 16 ημέρες στους 0 °C. Οι χαμηλές θερμοκρασίες όμως θα μπορούσαν να

προκαλέσουν μεταβολές στη χημική σύσταση των προϊόντων, δηλαδή την αύξηση των σακχάρων π.χ. στις πατάτες και στα κάστανα, που οφείλεται στην υδρόλυση του αμύλου, καθώς και η πικρή γεύση στα καρότα που συντηρούνται με ψύξη, λόγω της εμφάνισης 6-μεθοξυμελίνης. Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί, ότι παρόλο που τα χημικά φαινόμενα έχουν επιβραδυνόμενο ρυθμό στις χαμηλές θερμοκρασίες, όταν το μεγαλύτερο ποσοστό νερού παγώσει, ορισμένα προϊόντα εμφανίζουν αλλοιώσεις που σχετίζονται με μεταβολικές ανωμαλίες και ονομάζονται ασθένειες ή βλάβες λόγω ψύχους (chilling injuries). Οι ασθένειες ψύχους περιλαμβάνουν, μειωμένη διογκωτική ικανότητα των μεμβρανών των μιτοχονδρίων, μειωμένη ευκαμψία, αλλαγή της φυσικής κατάστασης των λιπιδίων, εμφάνιση επιφανειακών ή εσωτερικών καστανώσεων, έλλειψη ή μείωση αρώματος (μπανάνα), εμφάνιση αρωμάτων ξένων προς το είδος αυτό και την ποικιλία, υπερβολική μείωση σκληρότητας κλπ. Η διαμονή όμως, για ορισμένο χρονικό διάστημα σε υψηλότερη θερμοκρασία, θα μπορούσε να διαφυλάξει τα κύτταρα από τη δυσμενή επίδραση των χαμηλών θερμοκρασιών και να επιτρέψει τη συντήρηση για εκτενέστερο χρονικό διάστημα (Μανωλοπούλου, 2000).

Οι αλλοιώσεις, που μπορούν επιπλέον να συμβούν στα προϊόντα, είναι από μικροοργανισμούς, που μπορούν να αλλοιώσουν με τη δράση τους το άρωμα και τη σκληρότητα. Οι τοξίνες ορισμένων κρίνονται αρκετά επικίνδυνες. Η διάκριση των βακτηρίων γίνεται με βάση τις θερμοκρασιακές τους απαιτήσεις και διακρίνονται σε θερμοφιλά (>45 °C), μεσόφιλα (20-45°C), ψυχρότροφα (4-20 °C) και ψυχρόφιλα (<4 °C). Όσον αφορά στους μύκητες, η χαμηλή θερμοκρασία επιδρά ανασταλτικά στη βλάστηση των σπόρων, στην ανάπτυξη του μυκηλίου και την σποροπαραγωγή. Οι θερμοκρασιακές απαιτήσεις όμως, στα διάφορα είδη μυκήτων είναι διαφορετικές. Επιπλέον παράγοντες, οι οποίοι επιδρούν για την ανάπτυξη μυκήτων, εκτός της θερμοκρασίας, είναι η υγρασία, η αντίσταση και σύνθεση των ιστών των φρούτων, ο βαθμός προσβολής κατά τη συγκομιδή κλπ (Μανωλοπούλου, 2000).

2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη συντήρηση

Η συντήρηση των οπωροκηπευτικών μπορεί να επηρεαστεί από προσυλλεκτικούς και μετασυλλεκτικούς παράγοντες. Οι μετασυλλεκτικοί παράγοντες είναι: συγκομιδή του προϊόντος στο άριστο στάδιο, πρόψυξη, συνθήκες φυτοϋγείας, και συστήματα συντήρησης με ψύξη.

Προσυλλεκτικοί παράγοντες: σε αυτούς περιλαμβάνονται το γενετικό υλικό (ποικιλίες, υποκείμενα), το κλίμα (θερμοκρασία, βροχόπτωση, ηλιοφάνεια, υγρασία κλπ.), οι καλλιεργητικές τεχνικές και προσβολές από παθογόνους μικροοργανισμούς.

Όλοι αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν την ποιότητα και τη συντηρησιμότητα των οπωροκηπευτικών. Η διάρκεια συντήρησης περιορίζεται όταν έχουμε άφθονες βροχοπτώσεις, που ευνοούν την αύξηση της σπαργής των φυτικών κυττάρων. Γενικά, η εκτενής ηλιοφάνεια και η καθαρή ατμόσφαιρα ευνοούν την ποιότητα. Η σύσταση του εδάφους, η λίπανση και γενικότερα οι καλλιεργητικές μέθοδοι επηρεάζουν τη συντήρηση και πιο συγκεκριμένα το άζωτο σε μεγάλες ποσότητες επιδρά αρνητικά στη συντήρηση, το κάλιο επιτρέπει μακρά συντήρηση, ενώ όσον αφορά στα άλλα στοιχεία, θα πρέπει να βρίσκονται σε ικανοποιητικές ποσότητες. Οι καλλιεργητικές

φροντίδες επηρεάζουν έμμεσα τη συντήρηση και πρέπει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή άφθονου νερού τις τελευταίες εβδομάδες προ της συγκομιδής κρίνεται επιβλαβής, καθώς παρατηρούνται σκασίματα στην επιδερμίδα των φρούτων, μικρή περιεκτικότητα σε σάκχαρα και σε αρωματικές ουσίες (Μανωλοπούλου, 2000; Σφακιωτάκης, 2004).

Το γενετικό υλικό και άλλοι φυσιολογικοί παράγοντες, όπως η ηλικία, η θέση και το φορτίο του δέντρου, παίζουν καθοριστικό ρόλο στη συντήρηση. Τα νέα δέντρα γενικά, δίνουν φρούτα με πιο ευαίσθητα προϊόντα στις φυσιολογικές ασθένειες. Δέντρα με μικρό φορτίο έχουν καλύτερα τρεφόμενα φρούτα, με έντονη αναπνοή και πρόωμη ωρίμαση. Επιτυγχάνεται πιο δύσκολα ωρίμαση σε φρούτα, που βρίσκονται στο εσωτερικό των δέντρων, ενώ καλύτερης ποιότητας κρίνονται τα φρούτα της περιφέρειας και της κορυφής. Τα φρούτα που είναι μικρά σε μέγεθος εξομοιώνονται με φρούτα, που συγκομίστηκαν πρόωμα και αντίθετα σε περίπτωση που είναι μεγάλα σε μέγεθος (Μανωλοπούλου, 2000).

Συγκομιδή: για να έχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα κατά τη συντήρηση, η συγκομιδή θα πρέπει να λαμβάνει χώρα κατά το βέλτιστο στάδιο συγκομιδής ή αλλιώς κατά το κατάλληλο στάδιο συλλεκτικής ωριμότητας, που αποτελεί και το τελικό στάδιο της ανάπτυξης για τα ριζώματα, τα φυλλώδη λαχανικά και τα περισσότερα φρούτα. Επιπλέον, θα πρέπει να λαμβάνεται ειδική μέριμνα ώστε να μην τραυματίζονται τα προϊόντα κατά τη συλλογή, συσκευασία και μεταφορά τους.

Πρόψυξη: η αφαίρεση της θερμότητας αγρού αποτελεί απαραίτητη διαδικασία για την εφαρμογή όλων των μεθόδων συντήρησης. Η πρόψυξη επιβραδύνει τη φυσιολογική εξέλιξη του οργάνου και συνεπώς συντελεί στο περιορισμό απώλειας βάρους λόγω διαπνοής, μείωση πολλαπλασιασμού βακτηρίων, βλάστησης σπορίων και ανάπτυξης μυκηλίων μυκήτων (Μανωλοπούλου, 2000; Σφακιωτάκης, 2004).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 Ελάχιστα Επεξεργασμένα Οπωροκηπευτικά (MPV)

Τα **ελάχιστα/ελαφρώς επεξεργασμένα/μεταποιημένα οπωροκηπευτικά** προϊόντα (**minimally processed fruits and vegetables** ή *lightly / partially / fresh-processed or pre-prepared* ή με το γαλλικό όρο “IV gamme”), που αναφέρονται και ως **φρεσκοκομμένα οπωροκηπευτικά** προϊόντα ή έτοιμα προς κατανάλωση (*fresh-cut, ready-to-use, pre-cut fruits and vegetables*) υπόκεινται σε ελάχιστους χειρισμούς ή επεξεργασίες, διατηρώντας τη νωπή υπόστασή τους και η ζήτησή τους βρίσκεται σε αυξανόμενο ρυθμό, καθώς τυγχάνουν ευρείας αποδοχής από τους καταναλωτές παγκοσμίως. Η αυξανόμενη ζήτησή τους σχετίζεται αφ’ ενός με την επιστημονικά αποδεδειγμένη ωφέλεια των φρέσκων φρούτων και λαχανικών για την υγεία μας, αφ’ ετέρου δε λόγους κόστους, εργατικού δυναμικού και υγιεινής, που αφορά στις εταιρίες παροχής ή τροφοδοσίας τροφίμων, οι οποίες αποβλέπουν στην αγορά οπωροκηπευτικών, που έχουν ήδη υποστεί ελάχιστη επεξεργασία και όπως ορίζει και η Διεθνής Υπηρεσία Φρεσκοκομμένων Προϊόντων (IFPA=International Fresh-cut Produce Association), μπορούν να είναι φρούτα ή οπωροκηπευτικά, που έχουν υποστεί αποφλοιώση, τεμαχισμό, ψιλοκόψιμο ή τρίψιμο, πλύσιμο, πακετάρισμα και αποτελούν πλήρως χρησιμοποιούμενο προϊόν, το οποίο συσκευάζεται ή προσυσκευάζεται για να προσφέρει υψηλή θρεπτική αξία, ωφελιμότητα και γεύση καθώς διατηρεί τη νωπότητα του.

Τα **φρεσκοκομμένα οπωροκηπευτικά** από τον ορισμό τους και μόνο διαφαίνεται ότι είναι εξαιρετικής φθαρτότητας προϊόντα και η ευπάθειά τους οφείλεται στο ότι υποβάλλονται σε ειδικές μεταχειρίσεις, όπως ψιλοκόψιμο, τεμαχισμό, κόψιμο σε φέτες, εκπυρήνωση κλπ. Αυτές οι μεταχειρίσεις έρχονται σε αντίθεση με τις περισσότερες μεταχειρίσεις τροφίμων, στις οποίες η συντήρηση ενισχύεται με τις μεταποιητικές επεξεργασίες. Αυτό έχει ως συνέπεια λοιπόν, τα MPV να είναι ευπρόσβλητα σε μικροβιακές προσβολές, λόγω της διάρρηξης και καταστροφής της προστατευτικής επιδερμίδας των νωπών προϊόντων, με συνέπεια την ελεύθερη έκθεση των φυτικών ιστών. Γι’ αυτούς τους λόγους γίνεται έκδηλη η ανάγκη για απολύμανση και ειδική μέριμνα για ειδικές μεταχειρίσεις, που απαιτούν γνώση της τεχνολογίας των τροφίμων και της σχετικής τεχνογνωσίας, καθώς και της μετασυλλεκτικής φυσιολογίας των οπωροκηπευτικών (Omafra, 2003; Watada & Qi, 1998).

Τα προϊόντα αυτά συσκευάζονται σε συσκευασίες με ειδικές μεμβράνες (films) εκλεπτικής περατότητας στο O₂ και στο CO₂. Συνήθως τα προϊόντα αυτά προορίζονται για εστιατόρια, για καταστήματα με γρήγορο φαγητό (fast food) και καταστήματα λιανικής πώλησης (Watada & Qi, 1998).

Οι ανωμαλίες που δύνανται να προκύψουν λόγω της υψηλής φθαρτότητάς τους, μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με τη χρήση κοφτερών εργαλείων, ενζυματικών αναστολέων, χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας και τοποθέτηση σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η υψηλή ποιότητα μπορεί να διατηρηθεί εφόσον γίνει επιλογή της πρώτης ύλης, η οποία πρέπει να βρίσκεται στο άριστο στάδιο ωριμότητας και ρυθμίζοντας τους παράγοντες φθαρτότητας με τη χρήση χαμηλών θερμοκρασιών και συνθηκών τροποποιημένης ατμόσφαιρας (Watada & Qi, 1998).

3.2 Φυσιολογία των MPV

Τα ελάχιστα επεξεργασμένα προϊόντα είναι ζωντανοί οργανισμοί και ως εκ τούτου αντιδρούν στις διεργασίες παρασκευής τους και στις συνθήκες συντήρησης. Λόγω δε των εργασιών προετοιμασίας τους είναι επιρρεπή στην ανάπτυξη μικροοργανισμών (Toivonen & DeEll, 2002). Γενικά, οι ελάχιστες μεταχειρίσεις αυξάνουν το ρυθμό των μεταβολικών λειτουργιών και προκαλούν φθορά του φρέσκου προϊόντος. Οι πληγές, που δημιουργούνται κατά την επεξεργασία, διεγείρουν την παραγωγή αιθυλενίου, την αναπνοή, το ρυθμό άλλων βιοχημικών διεργασιών και προκαλούν αλλαγές στο χρώμα (συμπεριλαμβάνεται και η καστανώση), στη γεύση, στην υφή (τραγανότητα, σκληρότητα) και στην θρεπτική αξία (απώλεια βιταμινών). Για την επιβράδυνση αυτών των φυσιολογικών αντιδράσεων, συνίσταται η τοποθέτηση του προϊόντος πριν την επεξεργασία σε χαμηλές θερμοκρασίες, αλλά και αυστηρός έλεγχος αυτής μετά. Άλλες τεχνικές που συμβάλλουν σημαντικά στην ίδια κατεύθυνση είναι η χρήση κοφτερών εργαλείων κοπής, εφαρμογή αυστηρών συνθηκών υγιεινής και αποτελεσματικό πλύσιμο και στέγνωμα (Cantwell, 2002).

Τα νωπά οπωροκηπευτικά προϊόντα από τη φύση τους και χωρίς ακόμα να υποστούν τις ελάχιστες κατεργασίες, χαρακτηρίζονται από φθαρτότητα και εποχικότητα. Έχουν μεγάλο μέγεθος, μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία (50-90%), εκδηλώνουν έντονη αναπνευστική δραστηριότητα και η φθαρτότητα τους οφείλεται στη μαλακή υφή των ιστών τους (Σφακιωτάκης, 2004). Συνεπώς, οι ελάχιστες κατεργασίες επιδρούν ως ένας παράγοντας που επιβαρύνει επιπρόσθετα την ήδη ευαίσθητη φύση των νωπών φυτικών προϊόντων. Η φθαρτότητα των οπωροκηπευτικών που έχουν υποστεί ελάχιστη μεταποίηση, επηρεάζεται από βιολογικούς παράγοντες όπως η αναπνοή, η παραγωγή αιθυλενίου, η διαπνοή, παθολογικές αλλοιώσεις κλπ (Toivonen & DeEll, 2002).

Η αναπνοή ως λειτουργία επιτελείται σε όλα τα νωπά προϊόντα που παραμένουν «ζωντανά» και μετά την αποκοπή τους από το φυτό. Ως συνέπεια της αναπνοής έχουμε απώλεια βάρους, που σημαίνει εξάντληση αποθησαυριστικών ουσιών, μειωμένη θρεπτική αξία για τον καταναλωτή, υποβάθμιση της γευστικής ποιότητας (κυρίως γλυκύτητα), καθώς και μείωση ξηρού βάρους. Ο ρυθμός αναπνοής είναι έντονος στους άγουρους καρπούς φρούτων και λαχανικών και σταδιακά ελαττώνεται, ενώ μια ομάδα καρπών παρουσιάζουν προς το τέλος μια χαρακτηριστική αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας που ονομάζεται κλιμακτηριακή αύξηση της αναπνοής και αντίστοιχα οι καρποί ονομάζονται κλιμακτηριακοί. Η πιπεριά δεν παρουσιάζει κλιμακτηριακή κρίση και ανήκει στην κατηγορία των μη κλιμακτηριακών καρπών. Η αναπνοή έμμεσα επηρεάζει τη διαπνοή κατά δύο τρόπους, αφ' ενός μεν με την παραγωγή υγρασίας, που αυξάνει τη σχετική υγρασία των ιστών, αφ' ετέρου δε με τη θερμότητα της αναπνοής που ανεβάζει τη θερμοκρασία των ιστών και αυξάνει την εξάτμιση του ύδατος (Σφακιωτάκης, 2004). Η αναπνοή εντείνεται με την ελάχιστη επεξεργασία σε βαθμό πάντα ανάλογα με το προϊόν. Η αύξηση αυτή της αναπνοής μπορεί να αποδοθεί στην αυξανόμενη αερόβια αναπνοή των μιτοχονδρίων, λόγω των αλλαγών που παρατηρούνται στη δομή και τη λειτουργία τους, καθώς και στην αύξηση του αριθμού τους. Η αφαίρεση της επιδερμίδας που αποτελεί εμπόδιο στην ανταλλαγή αερίων, είναι ένας δεύτερος παράγοντας της αύξησης της αναπνοής.

Το αιθυλένιο παράγεται απ' όλους σχεδόν τους φυτικούς ιστούς και από ορισμένους μικροοργανισμούς (μύκητες) και ασκεί τη φυσιολογική του δράση σε αέρια μορφή. Από την ελάχιστη μεταχείριση προκαλείται στρες (stress), που μπορεί να οδηγήσει σε παραγωγή αιθυλενίου. Η παραγωγή αιθυλενίου λαμβάνει χώρα στους κομμένους φυτικούς ιστούς και η εκπομπή του μπορεί να γίνει μετά από μερικά λεπτά έως μετά από ώρες από το κόψιμο, με μέγιστες τιμές παραγωγής αιθυλενίου ανάμεσα στις 6 με 12 ώρες. Οι τιμές παραγωγής αιθυλενίου στα διάφορα προϊόντα που κόβονται διαφοροποιείται, διότι υπάρχει διαφορά στον τύπο και στη φυσιολογία του ιστού. Επίσης, η χαμηλή θερμοκρασία αποθήκευσης μετά την ελάχιστη μεταχείριση προκαλεί γενικά μείωση της παραγωγής αιθυλενίου (Toivonen & DeEll, 2002).

Η φθορά της μεμβράνης, λόγω της ελάχιστης επεξεργασίας, έχει ως αποτέλεσμα την αποδόμηση της κυτταρικής δομής και οργάνωσης, καθώς και της απώλειας των φυσιολογικών κυτταρικών λειτουργιών. Αποτέλεσμα της φθοράς της μεμβράνης είναι οι πολλές δευτερογενείς εκδηλώσεις, με πιο συχνά απαντώμενη την καστανώση των ιστών. Άλλες συνέπειες είναι η αλλοίωση του αρώματος (ξένες οσμές), η παραγωγή ελεύθερων ριζών οξυγόνου, η παραγωγή λιπαρών οξέων κλπ.

Οι διάφοροι χειρισμοί που εφαρμόζονται για την παραγωγή των ελάχιστα επεξεργασμένων προϊόντων (ξεφλούδισμα, κόψιμο, τρίψιμο κλπ) προκαλούν συγκέντρωση δευτερογενών μεταβολιτών. Οι τομές επιφέρουν αλλαγές στο μεταβολισμό των φαινολών. Πρώτον, οξειδωση των ενδογενών φαινολών ως αποτέλεσμα της «κατάρρευσης» των κυττάρων της μεμβράνης και δεύτερον διέγερση των κυττάρων, που είναι παρακείμενα των τομών, με σκοπό την παραγωγή περισσότερων φαινολών, σε μια προσπάθεια να τεθεί σε λειτουργία η διαδικασία αποκατάστασης. Η ρήξη των ιστών από τομές στην πράσινη φλάσκα πιπεριά έχει ως αποτέλεσμα την ταχεία παραγωγή C₆ αλδεϊδών και αλκοολών, λόγω της οξειδωσης των ελεύθερων λιπαρών οξέων που έχουν ενζυματικώς απελευθερωθεί από τις μεμβράνες (Toivonen & DeEll, 2002).

Η απώλεια υγρασίας συγκαταλέγεται στους παράγοντες που επηρεάζουν τη φυσιολογία των MPV. Προσδιορίζεται από πολλούς παράγοντες και ίσως ο πιο σημαντικός είναι η αντίσταση της επιδερμίδας στην κίνηση των υδρατμών. Οι παράγοντες που επιταχύνουν την απώλεια υγρασίας στην κατηγορία αυτή των προϊόντων είναι α) η αύξηση της επιφάνειας των φυτικών οργάνων σε σχέση με τον όγκο και β) η απομάκρυνση της επιδερμίδας. Τα αυξημένα ποσοστά απώλειας ύδατος συντελούν σε μεγαλύτερη ευπάθεια στο μαρασμό και/ή τη συρρίκνωση (Toivonen & DeEll, 2002).

Η ευπάθεια σε μικροοργανισμούς που προκαλούν αλλοίωση είναι ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει τη φυσιολογία των MPV. Η αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας συνδέεται πολλές φορές με την αύξηση του μικροβιακού πληθυσμού. Πολλοί μικροοργανισμοί παράγουν πηκτινολυτικά ένζυμα, τα οποία οδηγούν σε μαλάκωμα και «κατάρρευση» των ιστών. Μεγαλύτερος πληθυσμός μικροοργανισμών εντοπίζεται εντός των κατεστραμμένων κυττάρων ή σε ιστούς παρακείμενους σε αυτά τα κύτταρα, στη φάση της συντήρησης των συσκευασμένων MPV.

Οι φυσιολογικές διεργασίες που έχουν ως επίπτωση το μαρασμό και την φθορά μπορούν να ελαχιστοποιηθούν ή να ρυθμιστούν μέσω μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης, που περιλαμβάνει την επιλογή της κατάλληλης ποικιλίας, καλή προσυλλεκτική διαχείριση, κατάλληλοι χειρισμοί προ και μετά την ελάχιστη επεξεργασία, καθώς και επιλογή κατάλληλης συσκευασίας, ώστε να παρέχονται οι ενδεικνυόμενες ατμοσφαιρικές συνθήκες (Toivonen & DeEll, 2002).

3.3 Μικροβιολογική ασφάλεια

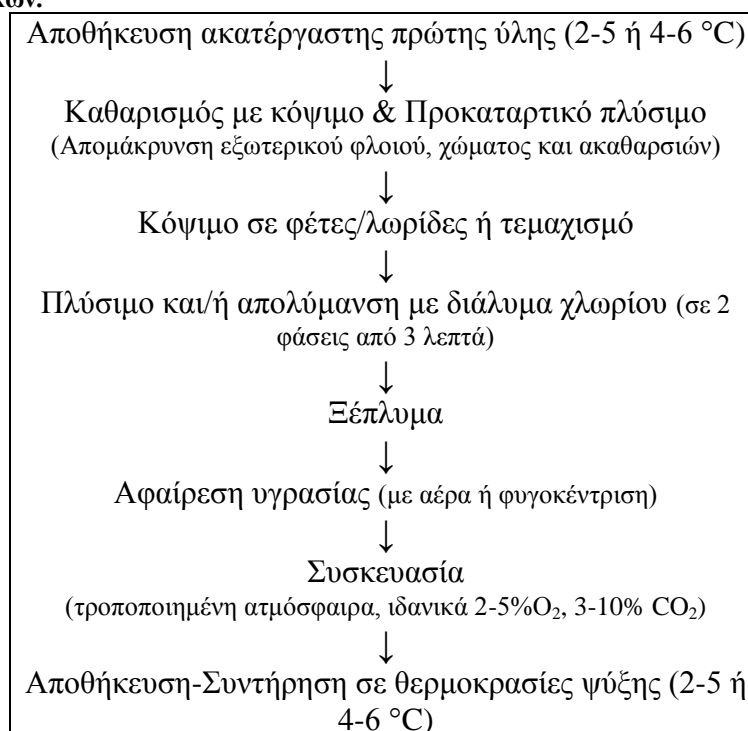
3.3.1. Εισαγωγή

Η εκτεθειμένη επιφάνεια, που έχει κοπεί κατά την επεξεργασία, ελλείπεται της προστασίας που παρείχε η επιδερμίδα, με συνέπεια ν' αυξάνεται η πιθανότητα ανάπτυξης μικροβίων και το φαινόμενο εντείνεται με την αυξημένη επεξεργασία, καθώς και σε περίπτωση που υπάρχει περιβάλλον με υψηλή υγρασία και μεγάλη θερμοκρασία (Cantwell, 2002). Γενικά, επιθυμητή θερμοκρασία συντήρησης για τα περισσότερα φρεσκοκομμένα προϊόντα είναι 0°C, αν και αρκετά προπαρασκευάζονται, μεταφέρονται και αποθηκεύονται σε 5°C και μερικές φορές σε 10 (Watada et al., 1996).

Η μικροβιακή ανάπτυξη ελέγχεται από την τήρηση υγιεινών συνθηκών και χαμηλών θερμοκρασιών. Συνθήκες υγιεινής αποτελούν η χρησιμοποίηση απολυμασμένων εργαλείων και χλωριωμένου νερού (Cantwell, 2002). Εναλλακτικές μεταχειρίσεις για τον έλεγχο της ανάπτυξης των μικροοργανισμών έχουν μελετηθεί, όπως η γάμμα ακτινοβολία (2 kGy), η οποία φαίνεται να αναστέλλει την ανάπτυξη των αερόβιων μεσόφιλων και τη χλωρίδα γαλακτικού οξέος, αλλά στα μειονεκτήματα γίνονται αναφορές για πρόκληση απώλειας χρώματος. Επίσης, εδώδιμα στρώματα επικάλυψης (films), που εμπεριέχουν βιοελεγκτές και παρεμφερή επιχρίσματα δύναται να είναι αποτελεσματικά στον έλεγχο ανάπτυξης μικροοργανισμών (Watada et al., 1996). Καμία απολυμαντική μέθοδος δεν εξασφαλίζει τέλεια απολύμανση στο νωπό προϊόν, τουλάχιστον στις περιπτώσεις που εφαρμόζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην προκαλεί απώλεια ή φθορά της οπτικής ποιότητας. Ακόμα και η ακτινοβολία με ακτίνες γάμμα ενδέχεται να μην είναι πλήρως αποτελεσματική προς εξουδετέρωση των ιών στα οπωροκηπευτικά.

Η μικροβιολογική ασφάλεια των MPV μπορεί να επηρεαστεί κατά τα διάφορα στάδια παραγωγής, που παρουσιάζονται στον πίνακα 2. Σε πρώτη φάση επιχειρείται μείωση της μολυσματικότητας με αφαίρεση του εξωτερικού φυτικού στρώματος ή απομάκρυνση όποιας ακαθαρσίας και ακολουθεί κόψιμο σε φέτες/λωρίδες ή τεμαχισμός σε κομματάκια. Στο επόμενο βήμα, έχουμε καλό πλύσιμο και απολύμανση με διάλυμα χλωρίου (100ppm) ή προσθέτουμε κιτρικό οξύ και ασκορβικό οξύ (1%) σε νερό για αποφυγή της καστανώσης (δεν αφορά σε όλα τα MPV). Ακολουθεί σύμφωνα με Legnani & Leoni (2004), ξέβγαλμα μετά την απολύμανση και έπεται η απομάκρυνση του περισσευόμενου ύδατος, συνήθως με τη μέθοδο της φυγοκέντρισης ή με τη βοήθεια του αέρα (Francis et al., 1999). Η μικροβιολογική εξέταση του ύδατος που χρησιμοποιείται για ξέπλυμα και περιλαμβάνει αναγνώριση του βακτηριακού πληθυσμού και των βακτηριοφάγων του κολοβακτηριδίου *Escherichia coli* (coliphages), μπορεί να φανεί αρκετά χρήσιμη για να εξετάζεται η αποτελεσματικότητα διαφορετικών απολυμαντικών μεθόδων (Legnani & Leoni, 2004).

Πίνακας 2 Διάγραμμα ροής με τη διαδικασία παραγωγής των ελάχιστα επεξεργασμένων οπωροκηπευτικών.



(Πηγή: αναπροσαρμογή από Francis et al., 1999 και Legnani & Leoni, 2004)

Οι ιοί και οι κύστες πρωτόζωων που βρίσκονται στα προϊόντα αυτά, παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στις απολυμαντικές ουσίες, απ' ό,τι τα βακτήρια και οι μύκητες. Η ανθεκτικότητα διαφοροποιείται ανάλογα με τον τύπο και το pH του απολυμαντικού διαλύματος, το χρόνο επεξεργασίας, τη θερμοκρασία και τις χημικές και φυσιολογικές διεργασίες επί της επιφάνειας των οπωροκηπευτικών (Beuchat, 1998).

Σε φρεσκοκομμένα προϊόντα έχει εντοπιστεί ένας αριθμός μικροοργανισμών, όπως μεσόφιλη μικροχλωρίδα, βακτηριδία του γαλακτικού οξέος, κολοβακτηρίδια, περιττωματικά κολοβακτηρίδια, ζύμες, μύκητες, πηκτινολυτική μικροχλωρίδα. Ο μεγαλύτερος πληθυσμός είναι μεσόφιλη μικροχλωρίδα, αν και ο τύπος και ο πληθυσμός διαφέρει ανάλογα με το προϊόν, την υγιεινή και τις καλλιεργητικές πρακτικές (Watada et al., 1996).

Όσον αφορά στην ενδογενή μικροβιακή χλωρίδα αυτών των προϊόντων (έτοιμες προς κατανάλωση φρέσκες σαλάτες), χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλομορφία και οι μικροβιακοί πληθυσμοί φτάνουν συχνά τις 10^5 - 10^7 cfu/ml. Ποσοστό 80-90% των βακτηρίων είναι Gram αρνητικοί βάκιλοι που ανήκουν κυρίως στα γένη *Pseudomonas*, *Enterobacter* και *Erwinia* (Magnuson et al., 1990; Manvell & Ackland, 1986; Marchetti et al., 1992). Ωστόσο, οι βακτηριακοί πληθυσμοί ποικίλουν ανάλογα με τη εποχή και την περιοχή. Οξυγαλακτικά βακτήρια βρέθηκαν σε ανάμεικτες σαλάτες και σε τριμμένα καρότα και μπορεί να επικρατούν σε σαλάτες που διατηρούνται σε υψηλές θερμοκρασίες (30 °C) (Manvell and Ackland, 1986). Ζύμες που έχουν απομονωθεί από έτοιμες φρέσκες σαλάτες, ανήκουν στα γένη *Cryptococcus*, *Rhodotorula* και *Candida* (Brackett, 1994), ενώ τα πιο κοινά γένη μυκήτων που απομονώθηκαν από τέτοιου τύπου προϊόντα είναι τα *Aureobasidium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Phoma*, *Rhizopus* και *Penicillium* (Webb & Mundt, 1978).

Παθογόνα (θετικά κατά Gram βακτήρια) που συχνά αναφέρονται στα MPV είναι τα εξής: *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Aeromonas hydrophila*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter*. Στα ιογενή παθογόνα περιλαμβάνονται ο ιός Norwalk, που δύναται να προκαλέσει γαστρεντερίτιδα ή τροφική δηλητηρίαση και ο ιός της ηπατίτιδας Α. Ακόμα, στα πρωτόζωα παθογόνα που ανήκουν τα παράσιτα, έχουμε τα *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica* και *Ascaris spp.* (Francis et al., 1999).

Συμπερασματικά, όσον αφορά στη μικροβιολογική ασφάλεια των MPV, τα προϊόντα αυτά κρίνονται από υγιεινή σκοπιά ασφαλή προς κατανάλωση σύμφωνα με επιστημονικές μελέτες, καθώς τηρούν τα μικροβιολογικά επίπεδα, που έχουν θεσπιστεί από εθνικούς κανονισμούς ευρωπαϊκών κρατών (π.χ. Γερμανίας και Γαλλίας) ή από έγκυρους ερευνητές. Προς επίτευξη της ασφάλειας αυτής λαμβάνει χώρα η εφαρμογή στρατηγικών ελέγχων, που βασίζονται σε γνώση και εφαρμογή βέλτιστων γεωργικών εφαρμογών και διαχείριση υγιεινής και ασφάλειας. (Legnani & Leoni, 2004) Επιπρόσθετα μπορεί να γίνει εφαρμογή του συστήματος HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point = Ανάλυση Επικινδυνότητας και Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου), το οποίο διασφαλίζει την παραγωγή ενός ασφαλούς προϊόντος. Αυτό επιτυγχάνεται με τον εντοπισμό των σημείων εκείνων όπου μπορεί δυνητικά να εμφανιστεί κίνδυνος επιμόλυνσης του τροφίμου.

3.3.2. Απολύμανση – Απολυμαντικοί χειρισμοί

Η επιμήκυνση της εμπορικής ζωής των φρεσκοκομμένων προϊόντων αποτελεί στις μέρες μας πρόκληση για τις βιομηχανίες τροφίμων και για τα ινστιτούτα ερευνών, όπου οι απολυμαντικές μέθοδοι αξιολογούνται. Η διάρθρωση της έρευνας για την αξιολόγηση των απολυμαντικών τεχνικών, που έχουν ως σκοπό την παράταση της εμπορικής ζωής, πρέπει να περιλαμβάνει 5 διαφορετικές προσεγγίσεις, όπως:

- Μείωση επικινδυνότητας για μολύνσεις και δηλητηριάσεις
- Μείωση μικροβιακών αλλοιώσεων
- Διατήρηση νωπών χαρακτηριστικών
- Διατήρηση θρεπτικής αξίας
- Αποφυγή παρουσίας μη αποδεκτών επιπέδων από τοξικά υπολείμματα ή σχηματισμό τοξικών υποπροϊόντων

Κάθε μέθοδος απολύμανσης έχει διαφορετική δραστηριότητα για την εξολόθρευση των παθογόνων μικροβίων. Η αποτελεσματικότητα εξαρτάται από τη φύση των κυττάρων και τα χαρακτηριστικά των ιστών των οπωροκηπευτικών. Κάποιοι τύποι απολυμαντικών είναι κατάλληλοι για άμεση επαφή μέσω πλυσίματος και άλλοι για εξοπλισμό ή συσκευασία που χρησιμοποιούνται για μεταποίηση, αποθήκευση ή μεταφορά οπωροκηπευτικών (Beuchat, 1998).

3.3.3. Χλώριο

Η χλωρίνη αποτελεί εμπορική ονομασία του προϊόντος, που αποτελεί υδατικό διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου και χρησιμοποιείται για πολλά χρόνια ως απολυμαντικό σε πισίνες, στα συστήματα ύδρευσης των πόλεων, σε υγρά απόβλητα, ως λευκαντικό, καθώς επίσης και για την απολύμανση του εξοπλισμού για τη μεταποίηση τροφίμων, αλλά και για το πλύσιμο και ψεκασμό των νωπών οπωροκηπευτικών. Το χλώριο εμπορικά απαντάται με τρεις μορφές: αέριο χλώριο (Cl_2), χλωράσβεστος ή υποχλωριώδες ασβέστιο [$\text{Ca}(\text{OCl})_2$] και υποχλωριώδες νάτριο [NaOCl ή NaClO]. Το χλωριωμένο νερό αποτελεί μίξη αερίου χλωρίου, υποχλωριώδους οξέος (HOCl) και υποχλωδιωδών ιόντων (OCl^-) σε ποσότητες που ποικίλλουν ανάλογα με το pH. Το δραστικό οξειδωτικό είναι το HClO . Τα ποσοστά του χλωρίου ως HClO με pH 8.0, 7.0 και 5.5 είναι περίπου 22, 78 και 100% αντίστοιχα. Ο ιδανικός συγκερασμός ανάμεσα στη δραστικότητα και στη σταθερότητα, επιτυγχάνεται διατηρώντας το pH του νερού από 6.5 μέχρι 7.5, έτσι επιτυγχάνεται και ελαχιστοποίηση της διάβρωσης των μεταλλικών σκευών και του εξοπλισμού επεξεργασίας. Σε χαμηλό pH εκτός από τις διαβρωτικές συνέπειες, συντελείται αποδέσμευση του αερίου χλωρίου (Beuchat, 1998; Gómez-López, 2006; Parish et al., 2003).

Γενικά, χρησιμοποιείται σε συγκεντρώσεις 50-200ppm, με χρόνο επαφής 1-2 λεπτά. Αρκετά γρήγορα χάνει τη δραστικότητά του σε περίπτωση που έρχεται σε επαφή με οργανική ύλη και μεταλλικά αντικείμενα ή εκτίθεται στον αέρα και στο φως. Η μέγιστη διαλυτότητα της χλωρίνης επιτυγχάνεται σε νερό με θερμοκρασία 4 °C. Ωστόσο, η θερμοκρασία του χλωριωμένου νερού πρέπει ιδανικά να βρίσκεται τουλάχιστον 10 °C υψηλότερα από τη θερμοκρασία των οπωροκηπευτικών προϊόντων, ώστε να έχουμε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, λόγω της ελαχιστοποίησης της προσρόφησης του διαλύματος από τους φυτικούς ιστούς και τα ανοίγματα της επιδερμίδας και των φύλλων, που απαντώνται φυσικά (στομάτια και φακίδια) ή που έχουν προκληθεί λόγω της μεταποιητικής επεξεργασίας (Beuchat, 1998). Τα MPV απολυμαίνονται με χλώριο, αλλά δεν εξολοθρεύονται όλοι οι μικροοργανισμοί και πολλές φορές μπορούν να επιβιώσουν όταν εντοπίζονται εντός των κυττάρων ή σε περιοχές που δεν διαποτίζονται από το χημικό απολύμανσης.

Τα φυτικά συστατικά που εντοπίζονται στους ιστούς των οπωροκηπευτικών, αδρανοποιούν τη δράση της χλωρίνης, καθιστώντας την ανενεργή ενάντια στους μικροοργανισμούς. Το απροσπέλαστο των παθογόνων που βρίσκονται μέσα στα ανοίγματα και τις σχισμές της επιδερμίδας, αναμφίβολα συμβάλλει στη γενική έλλειψη αποτελεσματικότητας της χλωρίνης (Beuchat, 1998). Από την άλλη, όσο λεπτότερο είναι το κόψιμο των φρεσκοκομμένων προϊόντων τόσο μεγαλύτερη ποσότητα χλωρίου αξιοποιείται, λόγω της ελευθέρωσης χυμών από τους ιστούς, οι οποίοι με τη σειρά τους αυξάνουν τη συγκέντρωση της οργανικής ύλης που αντιδρά με το χλώριο (Gómez-López, 2006).

Αρκετές έρευνες έχουν αποδείξει ότι τα προϊόντα που έχουν υποστεί χλωρίωση και έχουν συντηρηθεί σε χαμηλές θερμοκρασίες, παρουσίασαν μικρότερο μικροβιακό φορτίο για μεγαλύτερη διάρκεια συντήρησης. Οι παράγοντες που φαίνεται να επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της χλωρίωσης, έχουν να κάνουν με το είδος του οπωροκηπευτικού, με το μικροβιακό πληθυσμό και με τη θερμοκρασία (Gómez-López, 2006).

Αν και έχουν δημοσιευθεί μελέτες όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα του χλωριωμένου νερού για την απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών από τα

φρέσκα οπωροκηπευτικά, είναι πολύ λίγες οι μελέτες που εμφανίζουν αποτελεσματικότητα της μεθόδου αυτής για βιομηχανοποιημένα συστήματα (Legnani & Leoni, 2004). Η περιορισμένη αποτελεσματικότητά της σε συνδυασμό με το ζήτημα ασφάλειας, σχετιζόμενο με το σχηματισμό τοξικών παραπροϊόντων έχει οδηγήσει σε αναζήτηση εναλλακτικών απολυμαντικών μεθόδων (Gómez-López, 2006).

Η χλωρίωση μπορεί να συμβάλλει στη διατήρηση της οπτική ποιότητας, κατά τη διάρκεια της συντήρησης, για κάποια οπωροκηπευτικά. Η αποτροπή της καστανώσης ίσως θεωρείται και το πιο θετικό αποτέλεσμα της χλωρίωσης επί της οπτικής εμφάνισης των προϊόντων. Ωστόσο, σε μερικές περιπτώσεις δύναται να έχει προσωρινά φθοροποιό επίδραση στην οπτική εμφάνιση ορισμένων φρεσκοκομμένων προϊόντων. Όσον αφορά στην επίδραση της χλωρίωσης στη φυσιολογία των φρεσκοκομμένων, φαίνεται να μην επηρεάζει την αναπνευστική δραστηριότητα σε μερικά προϊόντα, αν και όσα τα επηρεάζει, φαίνεται να συμβαίνει λόγω της ανασταλτικής δράσης του υποχλωριώδους ανιόντος επί των ενζύμων. Η θεραπευτική και φυτοχημική σύσταση, που περιλαμβάνει ολικά σάκχαρα, ασκορβικό οξύ και ολικό αριθμό φαινολών, δε φαίνεται να επηρεάζεται από την απολύμανση με χλώριο. Η τοξικότητα απασχολεί ιδιαίτερα, λόγω της ευρείας χρήσης του χλωρίου στο πόσιμο νερό και στην παραγωγή προϊόντων, καθώς λαμβάνει χώρα σχηματισμός τοξικών παραπροϊόντων, όπως χλωραμίνες και τριαλογονοπαράγωγα του μεθανίου ή τριαλογονομεθάνια (THM), όπου το τελευταίο περιλαμβάνει χημικές ουσίες όπως το χλωροφόρμιο ή τριχλωρομεθάνιο (CHCl_3), βρωμοδιχλωρομεθάνιο (CHCl_2Br), χλωροδιβρωμομεθάνιο (CHClBr_2) και βρωμοφόρμιο ή τριβρωμο-μεθάνιο (CHBr_3). Σύμφωνα με τη Διεθνή Υπηρεσία Αντικαρκινικής Έρευνας (IARC), τα παρακάτω υπάγονται στην κατηγορία των πιθανώς καρκινογόνων ουσιών για τον άνθρωπο: το χλωροφόρμιο, το βρωμοδιχλωρομεθάνιο και η ένωση (Z)-2-χλωρο-3-διχλωρομεθυλ-4-οξοβουτενικό οξύ, γνωστή ως MX είναι το ισχυρότερο μεταλλαξιογόνο σε βακτήρια παραπροϊόν χλωρίωσης που έχει ως τώρα ταυτοποιηθεί (Gómez-López, 2006).

3.3.4. Ιονισμένο νερό

Το ιονισμένο νερό (Electrolysed oxidizing water ή “EO” water, EOW) είναι νερό κατεργασμένο με ηλεκτρόλυση. Προκύπτει από ηλεκτρόλυση αραιωμένου χλωριούχου νατρίου NaCl (αλάτι) εντός ηλεκτρολυτικής συσκευής και έχουμε παραγωγή ελεύθερου χλωρίου. Με την ηλεκτρολυτική συσκευή, μπορούν να παραχθούν τρεις τύποι νερού με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Το όξινο EOW (AcEW), το αλκαλικό EOW (AIEW) και το ουδέτερο EOW (neutral EOW ή NEW) ή αλλιώς μεικτό-οξειδωτικό διάλυμα (mixed-oxidant solution). Το πρώτο καθίσταται ως και το πιο μελετημένο, λόγω των αντιμικροβιακών του ιδιοτήτων. Το αλκαλικό EOW υστερεί σε αντιμικροβιακές ιδιότητες, αλλά κρίνεται κατάλληλο για πρόπλυση οπωροκηπευτικών, ενώ θεωρείται ότι ενεργεί όπως το αραιωμένο διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μετά από τη χρήση του όξινου EOW, για να εξαλείψει την οσμή από κατάλοιπα χλωρίου. Ο τρίτος τύπος νερού παράγεται από ηλεκτρολυτική συσκευή με απουσία διαφράγματος. Το ιονισμένο νερό μπορεί εκτός από απολυμαντικό να αποτρέπει την ενζυματική καστανώση κατά τη διάρκεια της συντήρησης των MPV. Στα μειονεκτήματα

αναφέρεται η μείωση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου, λόγω της παρουσίας οργανικής ύλης.

Το ξέπλυμα μεταποιημένης φλάσκας πιπεριάς με ουδέτερο EOW περιεκτικότητας 20ppm διαθέσιμου χλωρίου για 4 λεπτά, μείωσε το μικροβιακό φορτίο κατά 0.4 log CFU/g. Γενικά, η αποτελεσματικότητα κρίθηκε από το είδος του οπωροκηπευτικού, την επιφάνεια του προϊόντος, την ανατομία και τη μικροδομή των ιστών, καθώς και τον τρόπο του κοψίματος (Gómez-López, 2006).

3.3.5. Διοξειδίο του χλωρίου

Το διοξειδίο του χλωρίου (ClO_2) χρησιμοποιείται προς λεύκανση του χαρτιού, αλλά και ως εναλλακτικό απολυμαντικό του χλωρίου ή ως προοξειδωτικό πριν τη χλωρίωση σε πολλές μονάδες επεξεργασίας νερού στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη. Επίσης, έτυχε ευρείας αποδοχής προς απολύμανση των οπωροκηπευτικών, καθώς η απολυμαντική του δράση επηρεάζεται σε μικρή έκταση από το pH και την οργανική ύλη, ενώ δεν αντιδρά με την αμμωνία για να σχηματίσει χλωραμίνες, όπως συμβαίνει με το υγρό χλώριο και τα υποχλωριώδη άλατα. Μελέτες έδειξαν ότι η απολυμαντική δράση του διοξειδίου του χλωρίου σε ιούς, φύκη και ζωοπλαγκτόν καθώς και σε βακτήρια στο νερό είναι ίδια ή και αποτελεσματικότερη από αυτήν του χλωρίου σε σχετικά μεγαλύτερα εύρη pH, ενώ είναι πέντε φορές περισσότερο διαλυτό στο νερό απ' ό,τι το χλώριο και δεν αντιδρά με το νερό (Gómez-López, 2006; Λέκκας, 2005).

Όσον αφορά στα τριαλογονο-παράγωγα του μεθανίου, σημειώθηκε 98% λιγότερη παράγωγή απ' ό,τι λαμβάνει χώρα με το χλώριο σε μελέτες επιφανειακών υδάτων από 10 διαφορετικές πηγές στην Ιταλία.

Το διοξειδίο του χλωρίου σε αέρια μορφή είναι πιο αποτελεσματικό για την υγιεινή επιφανειών απ' ό,τι είναι σε υγρή μορφή. Ωστόσο, αναφέρθηκε συνεργιστική συμπεριφορά μεταξύ του αερίου ClO_2 και της σχετικής υγρασίας. Από έρευνες έχει αποδειχθεί η αποτελεσματικότητα για απολύμανση φυτικών επιφανειών. Σε φρεσκοκομμένη επιφάνεια φλάσκας πιπεριάς που είχε τεχνητά μολυνθεί με μόλυσμα *E. coli*, εφαρμόστηκε 1.24 mg/l αέριο ClO_2 και μείωσε τον μικροβιακό πληθυσμό κατά 6.45 log CFU/g, ενώ μετά από πλύσιμο με νερό μειώθηκε κατά 1.5-1.7 log CFU. Βρέθηκε να εξασθενεί η αποτελεσματικότητα με αέριο ClO_2 , λόγω των κομμένων επιφανειών της πιπεριάς. Σε επεξεργασμένες και μη πιπεριές, βρέθηκε να είναι αποτελεσματικότερο το αέριο ClO_2 από το υγρό ClO_2 για απενεργοποίηση του *L. monocytogenes*. Υπάρχουν διαφορετικές αναφορές όσον αφορά στην επίδραση του αερίου ClO_2 στην επιφανειακή ποιότητα, που αναφέρουν μείωση της ποιότητας στα MVP και οφείλεται στους συνδυασμούς χρονικής διάρκειας και συγκέντρωσης. Υπάρχει ενδεχόμενο το ClO_2 να προκαλέσει αποχρωματισμό σε πράσινα λαχανικά, όπως και η πιπεριά, λόγω διάσπασης της χλωροφύλλης, αλλά αυτό φαίνεται να εξαρτάται από τη δοσολογία που εφαρμόζεται (Gómez-López, 2006).

3.3.6. Όζον

Το όζον (O_3) είναι μορφή οξυγόνου, στην οποία το μόριο αποτελείται από τρία άτομα αντί των δύο που έχει το κοινό οξυγόνο και παρασκευάζεται από την αναδιάταξη των ατόμων όταν τα μόρια οξυγόνου εκτίθενται σε ηλεκτρική εκκένωση

υψηλής τάσης. Εφαρμόζεται σε συνδυασμό με κάποιο δευτερογενές απολυμαντικό, που συνήθως είναι η μονοχλωραμίνη. Το όζον είναι ισχυρό οξειδωτικό και απολυμαντικό (Beuchat, 1998; Gómez-López, 2006; Λέκκας, 2005; Πάπυρος Λαρούς Μπριτάνικα Εγκυκλοπαίδεια, 2007).

Είναι από τα πιο αποτελεσματικά απολυμαντικά, δεν αφήνει υπολείμματα στα τρόφιμα, είναι δραστικό απέναντι σε όλες τις μορφές μικροοργανισμών σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις και ως αέριο δεν αντιδρά σημαντικά με το νερό, αποτελώντας μια πραγματικά φυσική λύση (Gómez-López, 2006).

Ο οζοντισμός βρέθηκε να μειώνει την περιεκτικότητα της βιταμίνης C ορισμένων MPV, ενώ σε άλλα παρατηρήθηκε αναστολή της οξείδωσή της βιταμίνης.

Αναφέρεται ότι παράγει 98% λιγότερα τριαλογονο-παράγωγα του μεθανίου απ' ό,τι το χλώριο, όταν προστίθεται σε επιφανειακά ύδατα προς κατανάλωση πόσιμου νερού.

Η εφαρμογή του υγρού όζοντος σε διάφορα MPV (εκτός πιπεριάς), που συντηρήθηκαν σε θερμοκρασία 4°C, απέφερε επιμήκυνση της εμπορικής ζωής τους.

Εκτός από την αντιμικροβιακή δράση του υγρού όζοντος, έχουμε συμβολή και στην επιφανειακή ποιότητα των MPV.

Κατά τη διάρκεια μελέτης που αφορούσε τους παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του αέριου όζοντος προς το *E. coli* σε πράσινες πιπεριές, βρέθηκαν οι εξής παράγοντες κατά σειρά σπουδαιότητας: συγκέντρωση όζοντος (2-8 mg/l), χρόνος έκθεσης (10-40 λεπτά) και η σχετική υγρασία (60-90%), ενώ βρέθηκε να υπάρχει συνεργία μεταξύ αέριας συγκέντρωσης και σχετικής υγρασίας. Εφαρμογή αέριου όζοντος (8 mg/l, για 25 λεπτά και σχετική υγρασία 90%) σε φλάσκα πιπεριάς, απέφερε μείωση του *E. coli* κατά 7.35 log CFU/5g. Ωστόσο, παρατηρήθηκε αύξηση της μικροβιοκτόνου δράσης μόλις αυξήθηκε η σχετική υγρασία για 4 μικροοργανισμούς και αυτό μπορεί να σχετίζεται με τα υψηλότερα επίπεδα ριζών από την αντίδραση του όζοντος με περισσότερους υδρατμούς σε μεγαλύτερη σχετική υγρασία (Gómez-López, 2006).

3.3.7. UV-C

Το UV-C (υπερίωδες φως – C) αποτελεί τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και αντιστοιχεί στα μήκη κύματος μεταξύ 200 και 280 νανόμετρα (nm). Η αδρανοποίηση των παθογόνων μέσω των UV συστημάτων, επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας λαμπτήρες υδραργύρου χαμηλής πίεσης που αποδίδουν 254 nm (μονοχρωματικό φως), που αποκαλείται μικροβιοκτόνο φως. Πρόσφατα, χρησιμοποιήθηκαν λαμπτήρες UV μέτριας πίεσης λόγω της πολύ μεγαλύτερης μικροβιοκτόνου UV ισχύος ανά μέτρο. Στις βιομηχανίες τροφίμων εφαρμόζεται στην απολύμανση των παροχών νερού, στις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα, στον αέρα του περιβάλλοντος που λαμβάνει χώρα η μεταχείριση των τροφίμων και στα υλικά συσκευασίας τροφίμων.

Δεδομένου της ευπάθειας των MPV, η απολύμανση με UV-C δεν επιτείνει τη φθορά της οπτικής ποιότητας, αλλά την διατηρεί ή δεν την επηρεάζει στις περισσότερες περιπτώσεις, ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος, τη δόση ή πυκνότητα ενέργειας της UV-C και τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Η αντιοξειδωτική ικανότητα του προϊόντος που υπόκειται σε απολύμανση με UV-C, αυξάνεται ή παραμένει

ανεπηρέαστη. Η αύξηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας έχει αναφερθεί για τις ολόκληρες πιπεριές μετά την εφαρμογή με UV-C.

Τέλος, από τοξικολογικής απόψεως το υπεριώδες φως (200 - 400 nm) δύναται να ιονίσει μόνο συγκεκριμένους τύπους μορίων υπό ειδικές συνθήκες και δεν θεωρείται γενικά ως ακτινοβολία ιονισμού. Συνεπώς, δεν ενέχει κίνδυνος όπως αναφέρεται με την ακτινοβολία με ακτίνες γάμμα, αν και η χρήση του όρου υπεριώδης ακτινοβολία (*UV radiation/irradiation*) μπορεί να αποβεί παραπλανητική για τους καταναλωτές (Gómez-López, 2006).

3.3.8. Ακτινοβολία με ακτίνες γ

Οι ακτίνες γ είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με πολύ μικρό μήκος κύματος και αποτελούν ακτινοβολία ραδιενεργών στοιχείων. Οι ακτίνες γ ανήκουν στις ακτινοβολίες ιονισμού (ionization irradiation), καθώς η ακτινοβολία με αυτές (με μορφή φωτονίων και ηλεκτρονίων) δύναται να προκαλέσει ιονισμό των ατόμων που προσβάλλουν και να τα μετατρέψουν σε ιόντα. Οι ακτίνες γ έχουν μεγαλύτερη διεισδυτική ικανότητα από τις δέσμες ηλεκτρονίων και σταδιακά διεισδύουν μέσα από το υλικό συσκευασίας και στο ίδιο το τρόφιμο. Προκειμένου όμως να γίνει ομοιόμορφη διείσδυση σε όλα τα σημεία του τροφίμου από μια ικανοποιητική δόση ακτινοβολίας, πρέπει το προϊόν και να εκτίθεται στην ακτινοβολία από όλες τις πλευρές του. Κατά την εφαρμογή της ακτινοβολίας, έχει σημασία η ενέργεια που προσπίπτει στο τρόφιμο, καθώς και η ενέργεια που απορροφάται από αυτό. Η απορροφώμενη ενέργεια προσδιορίζεται ως δόση (dose) ακτινοβολίας και εκφράζεται σε μονάδες Gray (Gy). Όταν σε ένα σώμα προσπίπτει ακτινοβολία 1Gy, τότε το σώμα αυτό απορροφά ενέργεια από την ακτινοβολία ίση με 1 Joule/kg. Οι δόσεις ακτινοβολίας για τα τρόφιμα διακρίνονται σε χαμηλές (<1 kGy), μέτριες (1-10 kGy) και υψηλές (>10 kGy). Η μέγιστη ασφαλής δόση ακτινοβολίας για τα τρόφιμα είναι τα 10 kGy (Μπλούκας, 2004a).

Οι ακτινοβολίες ιονισμού επιδρούν στους μικροοργανισμούς προκαλώντας βλάβη ή καταστροφή. Ο ρυθμός καταστροφής των μικροοργανισμών εξαρτάται από το είδος. Όσο μικρότερος και απλούστερος είναι ο μικροοργανισμός, τόσο μεγαλύτερη δόση ακτινοβολίας απαιτείται για την εξολόθρευσή του. Γενικά, η αντοχή των μικροοργανισμών στην επίδραση των ακτινοβολιών ιονισμού, ακολουθεί το εξής σχήμα:

Gram (-) βακτήρια < Gram (+) βακτήρια = Μύκητες < Σπόρια = Ζύμες < Ιοί

Η ακτινοβολία με ακτίνες γάμμα (gamma irradiation) σε δόση 2 kGy, βρέθηκε ότι βελτιώνει την υγιεινολογική ποιότητα και παρατείνει τη διάρκεια ζωής, χωρίς να επηρεάζει τα θρεπτικά συστατικά της ελάχιστα επεξεργασμένης πιπεριάς. Πιο συγκεκριμένα, μειώθηκε ο αρχικός βακτηριακός πληθυσμός και εξουδετερώθηκαν τα παθογόνα *Listeria* και *Yersinia*, ενώ δεν παρατηρήθηκε επανεμφάνιση τους κατά τη συντήρηση. Αν και παρατηρήθηκε από τις χημικές αναλύσεις ότι με την αύξηση της δόσης ακτινοβολίας μειώθηκε η ποσότητα του ασκορβικού οξέος (βιταμίνη C), των καροτενοειδών και της χλωροφύλλης, ωστόσο στα δείγματα που δεν είχαν υποστεί ακτινοβολία, μειώθηκαν ακόμα περισσότερο κατά την αποθήκευση για 4 εβδομάδες (Ramamurthy et al., 2004).

Επιβεβαιώνεται και από τους Chaudry et al., 2004; Ahn et al., 2005 και Kamat et al., 2005, ότι η απολύμανση με γάμμα ακτινοβολία γενικά μπορεί να ελέγξει από

μόνης της την μικροβιακή ανάπτυξη ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία, αφού βρέθηκε ότι ο πληθυσμός των παθογόνων μειώθηκε ή παρέμεινε σε χαμηλά επίπεδα για αρκετό διάστημα κατά την αποθήκευση. Οι παρατηρήσεις αυτές δεν επιβεβαιώνονται από τους Foley et al., 2002, και Zhang et al., 2006 (Gómez-López, 2006).

3.3.9. Παλμικό φως υψηλής έντασης

Το παλμικό φως υψηλής έντασης (intense light pulses) αποτελεί μία καινούργια μέθοδο απολύμανσης της επιφάνειας των τροφίμων με σύντομη έκθεση σε παλμικό φως υψηλής συχνότητας με ευρύ φάσμα και πλούσιο σε UV-C φως. Ανήκει στις νεότερες μη θερμικές μεθόδους επεξεργασίας και συντήρησης τροφίμων. Η τεχνική αυτή συχνά εμφανίζεται σε βιβλιογραφικές αναφορές, καθώς έχει προοπτικές για επικείμενη εμπορική χρησιμότητα. Παρόλα αυτά, η βιβλιογραφία είναι λιγοστή για το αντικείμενο αυτό – ειδικότερα σε πειράματα για χρήση στις επιφάνειες τροφίμων – καθώς οι περισσότερες πληροφορίες προέρχονται από βιομηχανικές πηγές και υπάρχει ανάγκη για διεξαγωγή ανεξάρτητων ερευνών. Η εφαρμογή του παλμικού φωτός υψηλής έντασης σε μαύρη πιπεριά έδειξε να επηρεάζει το χρώμα, καθώς οι χρωματομετρικές αναλύσεις έδειξαν ταχεία αλλαγή του χρώματος πολύ πριν επιτευχθεί η απολύμανση και αυτό αποδόθηκε στην υπερθέρμανση σε συνδυασμό με την οξείδωση. Σε σύγκριση με το υπεριώδες φως, το παλμικό φως έχει ασύγκριτα μεγαλύτερη ικανότητα καταστροφής μικροοργανισμών (Gómez-López, 2006).

3.4. Ελάχιστη επεξεργασία Πιπεριάς φλάσκας (Bell Pepper)

Η κομμένη σαλάτα πιπεριάς δε θα πρέπει να παρουσιάζει αποχρωματισμό (μαύρισμα) ή υδαρή εμφάνιση στις τομές. Η πρώτη ύλη θα πρέπει να αποθηκεύεται στους 7-10°C, αλλά μετά την επεξεργασία ν' αποθηκεύεται στους 1-4°C, προς διασφάλιση της ποιότητας και αποφυγή παγώματος του προϊόντος κατά τη φάση των χειρισμών, της διανομής και της αποθήκευσης. Στις ατέλειες που μειώνουν την συνολική ποιότητα στην εμφάνιση περιλαμβάνονται το μαύρισμα των τομών, το κοκκίνισμα της σάρκας (red pulp), ο καστανός αποχρωματισμός των κομμένων επιφανειών, η αποσύνθεση και ο μααρασμός. Η πρώτη ύλη θα πρέπει να πλένεται, καθώς και μετά την αφαίρεση των σπόρων και τον τεμαχισμό, προς μείωση του μικροβιακού φορτίου (Barth et al., 2002).

Οι ολόκληρες πιπεριές παρουσιάζουν ευαισθησία στις χαμηλές θερμοκρασίες, σε κομμένη όμως μορφή κρίνεται αναγκαίο να συντηρούνται μεταξύ 0 και 5°C, ώστε να διατηρούν την ποιότητα στην εμφάνιση. Έχει επιτευχθεί συντήρηση για 15 μέρες σε 1°C με ελάχιστες μεταβολές της σύστασης. Οι πλήρως ώριμες πιπεριές είναι λιγότερο ευαίσθητες στο ψύχος συγκριτικά με τις εμπορικά ώριμες πράσινες της ίδιας ποικιλίας (Barth et al., 2002).

Ο ρυθμός αναπνοής αυξάνεται με τη θερμοκρασία και το ποσοστό της αύξησης διαφοροποιείται ανάλογα με το προϊόν. Γενικά, η αναπνοή είναι εντονότερη στα φρεσκοκομμένα προϊόντα απ' ό, τι στα ολόκληρα προϊόντα. Το Q₁₀ των περισσότερων οπωροκηπευτικών ήταν μεγαλύτερο στα φρεσκοκομμένα προϊόντα απ' ό, τι στα ολόκληρα (Watada et al., 1996). Το Q₁₀ δείχνει πόσο μεταβάλλεται η αναπνοή όταν η θερμοκρασία αυξηθεί κατά 10°C. Ο συντελεστής Q₁₀ είναι ένας

καθαρός αριθμός που προκύπτει από το λόγο του ρυθμού των μεταβολών στην ποιότητα ενός τροφίμου σε ορισμένη θερμοκρασία προς το ρυθμό των μεταβολών σε μια θερμοκρασία χαμηλότερη κατά 10°C (Μπλούκας, 2004a). Το Q₁₀ των φρεσκοκομμένων προϊόντων ήταν μεγαλύτερο στα περισσότερα φρεσκοκομμένα προϊόντα (11 από τα 15) στους 10-20°C, λόγω της ταχείας φθοράς, που λαμβάνει χώρα σε υψηλή θερμοκρασία (Watada et al., 1996). Από τα παραπάνω συμπεραίνεται, η σπουδαιότητα στο να γίνεται επεξεργασία και αποθήκευση των ελάχιστα επεξεργασμένων ή προϊόντων στους 0°C, σε περίπτωση πάντα που το φυτικό όργανο δεν είναι ευαίσθητο στις χαμηλές θερμοκρασίες. Επειδή, όμως σε υψηλότερες θερμοκρασίες επιταχύνεται η διαδικασία της φθοράς και της ανάπτυξης παθογόνων, συνίσταται και τα ευαίσθητα στις χαμηλές θερμοκρασίες φρεσκοκομμένα προϊόντα, να συντηρούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες διότι οι απώλειες λόγω ψύχους είναι λιγότερες συγκριτικά με τη φθορά που υφίσταται σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

Η πιπεριά κατατάσσεται στην κατηγορία των ευαίσθητων οπωροκηπευτικών σε χαμηλές θερμοκρασίες, με προτεινόμενη ελάχιστη ασφαλή θερμοκρασία συντήρησης τους 7° C, ενώ τα συμπτώματα που παρατηρούνται από τις βλάβες λόγω ψύχους, είναι η κηλίδωση (sheet pitting), η σήψη από *Alternaria* και οι σκουρόχρωμοι σπόροι. Τα συμπτώματα εμφανίζονται μετά από μερικές μέρες συντήρησης στους 0° C και μετά από μερικές βδομάδες στους 5° C. Η ευαισθησία φαίνεται να ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία και το βαθμό ωρίμασης. Οι χρωματιστές πιπεριές είναι λιγότερο ευαίσθητες από τις πράσινες (González-Aguilar, 2002; Wang, 2002). Η ελάχιστα επεξεργασμένη πιπεριά δε φαίνεται να διατηρεί στον ίδιο βαθμό την ευαισθησία σε χαμηλές θερμοκρασίες, όπως η ολόκληρη.

Η αναπνευστική δραστηριότητα της φλάσκας πιπεριάς – κομμένης και ολόκληρης – σε διάφορες θερμοκρασίες παρουσιάζεται στους πίνακες 3 και 4:

Πίνακας 3

Αναπνευστική δραστηριότητα, mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, ολόκληρης και ελάχιστα επεξεργασμένης φλάσκας πιπεριάς (bell pepper) σε διάφορες θερμοκρασίες.

Τύπος	Θερμοκρασία				Q ₁₀	
	0°C	5°C	10°C	20°C	0 - 10°C	10 - 20°C
Ολόκληρη	7.0	8.6	13.0	68.0	1.9	5.2
Κομμένη σε ροδέλες	7.0	6.0	14.0	105.0	2.0	7.5
% Μεταβολή	0.0	-25.0	7.7	54.4	–	–

(Πηγή: Watada et al., 1996)

Πίνακας 4

Αναπνευστική δραστηριότητα, mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, πιπεριάς κομμένης σε κύβους και σε ροδέλες.

Θερμοκρασία	Ροδέλες πιπεριάς (5 εκ.)	Κύβοι πιπεριάς (1 x 1 εκ.)	Μεταβολή %
0°C	2 – 6	2 – 9	0 – 50 %
5°C	4 – 7	6 – 12	50 – 71,4 %
10°C	6 – 13	11 – 18	83,3 – 38,4 %

(Πηγή: αναπροσαρμογή από Barth et al., 2002)

3.5. Ποιότητα των MPV

Η ποιότητα και η διάρκεια ζωής των MPV επηρεάζεται από το στρες που υφίστανται κατά την επεξεργασία, τη σύνθεση της ατμόσφαιρας της συσκευασίας που επιδρά στη φυσιολογία και τη βιοχημεία του προϊόντος, τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία, καθώς και την υγιεινή τακτική που εφαρμόζεται (Watada et al., 1996).

Τα MPV πρέπει να είναι αποδεκτά και ευχάριστα ως προς την εμφάνιση, να έχουν φρέσκια εμφάνιση καθ' όλη τη διάρκεια συντήρησης και να είναι απαλλαγμένα από ελαττώματα και κάθε είδους μειονεκτήματα. Σε ανάμικτες φρεσκοκομμένες σαλάτες, η ποιότητα του συνολικού προϊόντος εξαρτάται από το φυτικό τμήμα με τη υψηλότερη φθαρτότητα. Τα προγράμματα διασφάλισης ποιότητας, που θεωρούνται απαραίτητα στα βιομηχανοποιημένα/επεξεργασμένα προϊόντα, είναι δύσκολο να εφαρμοστούν στα κηπευτικά προϊόντα και στα αντίστοιχα MPV (Cantwell, 2002).

Τα κριτήρια για την ποιότητα των οπωροκηπευτικών είναι διαφορετικά για τον παραγωγό, τον έμπορο, τον καταναλωτή ή τον βιομήχανο, αλλά σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιθυμίες του τελικού χρήστη, που είναι ο καταναλωτής. Ο πιο διαδεδομένος ορισμός της ποιότητας είναι εκείνος που έχει δοθεί από τους Kramer και Twing (1970), που ορίζει ότι “ποιότητα είναι το σύνολο εκείνων των χαρακτηριστικών ενός συγκεκριμένου προϊόντος, που επιτρέπουν το διαχωρισμό του και σχετίζονται άμεσα με την ικανότητα του καταναλωτή, ο οποίος χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά αυτά, είναι σε θέση να ξεχωρίσει το προϊόν και να το διακρίνει από το σύνολο ομοειδών προϊόντων.” Τα κύρια γνωρίσματα ποιότητας για τα τρόφιμα αποτελούν το χρώμα, η υφή, η γεύση, που εντάσσονται στην αισθητική ποιότητα και οι βιταμίνες, οι αντιοξειδωτικές ουσίες και θρεπτικά στοιχεία που αφορούν στην θρεπτική ποιότητα. Κατά την αξιολόγηση της ποιότητας των προϊόντων από τους καταναλωτές, βασικό κριτήριο που λαμβάνεται υπόψη είναι η οπτική εμφάνιση, όπου το χρώμα είναι ο βασικότερος παράγοντας (García and Barrett, 2002; Σφακιωτάκης, 2004).

3.5.1. Χρώμα

Βασικό μέλημα είναι η διατήρηση του χρώματος στα MPV. Το χρώμα είναι το πρώτο που ελκύει την προσοχή του καταναλωτή και οφείλεται στις χρωστικές ουσίες. Το πράσινο χρώμα των οπωροκηπευτικών οφείλεται στη χλωροφύλλη, το κόκκινο έως το μοβ στις ανθοκυανίνες, το κίτρινο, το πορτοκαλί και το κόκκινο στα καροτενοειδή. Οι αλλοιώσεις του χρώματος μπορούν να έχουν ποικίλες αιτίες, όπως το γηρασμό, τη συντήρηση σε υψηλές θερμοκρασίες, τις πολυφαινολοξειδάσες, την αφυδάτωση κλπ.

Η ενζυματική καστάνωση (enzymatic browning) περιλαμβάνει σχηματισμό καφέ ή μαύρων χρωστικών και είναι από τους πιο περιοριστικούς παράγοντες της εμπορικής ζωής των MPV και κάνει την εμφάνισή της μέσω του αποχρωματισμού που λαμβάνει χώρα και προκύπτει από τη δράση ομάδας ενζύμων, κυρίως τις πολυφαινολοξειδάσες (PPOs). Η ενζυματική καστάνωση πρέπει να διακρίνεται από τη μη ενζυματική καστάνωση, που οφείλεται στη θερμική επεξεργασία, στην οξείδωση του ασκορβικού οξέος κλπ. Αποτέλεσμα της ενζυματικής οξείδωσης μπορεί να είναι εκτός του αποχρωματισμού και η ανεπιθύμητη γεύση, καθώς και η απώλεια της θρεπτικής ποιότητας. Προσυλλεκτικοί παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη της ενζυματικής καστάνωσης είναι οι καλλιεργητικές πρακτικές, το έδαφος,

τα λιπάσματα, το κλίμα και οι συνθήκες κατά τη συλλογή, ενώ η ευπάθεια μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία. Γενικά, οι νεαροί ιστοί έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων και παρατηρείται μια διαφοροποίηση στη συγκέντρωση ανάλογα με το στάδιο ωριμότητας. Η ελάχιστη επεξεργασία που λαμβάνει χώρα για τα MPV, προκαλεί μηχανικές ζημιές στους φυτικούς ιστούς, με συνέπεια την αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας και την παραγωγή αιθυλενίου που διεγείρει τη σύνθεση φαινολικών ουσιών.

Ο έλεγχος της αντίδρασης που προκαλεί την ενζυματική καστάνωση μπορεί να επιτευχθεί με το συνδυασμό φυσικών και χημικών μεθόδων. Οι φυσικοί μέθοδοι περιλαμβάνουν μείωση της θερμοκρασίας και/ή του οξυγόνου, συσκευασία με τροποποιημένη ατμόσφαιρα, χρήση εδώδιμων μεμβρανών, εφαρμογή γάμμα ακτινολύσης ή υψηλής πίεσης. Οι χημικές μέθοδοι αξιοποιούν ουσίες που αναστέλλουν την ενζυματική δράση, απομακρύνοντας το υπόστρωμα (οξυγόνο και φαινόλες) ή λειτουργώντας ως κατάλληλο υπόστρωμα. Παραδοσιακά, σύμφωνα με τη συμβατική επεξεργασία των τροφίμων, προλαμβάνεται η καστάνωση με ζεμάτισμα που προκαλεί απενεργοποίηση των PPOs, αλλά δε μπορεί να εφαρμοστεί στα MPV. Πολλοί τύποι χημικών ουσιών χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της καστάνωσης και κατανέμονται σε διάφορες κατηγορίες. Μέσα οξίνισης (acidulants), όπως το κιτρικό οξύ (το βασικότερο της κατηγορίας αυτής), αναγωγικές ουσίες (reductants), όπως το ασκορβικό οξύ, χηλικές ενώσεις (chelating agents), σύμπλοκα μέσα (complexing agents), ενζυματικοί αναστολείς (enzyme inhibitors). Η εφαρμογή των οξέων, που γίνεται σε συνδυασμό με άλλες ουσίες, είναι αποτελεσματική. Το ασκορβικό οξύ έχει προσωρινή αποτελεσματικότητα ελέγχου. Επιπλέον παράγοντες ελέγχου της ενζυματικής καστάνωσης αποτελούν το χλωριούχο νάτριο, το οποίο έχει αυξημένη δραστηριότητα σε χαμηλά επίπεδα pH, το ασβέστιο, το μέλι που περιέχει ένα μικρό δραστικό πεπτίδιο, εφαρμογή πρωτεολυτικών ενζύμων ή πρωτεασών ή πρωτεΐνασών όπως βρωμελίνη εξαγόμενη από τον ανανά, παπαΐνη από την παπάγια και φικίνη από το σύκο και τέλος τα αρωματικά καρβοξυλικά οξέα, τα οποία όμως φαίνονται αποτελεσματικά για βραχύ χρονικό διάστημα.

Οι καταναλωτές γενικά δείχνουν μια τάση να αποφεύγουν τα τρόφιμα με συντηρητικές ουσίες και αντιλαμβάνονται τα MPV ως προϊόντα με χαρακτηριστικά κοινά με τα ωμά ανεπεξέργαστα προϊόντα. Τα τελικά χαρακτηριστικά του χρώματος, της γεύσης και της υφής επιτυγχάνονται πολλές φορές με τη βοήθεια κάποιων χημικών ουσιών και γι' αυτό μερικοί επεξεργαστές αποφεύγουν να τα χρησιμοποιήσουν, διότι θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι αντιτίθεται στην αποδοχή των MPV ως "φυσικά" προϊόντα. Αυτό αποτελεί έναν λόγο που το ασκορβικό οξύ, το οποίο χρησιμοποιείται προς αποτροπή της καστάνωσης, προτιμάται ν' αναγράφεται ως βιταμίνη C, ενώ επίσης προτιμούνται ουσίες που απαντώνται φυσικά ή που είναι πανομοιότυπες με φυσικά συστατικά, όπως το κιτρικό οξύ.

Οι φυσικές μέθοδοι που συμβάλλουν στον έλεγχο της ενζυματικής καστάνωσης αλλά και γενικά στην επιμήκυνση της εμπορικής ζωής των MPV, είναι η διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιών κατά τα στάδια του χειρισμού, της επεξεργασίας και της συντήρησης, η συσκευασία σε τροποποιημένη/ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, οι εδώδιμες μεμβράνες, η ακτινοβολία με γ ακτίνες και η εφαρμογή υψηλής πίεσης.

Η απώλεια της πράσινης φυσικής χρωστικής των ιστών και η επικράτηση κίτρινων χρωστικών (κιτρίνισμα), είναι μια φυσιολογική διεργασία που προκαλείται λόγω της ωρίμασης και αυτές οι χρωματικές μεταλλαγές μπορούν να επιταχυνθούν από τη δράση του αιθυλενίου. Επιτάχυνση του γηρασμού επιτυγχάνεται και λόγω του μετατραυματικού στρες που προκαλεί αύξηση της αναπνοής, της παραγωγής αιθυλενίου. Δεν έχει ακόμα πλήρως διαλευκανθεί ποιες αντιδράσεις υπεισέρχονται

κατά την απώλεια της χλωροφύλλης στα πράσινα MPV. Κατά την διάρκεια της επεξεργασίας των MPV παρατηρείται έκλυση οξέων και ενζύμων, όπου και τα δύο αυτά μπορεί να εμπλέκονται στην αποικοδόμηση της χλωροφύλλης.

Σε μελέτη που είχε να κάνει με τη βελτίωση της υφής, φρεσκοκομμένες πιπεριές εμβαπτίστηκαν στο χλωριούχο ασβέστιο και συντηρήθηκαν στους 5 και 10°C. Μετά την παρέλευση 4 ημερών είχαν σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα ποιοτικής εμφάνισης αυτές που συντηρήθηκαν στους 5°C και συντηρήθηκαν αξιοπρεπώς μέχρι και την 8^η ημέρα, ενώ αυτές που συντηρήθηκαν στους 10°C παρουσίασαν σημαντική απώλεια χλωροφύλλης (Garcia and Barrett, 2002).

3.5.2. Υφή

Η υφή παίζει σημαντικό ρόλο κατά την εκτίμηση της οπτικής ποιότητας από τον καταναλωτή. Το χρώμα έχει μεγαλύτερο αντίκτυπο στην εκτίμηση, αλλά η υποβάθμιση της ποιότητας παρατηρείται και από αλλοιώσεις στην υφή. Αν και βασικός συντελεστής της υφής είναι γενετικός παράγοντας, ωστόσο άλλοι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η μορφολογία, η κατασκευή του μεσοτοιχίου των κυττάρων, η σπαργή των κυττάρων, το περιεχόμενο νερό και βιοχημικά συστατικά. Αμέσως μετά τη συγκομιδή κρίνεται απαραίτητη η αποθήκευση των οπωροκηπευτικών σε ενδεικνύομενη θερμοκρασία και σχετική υγρασία για διατήρηση της ποιότητας. Η θερμοκρασία κατά την αποθήκευση έχει μέγιστο αντίκτυπο στο περιεχόμενο νερό, την απώλεια βάρους και τη μεταβολική δραστηριότητα. Η φθαρτότητα των ολόκληρων οπωροκηπευτικών είναι ανάλογη της αναπνευστικής δραστηριότητας, ενώ η αναπνοή είναι εντονότερη στα MPV. Κατά την ωρίμαση παρατηρείται μαλάκωμα των ιστών που σχετίζεται με βιοχημικές μεταλλαγές στο κυτταρικό τοίχωμα και εντός του κυττάρου. Αν και ο ακριβής μηχανισμός που οδηγεί στο μαλάκωμα δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως, αποδίδεται σημαντικό μερίδιο ευθύνης στα ηκτηνολυτικά ένζυμα. Για διατήρηση της ποιότητας της υφής γίνεται χρήση διαλυμάτων ασβεστίου – αν και μπορεί να κάνουν πικρή γεύση – σε συνδυασμό με θερμική επεξεργασία και συσκευασία με τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

Το νερό υπάρχει σε μεγάλο ποσοστό στα φρέσκα οπωροκηπευτικά και για τη διατήρηση του πρέπει μετά τη συγκομιδή να αποθηκεύονται σε περιβάλλον που να παρέχεται ανάλογη υγρασία, καθώς η απώλεια του νερού μέσω της διαπνοής δεν αναπληρώνεται. Ακόμα και μικρές απώλειες σε περιεκτικότητα νερού μπορούν να έχουν μεγάλη επίπτωση στην ποιότητα των προϊόντων. Πολλά οπωροκηπευτικά έχουν προστατευτικό κηρώδες λεπτό στρώμα, που τα προστατεύει από την απώλεια νερού. Τα MPV είναι πολύ ευπαθή στην απώλεια ύδατος, λόγω της αφαίρεσης της επιδερμίδας που διατηρεί τη σπαργή και τα προστατεύει από αφυδάτωση. Οι τραυματισμένοι ιστοί λόγω της επεξεργασίας και η έκθεση των εσωτερικών ιστών στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον, οδηγεί σε αφυδάτωση. Η αφυδάτωση μπορεί να λάβει χώρα για ορισμένα MPV, όταν μετά το πλύσιμο των φρεσκοκομμένων προϊόντων γίνει στέγνωμα με φυγοκέντριση για πολλή ώρα ή με μεγάλη ταχύτητα. Γενικά, κατάλληλοι χειρισμοί συμπεριλαμβανομένων της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας, μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τις απώλειες σε νερό, ενώ είναι σημαντικό να περιοριστούν τα αέρια ρεύματα γύρω από τα προϊόντα (Garcia and Barrett, 2002).

3.6. Συσκευασία τροφίμων

3.6.1. Ορισμός

Συσκευασία (αγγλ. Packaging, γαλλ. Emballage, γερμ. Verpackung) σύμφωνα με το Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας (Μπαμπινιώτης, 2002) και το λεξικό “Μείζον Ελληνικό Λεξικό” (Τεγόπουλος – Φυτράκης, 2002), ορίζεται 1) το να συσκευάζει κανείς (κάτι), δηλαδή η τοποθέτηση ή τακτοποίηση σε κουτί ή κιβώτιο για διευκόλυνση της μεταφοράς και 2) το τυποποιημένο περιτύλιγμα εμπορεύματος (με χαρτί κλπ). Ο τεχνολογικός ορισμός της λέξης σύμφωνα με την εγκυκλοπαίδεια Πάπυρος Λαρούς Μπριτάννικα, είναι η τεχνολογία και η μέθοδος κατάλληλης προετοιμασίας ενός αγαθού προς μεταφορά, αποθήκευση και πώληση.

Τώρα όσον αφορά στη συσκευασία τροφίμων (food packaging) ορίζεται το σύνολο των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνουν το σχεδιασμό, την κατασκευή και την τοποθέτηση του προϊόντος σε κατάλληλο περιέκτη (Μπλούκας, 2004b).

3.6.2. Σκοπός Συσκευασίας

Η συσκευασία τροφίμων – όντας η καταλληλότερη ανάλογα με το προϊόν – εξυπηρετεί πολλαπλούς στόχους, όπως:

- Να ενεργεί ως περιέκτης, που επιμερίζει το προϊόν σε ομοιόμορφες μερίδες προς πώληση.
- Να προστατεύει από περιβαλλοντικούς παράγοντες (μηχανικά αίτια, φυσικοί και βιολογικοί παράγοντες), να διατηρεί σταθερή την ποιότητα και να διασφαλίζεται η συντήρηση και η υγιεινή.
- Να αποτρέπει την εσκεμμένη νοθεία, υποκλοπή και να διασφαλίζει τη γνησιότητα του προϊόντος.
- Να προβάλλει την ιδιαιτερότητα του προϊόντος και να προσελκύει την προσοχή του καταναλωτή, παρέχοντας του παράλληλα απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με το προϊόν.
- Να διευκολύνει την εμπορία και να εξασφαλίζει την ευκολία κατά τη διακίνηση.
- Να διευκολύνει τον καταναλωτή στη χρήση του προϊόντος και στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων.
- Να εξασφαλίζει οικονομία χώρου.

Η συσκευασία λειτουργεί παρέχοντας στο προϊόν παθητική προστασία, ενεργώντας ως φράγμα από το γύρω περιβάλλον. Σε κάποιες περιπτώσεις η συσκευασία τροφίμων προσφέρει στο συσκευασμένο προϊόν και ενεργητική προστασία ταυτόχρονα με την παθητική προστασία, όπως στη συσκευασία με τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Μπλούκας, 2004b).

3.6.3. Αρνητικές επιπτώσεις συσκευασιών – προδιαγραφές υλικών συσκευασίας

Πέρα από τη χρησιμότητα της συσκευασίας, υπάρχουν και αρνητικές επιπτώσεις, όπως η αύξηση του κόστους σε ποσοστό επί της αξίας του συσκευασμένου προϊόντος (20% κατά μέσο όρο), αδυναμία εκτίμησης ποιότητας σε περίπτωση πλήρως αδιαφανούς συσκευασίας, κίνδυνος μεταφοράς ουσιών από το υλικό συσκευασίας στο περιεχόμενο υλικό (αφορά στην υγιεινή και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά), μόλυνση του περιβάλλοντος σε περίπτωση που το υλικό συσκευασίας δεν βιο-αποσυντίθεται και δεν ανακυκλώνεται.

Προς επιλογή της ενδεικνυόμενης συσκευασίας τροφίμων, θα πρέπει να πληρούνται κάποια χαρακτηριστικά που αφορούν στη συσκευασία, όπως:

- Να είναι απόλυτα ασφαλής από υγιεινής απόψεως.
- Να είναι εύχρηστη όσον αφορά στο βάρος, στον όγκο και στο σχήμα.
- Να υπάρχει μέριμνα για διαφανές σημείο (μηχανισμός «παραθύρου»), ώστε να εκτιμάται οπτικά η κατάσταση του προϊόντος από τον καταναλωτή.
- Να είναι ελκυστική και εμφανίσιμη προς τον καταναλωτή.
- Να παρέχει στεγανότητα από υδρατμούς και αέρια ή να επιτρέπεται η ελεγχόμενη μεταφορά τους ανάλογα με τη φύση του συσκευασμένου προϊόντος.
- Να παρέχει προστασία από μηχανικά αίτια, φυσικούς και βιολογικούς παράγοντες (τεχνικές προϋποθέσεις)
- Να έχει χαμηλό κόστος παραγωγής και να προέρχεται από εύκολα διαθέσιμο υλικό.
- Να παρουσιάζει καλή προσαρμοστικότητα στα μηχανήματα συσκευασίας.
- Να εξασφαλίζει ερμητικό κλείσιμο, αλλά με ευκολία στο άνοιγμα και δυνατότητα επαναλαμβανόμενου ανοιγοκλεισίματος.
- Να παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τον καταναλωτή.
- Να είναι όσο πιο φιλική για το περιβάλλον και να διευκολύνει το χειρισμό των στερεών αποβλήτων (Μανωλοπούλου, 2003. Μπλούκας, 2004b).

3.6.4. Πληροφορίες αναγραφής επί της συσκευασίας τροφίμων

Τα στοιχεία που κρίνεται υποχρεωτική η αναγραφή τους επί της συσκευασίας τροφίμων είναι τα εξής:

- i. Η ονομασία του προϊόντος και αναφορά για τη φυσική ή επεξεργασμένη κατάσταση του.
- ii. Η σύσταση και η περιεκτικότητα σε βασικά συστατικά και ουσίες, ενώ δεν αναγράφονται σε νωπά οπωροκηπευτικά, τυριά, βούτυρα κλπ.
- iii. Η καθαρή ποσότητα του προϊόντος, εκφρασμένη σε L, cl, ml, g, kg, ακολουθούμενη από το γράμμα e, αν το προϊόν έχει παραχθεί και ακολουθεί τις οδηγίες της E.E. που αφορούν τα μέτρα και σταθμά.

- iv. Η χρονολογία ελάχιστης διατηρησιμότητας, ενώ δεν αναγράφεται σε ορισμένα προϊόντα, όπως νωπά οπωροκηπευτικά, λικέρ, αλάτι, ζάχαρη, προϊόντα ζαχαροπλαστικής κλπ.
- v. Οι ιδιαίτερες συνθήκες διατήρησης, όπως λόγου χάρη ότι διατηρείται εντός ψυγείου.
- vi. Το όνομα και διεύθυνση παρασκευαστή, συσκευαστή ή πωλητή του προϊόντος σε χώρα της Ε.Ε.
- vii. Ο τόπος παραγωγής ή προέλευσης του προϊόντος, σε περίπτωση που υπάρχει κίνδυνος παραπλάνησης του καταναλωτή.
- viii. Οι οδηγίες χρησιμοποίησης του προϊόντος, σε περίπτωση που η παράλειψή τους δεν επιτρέπει στον καταναλωτή τη σωστή χρήση.
- ix. Ο κωδικός αριθμός, που αφορά στα τρόφιμα σε κονσέρβες, κουτιά και περιλαμβάνει την ημερομηνία και το έτος παραγωγής, καθώς και την παρτίδα παραγωγής.

Επιπρόσθετα, μπορεί να αναγράφεται η διατροφική αξία (π.χ. θερμίδες, βιταμίνες, πρωτεΐνες κλπ), ο γραμμωτός κώδικας (bar code, σύστημα επισήμανσης και κωδικοποίησης των προϊόντων) και το σήμα καταλληλότητας (αφορά προϊόντα με βάση το κρέας και το γάλα) (Μπλούκας, 2004b).

3.7 Συσκευασία Με Τροποποιημένη Ατμόσφαιρα

3.7.1. Εισαγωγή

Η συσκευασία με τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Modified Atmosphere Packaging, MAP) ορίζεται ως η συσκευασία ευπαθών τροφίμων, όπου στο εσωτερικό περιβάλλον του περιέκτη έχει γίνει αντικατάσταση του αέρα με αέριο ή μίγμα αερίων, χωρίς περαιτέρω δυνατότητα ρύθμισης της συγκέντρωσης των αερίων.

Η πρώτη μορφή MAP που εφαρμόστηκε εμπειρικά είναι η συσκευασία υπό κενό (vacuum packaging), που χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα για ορισμένα προϊόντα (π.χ. κρέατα, τυριά κλπ, αλλά όχι νωπά). Ο στόχος της παρούσας τεχνολογίας είναι ο περιορισμός της ποιοτικής φθοράς του φρεσκοκομμένου προϊόντος, μειώνοντας όσο περισσότερο δυνατόν την αναπνευστική δραστηριότητα και το μαρασμό. Η MAP επιτυγχάνεται παθητικά με την τοποθέτηση των ΜΡV σε ερμητικά σφραγισμένες ημιπερατές συσκευασίες και ενεργητικά με την αντικατάσταση του αέρα εντός της συσκευασίας με συγκεκριμένο μίγμα αερίων. Για την αντικατάσταση του αρχικού αέρα από τη συσκευασία MAP εφαρμόζονται δύο τεχνικές, όπου η πρώτη περιλαμβάνει διοχέτευση μεγάλης ποσότητας αερίου με πίεση, ώστε να γίνει αντικατάσταση του αέρα (αν και παραμένει περίπου 2-5% O₂) και η δεύτερη τεχνική πραγματοποιείται σε δύο φάσεις, όπου αρχικά εφαρμόζεται κενό αέρος κι έπειτα πραγματοποιείται η διοχέτευση του επιθυμητού μίγματος. Στα πλεονεκτήματα και των δύο τεχνικών συγκαταλέγονται η παράταση διάρκειας ζωής και αρώματος, η δεύτερη τεχνική είναι πιο χρονοβόρα λόγω των δύο φάσεων, αλλά παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα, αφού επιτυγχάνεται πλήρως η απομάκρυνση του O₂.

Το σύστημα της MAP είναι διαδραστικό, επιτρέποντας αλληλεπίδραση μεταξύ των φυσιολογικών παραμέτρων του προϊόντος και των χαρακτηριστικών της

συσκευασίας (Αρβανιτογιάννης & Μποσνέα, 2001; Μπλούκας, 2004b; Tareq & Hotchkiss, 2002).

3.7.2. Αέρια

Τα αέρια που χρησιμοποιούνται στη συντήρηση με τροποποιημένη ατμόσφαιρα είναι κυρίως το οξυγόνο (O_2), το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και το άζωτο (N_2), ενώ έχει διερευνηθεί η δυνατότητα εφαρμογής και άλλων αερίων, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και το διοξείδιο του θείου (SO_2), καθώς και κάποια ευγενή αέρια που βρίσκουν περιορισμένη εφαρμογή, όπως το ήλιο (He), το αργό (Ar) κ.ά. Για τα περισσότερα προϊόντα γίνονται διαφορετικοί συνδυασμοί των δυο ή τριών βασικών αερίων ανάλογα με τις απαιτήσεις του προϊόντος.

Το O_2 μετέχει στο μεταβολισμό των αερόβιων μικροοργανισμών και φυτικών ιστών, καθώς και σε ενζυματικές αντιδράσεις, όπως η οξείδωση ευαίσθητων βιταμινών και αρωμάτων. Διατηρείται σε επιθυμητά επίπεδα για να αποφευχθούν οι αναερόβιες συνθήκες, ενώ επηρεάζεται από τη διαδικασία της επεξεργασίας των MPV, τη θερμοκρασία συντήρησης, την περατότητα της πλαστικής συσκευασίας, το ρυθμό της αναπνοής του προϊόντος. Κατά την απουσία του O_2 , περιορίζεται η ανάπτυξη των αρνητικών κατά Gram βακτηρίων (αερόβιων μικροοργανισμών αλλοίωσης, όπως οι *Pseudomonas*), ενώ αυξάνονται τα θετικά κατά Gram βακτήρια (είδη μικροαερόφιλων, όπως τα *Lactobacillus* ή *Brothothrix*). Οι αναερόβιες συνθήκες έχουν μικρή επίδραση σε προαιρετικώς αναερόβια μικρόβια (θετικά και αρνητικά κατά Gram βακτήρια).

Το CO_2 αποτελεί το πιο σημαντικό αέριο στις εφαρμογές της MAP. Η δράση του είναι ισχυρά ανασταλτική για ορισμένα βακτηριακά στελέχη και ιδιαίτερα για τα παθογόνα. Όσο η θερμοκρασία αυξάνεται, η αντιμικροβιακή του δράση μειώνεται. Όταν η συγκέντρωσή του υπερβεί το 5% παρεμποδίζει την ανάπτυξη πολλών βακτηρίων που προκαλούν τροφική αλλοίωση, ιδιαίτερα των ψυχρόφιλων ειδών. Η αποτελεσματικότητα του εξαρτάται από τον τύπο, τον αριθμό και την ηλικία των μικροοργανισμών, καθώς και από το a_w (ενεργότητα νερού), το pH, τη συγκέντρωση σε CO_2 του προϊόντος και τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Το N_2 είναι αδρανές αέριο και παρουσιάζει πολύ μικρή διαλυτότητα στο νερό και στο λίπος, ενώ χρησιμοποιείται για αντικατάσταση του O_2 , προς επιβράδυνση της οξείδωσης και της τάγγισης, αφού επιβραδύνει την ανάπτυξη αερόβιων μικροοργανισμών αλλοίωσης. Επιπρόσθετα, το N_2 μπορεί να δράσει επιτυχώς ως πληρωτικό υλικό και να εμποδίσει την «κατάρρευση» της συσκευασίας και ειδικότερα σε τρόφιμα που απορροφούν CO_2 .

Η επιλογή από τις κατηγορίες μιγμάτων γίνεται με βάση τη φύση της συσκευασίας τροφίμων με στόχο τη μέγιστη δυνατή επιμήκυνση του χρόνου συντήρησης του συσκευασμένου προϊόντος χωρίς να ενέχεται κίνδυνος για την υγεία του καταναλωτή (Αρβανιτογιάννης & Μποσνέα, 2001; Μπλούκας, 2004b; Tareq & Hotchkiss, 2002).

3.7.3. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα MAP

Στα πλεονεκτήματα της MAP συμπεριλαμβάνονται τα εξής:

- ✓ Παράταση διάρκειας ζωής (50-70%)
- ✓ Διεύρυνση της διανομής των προϊόντων με μειωμένο κόστος, λόγω των λιγότερο συχνών διανομών
- ✓ Παροχή προϊόντων υψηλής ποιότητας
- ✓ Ελκυστικότερη παρουσίαση – καλύτερος περιμετρικός έλεγχος του προϊόντος
- ✓ Ελάχιστη ή καμία ανάγκη για χρήση χημικών συντηρητικών
- ✓ Υγιεινή συσκευασία με ερμητικό σφράγισμα

Στα μειονεκτήματα περιλαμβάνονται τα παρακάτω:

- * Επιπρόσθετο κόστος (υψηλό κόστος κεφαλαίου για αναγκαίο εξοπλισμό για MAP, των αερίων, των αναλυτικών οργάνων για τον έλεγχο της σύνθεσης αερίων, των υλικών συσκευασίας και του συστήματος διασφάλισης ποιότητας για αποφυγή διαρροών)
- * Επιβλητός έλεγχος της θερμοκρασίας
- * Διαφορετικά μίγματα αερίων ανάλογα με το προϊόν
- * Αναγκαίος ειδικός εξοπλισμός και κατάλληλη εκπαίδευση
- * Ασφάλεια προϊόντων
- * Αυξημένος όγκος της συσκευασίας επηρεάζει δυσμενώς το κόστος μεταφοράς και τις απαιτήσεις σε χώρο προς έκθεση του προϊόντος
- * Απώλεια κάθε θετικής επίδρασης σε περίπτωση που η συσκευασία διαρρηχθεί ή παρουσιάσει διαρροές
(Αρβανιτογιάννης & Μποσνέα, 2001; Finn, 1997; Μπλούκας, 2004b; Sivertsvik et al., 2002).

3.7.4. Μικροβιολογική ασφάλεια της συσκευασίας MAP

Η ανάπτυξη των περισσότερων βακτηρίων, ειδικότερα των ψυχρότροφων, που είναι υπεύθυνα για την αλλοίωση των τροφίμων, παρεμποδίζεται από το CO₂ σε συγκεντρώσεις 5-50% κατ' όγκο, ενώ η δράση του είναι αποτελεσματικότερη σε συγκέντρωση 20-30% και σε χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης με ψύξη. Γενικά, τα παθογόνα βακτήρια είναι λιγότερο ευαίσθητα από τα αρνητικά κατά Gram βακτήρια. Οι περισσότεροι μύκητες για να επιβιώσουν χρειάζονται την παρουσία O₂ και χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερη ευαισθησία σε υψηλά ποσοστά CO₂. Πολλές ζύμες είναι ικανές ν' αναπτυχθούν με πλήρη απουσία O₂ και στην πλειοψηφία τους είναι ανθεκτικές στο CO₂.

Οι υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ σε συνδυασμό με την ελάττωση της θερμοκρασίας, αποτελούν επαυξημένο παράγοντα παρεμπόδισης και αναστολής στα *Staphylococcus aureus*, είδη *Salmonella*, *Escherichia coli* και *Yersinia enterocolitica*. Ωστόσο, σε θερμοκρασίες <5°C δεν αναστέλλεται πλήρως η δράση των

μικροοργανισμών *Clostridium botulinum* τύπου E, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, εντεροτοξigenική *Escherichia coli* και *Aeromonas Hydrophilia*. Αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες λίγο υψηλότερες των 5°C τα *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Bacillus cereus* και τα είδη *Salmonella*, ενώ χρήζει προσοχής η *Listeria monocytogenes*, που αναπτύσσεται σε σχετικά αντίξοες συνθήκες, δηλαδή παρουσίας μικρής ποσότητας O₂ και χαμηλών θερμοκρασιών. Γενικά, ενδείκνυται η αποθήκευση του προϊόντος σε χαμηλές θερμοκρασίες (<3,3°C) και με CO₂ τουλάχιστον 2%, προς αποφυγή μόλυνσης με *Clostridium botulinum* τύπου E. Ανάλογα με το παθογόνο βακτήριο μπορεί να προκληθεί νευρομυϊκή παράλυση, διάρροια, γενική μόλυνση συστήματος κλπ.

Τα ψυχρότροφα παθογόνα είναι προαιρετικώς αναερόβια, έτσι ώστε η συσκευασία MAP δεν προσφέρει απαραίτητα τρόπους καταστολής της ανάπτυξης τους. Τα *E. coli*, *Y. enterocolitica* και *A. hydrophila* μπορούν να εξολοθρευτούν με τη διαδικασία της παστερίωσης, ενώ το *L. monocytogenes* μπορεί να ελεγχθεί όταν το pH κυμαίνεται κάτω από 5.6 (Αρβανιτογιάννης & Μποσνέα, 2001; Brody, 1989; Μπλούκας, 2004a).

3.7.5. Υλικά Συσκευασίας MAP και εξοπλισμός

Μεμβράνες πολυμερών (πλαστικών) που χρησιμοποιούνται στην MAP είναι οι εξής:

- ☞ Πολυαιθυλένιο (PE):
 - Χαμηλής πυκνότητας (LDPE)
 - Υψηλής πυκνότητας (HDPE)
 - Γραμμικό χαμηλής πυκνότητας (LLDPE)
 - Συμπολυμερή αιθυλενίου:
 - Αιθυλενοξικός βινυλεστέρας (EVA)
 - Αιθυλενο-βινυλική αλκοόλη (EVOH)
- ☞ Πολυπροπυλένιο (PP):
 - Προσανατολισμένο (OPP)
 - Επικαλυμμένο με πολυβινυλιδενοχλωρίδιο (PVDC)
 - Μεταλλίζε
- ☞ Πολυβινυλιδενοχλωρίδιο (PVDC)
- ☞ Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)
- ☞ Πολυστυρόλιο (PS)
- ☞ Πολυακρυλονιτρίλιο (PAN)
- ☞ Πολυεστέρες
 - Πολυτερεφθαλικός αιθυλεστέρας (PET ή PETE):
 - Άμορφη δομή (APET)
 - Κρυσταλλική δομή (CPET)
- ☞ Πολυαμίδια ή Νάιλον (Nylon, PA):
 - Nylon 6
 - Nylon 6.6
 - Nylon 11

Περίπου το 56% κατά βάρος των πλαστικών που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία τροφίμων είναι PE.

Το LDPE παρουσιάζει τη μεγαλύτερη εφαρμογή στη συσκευασία τροφίμων, λόγω του χαμηλού κόστους και της ευκαμπτότητας που παρουσιάζει, ενώ θεωρείται ως το πλέον αδρανές πλαστικό υλικό, όπου με κατάλληλους χειρισμούς καθίσταται εντελώς ακίνδυνο.

Το HDPE παρουσιάζει μικρότερη διαπερατότητα σε αέρια και μεγαλύτερη μηχανική αντοχή σε σχέση με το LDPE. Το LLDPE έχει κερδίσει έδαφος τελευταία καθότι συνδυάζει οπτικές και θερμοσυγκολλητικές ιδιότητες του LDPE και τις μηχανικές ιδιότητες καθώς και την ικανότητα για αντοχή του HDPE.

Ο EVA χρησιμοποιείται ως συγκολλητικό μέσο στη κατασκευή πολύφυλλων μεμβρανών που παρουσιάζουν δυσκολίες στη συγκόλλησή τους.

Το υλικό EVOH χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσο στρώμα σε πολύφυλλη μεμβράνη, λόγω της ευαισθησίας που παρουσιάζει στην υγρασία, ενώ ενδείκνυται για τη συσκευασία τροφίμων με ευαίσθητα στις οξειδώσεις λόγω επίδρασης οξυγόνου.

Το PP χρησιμοποιείται μόνο ως συγκολλητικό μέσο, ενώ μαζί με το OPP χρησιμοποιούνται στην κατασκευή εύκαμπτων και δύσκαμπτων περιεκτών.

Το PVDC σχηματίζει μεμβράνες με τη χαμηλότερη διαπερατότητα σε υδρατμούς και αέρια, ενώ έχει εξαιρετική ικανότητα προσκόλλησης και δύναται να χρησιμοποιηθεί προς επικάλυψη υλικών.

Το PVC έχει την ιδιότητα να τεντώνεται και να συρρικνώνεται ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες και παρουσιάζει πολύ καλή στεγανοποίηση.

Το PS είναι ένα θερμοπλαστικό με υψηλή μηχανική αντοχή, σχετικά εύθρυπτο, υψηλή διαπερατότητα, μαλακώνει σε χαμηλή θερμοκρασία και ευαίσθητο στις προσκρούσεις.

Το PAN έχει εξαιρετική στεγανοποιητική ικανότητα με περιορισμένη όμως αντοχή στα χτυπήματα. Γενικά, χρησιμοποιείται σπάνια.

Ο PET αποτελεί σπουδαίο υλικό για συσκευασία τροφίμων, λόγω της υψηλής μηχανικής αντοχής και της χημικής αδράνειας από -70° έως 135°C . Στη MAP συσκευασία χρησιμοποιείται σε πολύφυλλες μεμβράνες και αφού έχει υποστεί τάνυση, ενώ πλεονέκτημα αποτελεί ότι το τύπωμα της επισήμανσης γίνεται με ευχέρεια.

Το APET είναι διαυγές και δέχεται προσανατολισμό προς απόκτηση απαιτούμενης αντοχής, ενώ το CPET είναι αδιαφανές και χρησιμοποιείται για την κατασκευή δίσκων και πιάτων, τα οποία επιδέχονται θέρμανση σε φούρνους μικροκυμάτων.

Τα PA έχουν παρόμοιες ιδιότητες και εφαρμογές με τον PET. Σε MAP χρησιμοποιούνται συνήθως μαζί με PE ως πολύφυλλες μεμβράνες, κυρίως σε καπάκια ή καλύμματα συσκευασιών (Αρβανιτογιάννης & Μποσνέα, 2001; Μπλούκας, 2004b).

Το προσανατολισμένο πολυπροπυλένιο (OPP) αποτελεί το πιο πολυχρησιμοποιούμενο υλικό για την MAP. Κάποιες μελέτες ωστόσο προτείνουν την εφαρμογή μεμβρανών με μικρές οπές για να αποφευχθούν οι αναερόβιες συνθήκες, ενώ άλλες προτείνουν μεμβράνες επενδυμένες με κεραμικό υλικό (Tareq & Hotchkiss, 2002).

Κατάλληλα υλικά για τη συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας είναι τα εξής:

- ▲ Πλαστικές μεμβράνες

- ▲ Πολύφυλλες ή πολυστρωματικές μεμβράνες (laminates) και οι μεμβράνες συνεξώθησης (coextruded films)
- ▲ Ημιδύσκαμπτοι πλαστικοί περιέκτες (δίσκοι, κύπελλα, σκαφάκια, κ.ά.)

Το συνθετικό πλαστικό είναι το υλικό από το οποίο κατασκευάζονται οι συσκευασίες MAP. Τα πλαστικά είναι πολυμερή και για τη συσκευασία MAP χρησιμοποιούνται θερμοπλαστικά πολυμερή, δηλαδή πολυμερή που βαθμιαία μαλακώνουν με την αύξηση της θερμοκρασίας και τήκονται από τη ψύξη. Επίσης, τα θερμοπλαστικά πολυμερή χαρακτηρίζονται ως γραμμικά πολυμερή, καθώς αποτελούνται από μακρομόρια που επεκτείνονται μόνο προς μια κατεύθυνση. Τα θερμοπλαστικά πολυμερή πολύ εύκολα μορφοποιούνται σε μεμβράνες ή φύλλα.

Μεμβράνη (film) είναι ο λεπτός υμένας πλαστικού με πάχος μικρότερο από 0.1mm, κατ' άλλους 0.25mm ή 15mils=0.375mm. Σε περίπτωση που ξεπερνιούνται αυτά τα όρια πάχους, τότε χαρακτηρίζονται ως φύλλα (sheets).

Πολύφυλλες ή πολυστρωματικές μεμβράνες είναι οι μεμβράνες που αποτελούνται από αλληπάλληλα στρώματα πλαστικών μεμβρανών σε συνδυασμό ή χωρίς με άλλα εύκαμπτα υλικά συσκευασίας, όπως το φύλλο αλουμινίου και το χαρτί. Οι πολύφυλλες μεμβράνες συνδυάζουν ιδιότητες που δε θα μπορούσαν να έχουν οι απλές μεμβράνες από μόνες τους.

Οι μεμβράνες συνεξώθησης αποτελούνται από δύο ή περισσότερα στρώματα διαφορετικών πλαστικών μεμβρανών, τα οποία εξέρχονται ταυτόχρονα από κοινή μήτρα εξωθητή, με αποτέλεσμα να αποτελούν μια ενιαία μεμβράνη. Η διαφορά τους με τις πολύφυλλες μεμβράνες έγκειται στον τρόπο κατασκευής και στο ότι δεν περιλαμβάνουν άλλα εύκαμπτα υλικά. Τα τέσσερα βασικά πλεονεκτήματα τους έναντι των πολύφυλλων μεμβρανών είναι η άριστη στεγανότητά τους σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος, είναι λεπτότερες με ελαφρώς μεγαλύτερο πάχος από μια απλή μεμβράνη, τα στρώματα μεταξύ τους αποτελούν ένα ενιαίο σώμα και τέλος δύνανται να μορφοποιηθούν σε κύπελλα, σωληνάρια και δίσκους προς χρησιμοποίηση σε συσκευασίες διαφόρων τροφίμων.

Οι ημιδύσκαμπτοι πλαστικοί περιέκτες κατασκευάζονται με τις εξής μεθόδους: α) θερμομορφοποίηση, β) έγχυση σε καλούπι και μορφοποίηση με υψηλή πίεση, και γ) μορφοποίηση σε καλούπι προσχηματισμένου προπλάσματος (με αέρα υπό πίεση και τέντωμα μαζί με αέρα υπό πίεση)

Οι προϋποθέσεις όσον αφορά στις ιδιότητες για επιλογή του πλαστικού συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας, είναι:

- * Η καταλληλότητα του για τα τρόφιμα (χωρίς την μεταφορά ουσιών στα τρόφιμα σε μεγαλύτερα επίπεδα από τα επιτρεπόμενα).
- * Στεγανότητα ή ελεγχόμενη περατότητα για υδρατμούς και αέρια ανάλογα με τις απαιτήσεις του προϊόντος.
- * Ελκυστική εμφάνιση και διαφανές σημείο για οπτικό έλεγχο.
- * Αντοχή από σκισίματα.
- * Αντιθαμβωτικές ιδιότητες προς αναχαίτιση της συμπύκνωσης υδρατμών στην εσωτερική πλευρά της συσκευασίας (με επικάλυψη χημικών ουσιών επί της εσωτερικής επιφάνειας του περιέκτη, όπως εστέρες λιπαρών οξέων).
- * Ικανότητα για εξασφάλιση ισχυρής θερμοσυγκόλλησης προς αποφυγή διαρροών.

Οι περιέκτες και ο αντίστοιχος εξοπλισμός τους, που χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία MAP διακρίνονται σε τρεις τύπους: α) περιέκτες από θερμομορφοποίηση μεμβράνης (κύπελλα ή δίσκοι που κατασκευάζονται σε μηχανές με σύστημα έγχυσης αερίου μίγματος μετά τη δημιουργία κενού και πριν το ερμητικό κλείσιμο του περιέκτη), β) περιέκτες σε σακίδια τύπου μαξιλάρι, που κατασκευάζονται σε μηχανές όπου η πλαστική μεμβράνη διαμορφώνεται σε συνεχή σωλήνα, στον οποίο εισέρχεται το προϊόν και εκδιώκεται ο περιβαλλόμενος αέρας του προϊόντος με ρεύμα αερίου, ενώ πριν σφραγιστεί ο περιέκτης εγχέεται από ειδικό ακροφύσιο το μίγμα αερίων. γ) προκατασκευασμένοι περιέκτες με βαλβίδα, όπου έχουν μορφή σακκούλας με ειδική βαλβίδα και η σφράγιση του περιέκτη γίνεται με θερμοσυγκόλληση, ενώ μέσω της προσαρμογής ειδικής συσκευής επί της βαλβίδας, δημιουργείται κενό και εγχέεται το αέριο μίγμα πριν το κλείσιμο (Μπλούκας, 2004b).

3.7.6. MPV σε Συσκευασία MAP

Την πιο μελετημένη μέθοδο συσκευασίας για τα MPV, αποτελεί η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας, όπου οι μεταβολικές διεργασίες ελαττώνονται με την διοχέτευση εντός της συσκευασίας χαμηλών επιπέδων οξυγόνου (3-5%) και/ή με υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα (3-8%), με αποτέλεσμα το μειωμένο ρυθμό φθοράς. Ο ρυθμός των μεταβολικών αντιδράσεων τριπλασιάζεται ή τετραπλασιάζεται για κάθε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10°C, ενώ ενδεικνύομενη θερμοκρασία διακίνησης και συντήρησης είναι 0-5°C. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα δύναται να δημιουργηθεί παθητικά μέσω της φυσιολογικής αναπνοής ή ενεργητικά με εμφύσηση αερίων εντός της συσκευασίας. Η ισορροπημένη ατμόσφαιρα στη συσκευασία MAP λαμβάνει χώρα εφόσον το οξυγόνο υπολογίζεται σύμφωνα με την καταναλισκόμενη ποσότητα σε οξυγόνο ανάλογα πάντα με το προϊόν (Gómez-López, 2006; Μπλούκας, 2004b). Το πιο σημαντικό ζήτημα με την αναπνοή είναι να εντοπιστεί η ελάχιστη τιμή του O₂, που δεν υποβαθμίζει την ποιότητα ή να υπολογιστεί σε ποια τιμή O₂, η αναερόβια διαδικασία λαμβάνει κυρίαρχο ρόλο στην αναπνοή (Watada et al., 1996).

Η επίδραση της θερμοκρασίας διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία της συσκευασίας MAP, ενώ επηρεάζει την αλληλεπίδραση τριών μεταβλητών, όπως τη μεταβολή της αναπνοής (Q₁₀), την ταυτόχρονη διαφοροποίηση της περατότητας της μεμβράνης και την ανεκτικότητα των οπωροκηπευτικών σε υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ και χαμηλές συγκεντρώσεις O₂ (Prince, 1989).

Στη συσκευασία MAP πρέπει να επιτευχθεί περιορισμός της ανταλλαγής αερίων, με στόχο τη μείωση της αερόβιας αναπνοής, που συντελεί στην επέκταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος. Δεν πρέπει ποτέ να επέλθει πλήρης εμπόδιση της αερόβιας αναπνοής, διότι θα λάβει χώρα η αναερόβια, που συντελεί στην μετατροπή των σακχάρων και των οργανικών οξέων σε διοξείδιο του άνθρακα, αλκοόλη, ακεταλδεΐδη και άλλες οργανικές ουσίες, με συνέπεια την τάχιστα αλλοίωση του προϊόντος. Συνεπώς, η συσκευασία MAP για οπωροκηπευτικά πρέπει να έχει εκλεκτική περατότητα, ώστε να επιτρέπει την ελεγχόμενη περατότητα σε αέρια. Χαμηλότερη συγκέντρωση O₂ (< 2%) οδηγεί σε αναερόβια αναπνοή ανάλογα με το προϊόν, ενώ υψηλότερες συγκεντρώσεις CO₂ προκαλούν ζημιά για ορισμένα προϊόντα. Η παρουσία O₂ σε συνιστώμενη χαμηλή συγκέντρωση εμποδίζει την ανάπτυξη του *C. botulinum*, αλλά δεν εξαλείφεται ο κίνδυνος ανάπτυξης παθογόνων,

όπως της *Listeria monocytogenes*, σε χαμηλές θερμοκρασίες (0°C), γι' αυτό και συστήνεται να τηρούνται κανόνες υγιεινής καθ' όλη τη διάρκεια προετοιμασίας και συσκευασίας (Gómez-López, 2006; Μπλούκας, 2004b).

Προτεινόμενη θερμοκρασία και περιεκτικότητα αερίων, με μέτρια αποτελεσματικότητα, σε κύβους πιπεριάς είναι θερμοκρασία 0-5° C, οξυγόνο 3% και διοξείδιο του άνθρακα 5-10% (Gorny, 2001).

Το σημαντικότερο μειονέκτημα των πολυμερών μεμβρανών, που χρησιμοποιούνται στην MAP, είναι ότι εμποδίζουν σε μεγαλύτερη κλίμακα το CO₂ απ' ότι το O₂. Η αναλογία CO₂ - O₂ του συντελεστή περατότητας είναι 4-6:1 και μπορεί να συντελέσει στη μείωση του χρόνου ζωής των προϊόντων, λόγω της μη διατήρησης της απαιτούμενης αναλογίας του μίγματος αερίων εντός του περιέκτη και αυτό αντιτίθεται στο σκοπό της εφαρμογής της MAP στις συσκευασίες (Tareq & Hotchkiss, 2002).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4.1 Υλικά και Μέθοδοι

Πιπεριές (*Capsicum annuum* var. *annuum* L.), ποικιλίας Twingo F1, συγκομίστηκαν στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο μετασυλλεκτικών –μετασυγκομιστικών χειρισμών και τυποποίησης, δύο ώρες μετά τη συλλογή τους.

Στο εργαστήριο αρχικά, έγινε διαλογή των καρπών ως προς το χρώμα, το βάρος και το μέγεθος. Καρποί καχεκτικοί, με ανοιχτό χρώμα, που δεν είχαν φτάσει σε επίπεδο εμπορικής ωριμότητας, καρποί σε προχωρημένο στάδιο ωρίμασης (πρασινοκόκκινοι), καθώς και καρποί με δυσμορφίες, πληγωμένοι ή με ίχνη προσβολών, απομακρύνθηκαν.

Στη συνέχεια, ακολούθησε πλύσιμο των πιπεριών και κοπή τους σε ροδέλες πλάτους 1εκ. Η κοπή πραγματοποιήθηκε με κοφτερά μαχαίρια, για όσο το δυνατόν μικρότερη βλάβη των ιστών. Οι φρεσκοκομμένες πιπεριές απολυμάνθηκαν για 2 λεπτά της ώρας, με νερό θερμοκρασίας 5°C, που περιείχε 200ppm χλωρίου (NaClO 4,8 %). Ακολούθησε στέγνωμα με απορροφητικό χαρτί και συσκευασία σε πλαστικές συσκευασίες διαστάσεων 20x25cm.

Οι πλαστικές συσκευασίες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αδιαπέρατο film πολυαιθυλενίου πάχους 32μm και PVC πάχους 13μm. Το βάρος κάθε συσκευασίας ήταν περίπου 100±2g.

Στις συσκευασίες με αδιαπέρατο film PE, έγινε εμφύσηση αέριου μίγματος γνωστών αναλογιών (O₂% – CO₂% – N₂%). Για τη δημιουργία «ενεργού» τροποποιημένης ατμόσφαιρας, χρησιμοποιήθηκε μείκτης αερίων (Gas mixer, PBI Dansensor) και το κλείσιμο των συσκευασιών έγινε με κλειστικό μηχάνημα κενού (Multivac). Οι συσκευασίες με PVC έγιναν με τη βοήθεια θερμαινόμενης πλάκας (AP-500 E2).

Δημιουργήθηκαν 8 ομάδες των 28 συσκευασιών ανά ομάδα, κατά τον ακόλουθο τρόπο:

- * Ομάδα I: Συσκευασία σε αδιαπέρατο film πολυαιθυλενίου, έγχυση αέριου μίγματος 5%O₂ – 10%CO₂ – 85%N₂. Συντήρηση 0°C. (Χειρισμός 1)
- * Ομάδα II: Συσκευασία σε αδιαπέρατο film PE, έγχυση αέριου μίγματος 5%O₂ – 15%CO₂ – 80%N₂. Συντήρηση 0°C. (Χειρισμός 2)
- * Ομάδα III: Συσκευασία σε αδιαπέρατο film PE με 1 τρύπα 8mm. Συντήρηση 0°C. (Χειρισμός 3)
- * Ομάδα IV: (μάρτυρας) Συσκευασία με PVC. Συντήρηση 0°C. (Χειρισμός 4)

- * Ομάδα V: Συσκευασία σε αδιαπέρατο film PE, έγχυση αερίου μίγματος 5%O₂ – 10%CO₂ – 85%N₂. Συντήρηση 5°C. (Χειρισμός 1)
- * Ομάδα VI: Συσκευασία σε αδιαπέρατο film PE, έγχυση αερίου μίγματος 5%O₂ – 15%CO₂ – 80%N₂. Συντήρηση 5°C. (Χειρισμός 2)
- * Ομάδα VII: Συσκευασία σε αδιαπέρατο film PE με 1 τρύπα 8mm. Συντήρηση 5°C. (Χειρισμός 3)
- * Ομάδα VIII: (μάρτυρας) Συσκευασία με PVC. Συντήρηση 5°C. (Χειρισμός 4)

Σε 10 συσκευασίες ανά ομάδα τοποθετήθηκαν 2 septum για να παίρνεται αέριο δείγμα με την βοήθεια υποδερμικής βελόνας. Η ανάλυση των αερίων πραγματοποιείται καθημερινά με τη βοήθεια συσκευής Checkmate 9900.

Οι συνθήκες συντήρησης ήταν 0°C με 90% HR και 5°C με 90% HR. Η διάρκεια της συντήρησης ήταν 13 ημέρες. Κατά τακτά χρονικά διαστήματα, ήτοι την 3^η, 6^η, 10^η και 13^η ημέρα, γίνονταν μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν: απώλεια βάρους, υφή (σκληρότητα), χρώμα (L*, C*, h*), περιεκτικότητα σε βιταμίνη C και περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (brix), ενώ πραγματοποιήθηκε και οργανοληπτική αξιολόγηση.

Το πείραμα έλαβε χώρα τρεις φορές. Τα πειραματικά δεδομένα των τριών επαναλήψεων αναλύθηκαν στατιστικά με τη μέθοδο της παράλλαξης και οι Μ.Ο. συγκρίθηκαν με την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD για p=0.05). Το στατιστικό πακέτο, με το οποίο πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων, ήταν το Statgraphics plus v.5.1.

4.2 Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών

4.2.1 Απώλεια βάρους

Οι μετρήσεις γινόντουσαν σε 10 συσκευασίες ανά θερμοκρασία και χειρισμό την 0, 3^η, 6^η, 8^η, 10^η και 13^η ημέρα. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας Kern 440-45 (max 600g, d=0,1g) και η απώλεια βάρους εκφράσθηκε επί τοις % του αρχικού βάρους.

4.2.2 Υφή (σκληρότητα)

Η σκληρότητα της φρεσκοκομμένης πιπεριάς μετρήθηκε με κύτταρο krammer του οργάνου Texture Analyzer TAXT 2i. Οι μετρήσεις γινόντουσαν στην αρχή του πειράματος και στην συνέχεια την 3^η, 6^η, 10^η, και 13^η ημέρα σε 6 δείγματα των 10gr ανά χειρισμό και θερμοκρασία. Η δύναμη που απαιτήθηκε για το σπάσιμο της φρεσκοκομμένης πιπεριάς εκφράσθηκε σε Newton (N).

4.2.3 Το χρώμα

Το χρώμα της φρεσκοκομμένης πιπεριάς προσδιορίστηκε: α) στο σύνολο του κάθε δείγματος, β) στις τομές των δαχτυλιδιών της πιπεριάς (σημείο το οποίο αποχρωματίζεται εύκολα), γ) στο χυμό, που λήφθηκε κατόπιν διήθησης της πούλπας της πιπεριάς που προέκυψε με εργαστηριακό blender. Για τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκε χρωματόμετρο Minolta CR-300. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στην αρχή του πειράματος σε 12 δείγματα ανά χειρισμό και στη συνέχεια την 3^η, 6^η, 10^η και 13^η ημέρα σε 6 δείγματα ανά ομάδα σε 3 διαφορετικές θέσεις για την α και β περίπτωση προσδιορισμού και σε 1 θέση για το χυμό. Στην αρχή των μετρήσεων το όργανο ρυθμιζόταν με πλάκα βαθμονόμησης (Y =92,6, X=0,3135, Y=0,3193) και η χρωματική κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε ήταν (L*, C*, h*).

Το L* (lightness) είναι η φωτεινότητα (μαύρο 0, λευκό 100), αναφέρεται δηλαδή στη σχέση του ανακλώμενου και του απορροφώμενου φωτός. Ο όρος C* (chroma), αναφέρεται στην καθαρότητα κάθε χρώματος, δηλαδή πόσο έντονο είναι κάθε χρώμα και πόσο διαφέρει από το γκρι και υπολογίζεται βάσει του τύπου $C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$. Το h* (hue) αναφέρεται στην απόχρωση και λαμβάνει τιμές από 0 μέχρι 360°. (0°=κόκκινο, 90°= κίτρινο, 180°= πράσινο, 270°= μπλε, 360°=κόκκινο)

4.2.4 Περιεκτικότητα σε βιταμίνη C

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C, προσδιορίστηκε ογκομετρικά με δείκτη 2,6 διχλωροφαινόλινδοφαινόλη σύμφωνα με το AOAC πρωτόκολλο και εκφράστηκε σε mg/100g φρέσκου βάρους. Οι μετρήσεις έγιναν στην έναρξη του πειράματος (αρχή συντήρησης) σε 10 δείγματα και στο τέλος του πειράματος σε 6 δείγματα ανά χειρισμό.

4.2.5 Περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (brix)

Η μέτρηση της περιεκτικότητας σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά πραγματοποιήθηκε με φορητό, ηλεκτρονικό διαθλασίμετρο (Abbe refractometer Ast Co), που έδινε ψηφιακή ένδειξη και εκφράστηκε σε Brix (%). Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα στην έναρξη του πειράματος σε 10 δείγματα και στο τέλος σε 6 δείγματα ανά χειρισμό.

4.2.6 Συνολική αξιολόγηση

Η αξιολόγηση έγινε από ομάδα 3 κριτών σε κάθε άνοιγμα (ημέρα 3^η, 6^η, 10^η, 13^η) σε 6 συσκευασίες ανά χειρισμό. Η κλίμακα βαθμολόγησης ήταν 9-1, όπου 9 άριστα, 5 ελάχιστα αποδεκτό προς κατανάλωση (όριο προ πώληση) και 1 μη εδώδιμο.

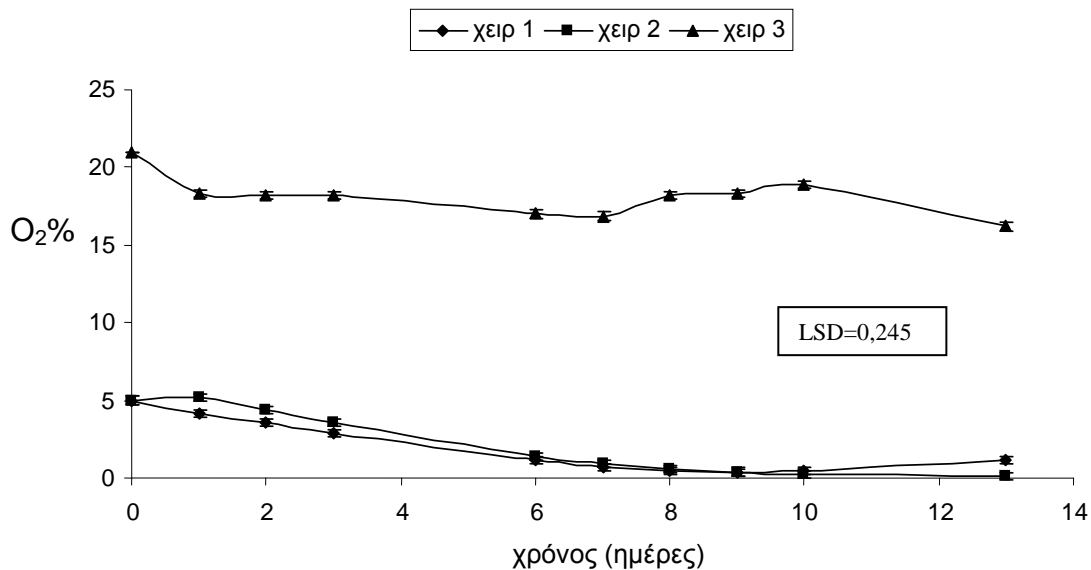
4.2.7 Αξιολόγηση για αφυδάτωση

Έγινε παράλληλα με τη συνολική αξιολόγηση και με κλίμακα 1-5, όπου 1 άριστη κατάσταση και 5 πλήρης αφυδάτωση.

4.3 Αποτελέσματα

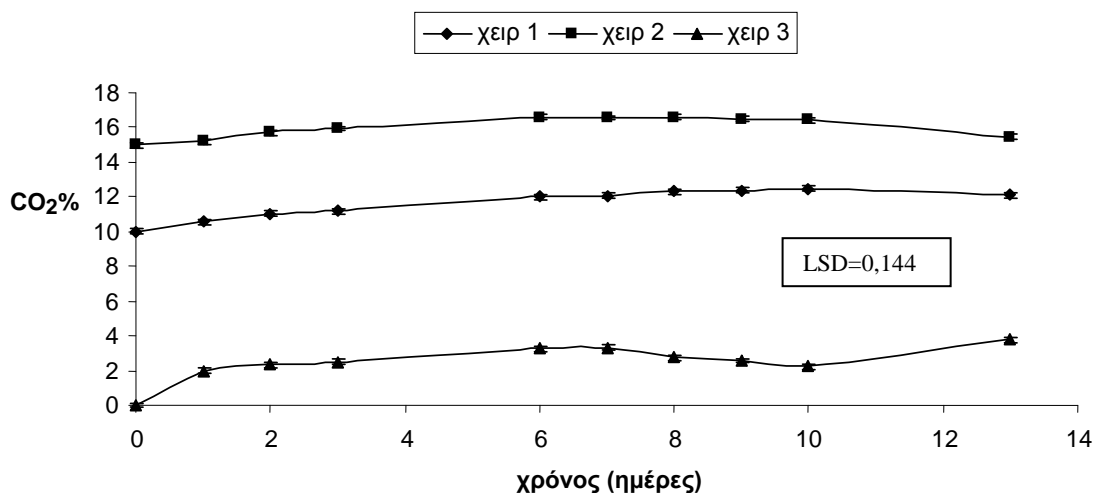
4.3.1 Μεταβολή εσωτερικών αερίων

i) Στους 0°C



Σχήμα 1. Μεταβολή της συγκέντρωσης του οξυγόνου (O₂) εντός των πλαστικών συσκευασιών κομμένης πιπεριάς στους 0°C.

Στο σχήμα 1, απεικονίζεται η διακύμανση του οξυγόνου (O₂%) στο εσωτερικό των πλαστικών συσκευασιών σε θερμοκρασία 0°C. Παρατηρείται μια σταδιακή πτώση του οξυγόνου κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Στην περίπτωση των χειρισμών 1 και 2, επέρχεται σταθεροποίηση κατά την 8^η ημέρα. Στο τέλος της συντήρησης τόσο ο χειρισμός 1 όσο και ο χειρισμός 2 πρακτικά παρουσιάζουν έλλειψη O₂. Στην περίπτωση του χειρισμού 3, διακρίνουμε πτώση των τιμών του οξυγόνου από την πρώτη κιόλας μέρα χωρίς να παρατηρείται σταθεροποίηση καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης. Από τη στατιστική ανάλυση δεν προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των χειρισμών 1 και 2. Σημαντικές στατιστικές διαφορές παρατηρήθηκαν για τον 3^ο χειρισμό.

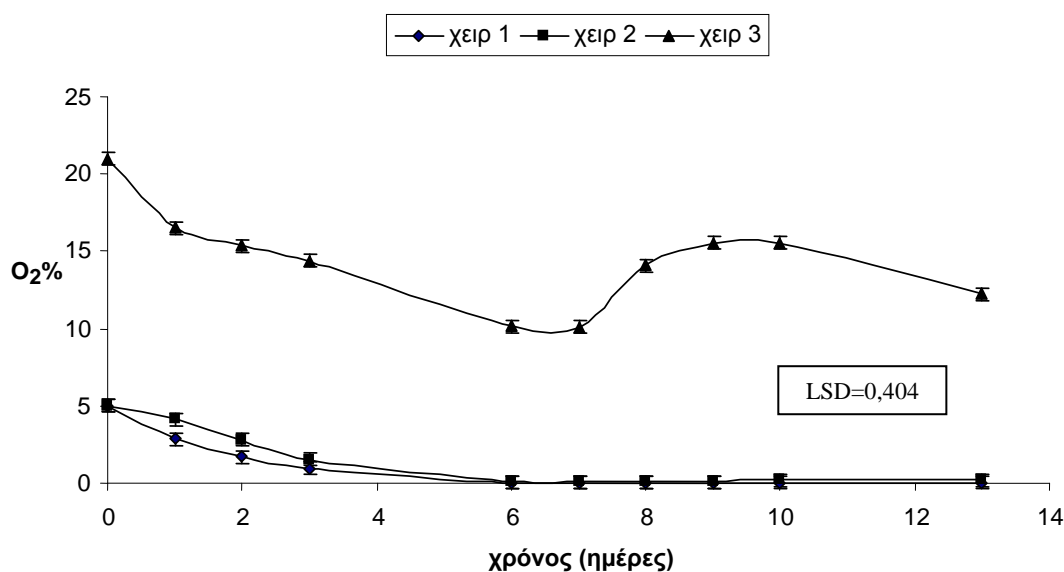


Σχήμα 2. Μεταβολή της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στο εσωτερικό των πλαστικών συσκευασιών κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C.

Στο σχήμα 2, παρατηρούμε την μεταβολή της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) κατά τη διάρκεια της συντήρησης (13 ημέρες), εντός των συσκευασιών στους 0°C.

Παρατηρούμε μια ελαφρώς ανοδική τάση των τιμών σε όλες τις περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, στους χειρ. 1 και 2, διακρίνουμε μικρή άνοδο και σταθεροποίηση την 6^η – 7^η ημέρα στο ποσοστό του 12% και 16,5% αντίστοιχα. Στην περίπτωση του χειρ. 3, παρατηρείται αύξηση των τιμών και σταθεροποίηση την 3^η ημέρα στο επίπεδο του 2%.

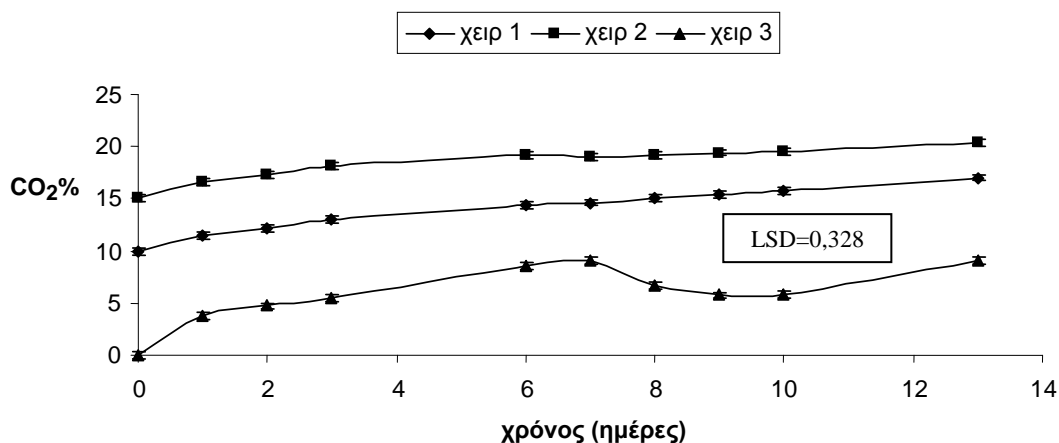
ii) Στους 5°C



Σχήμα 3. Μεταβολή της συγκέντρωσης του οξυγόνου (O₂) στο εσωτερικό πλαστικών συσκευασιών κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C.

Στο σχήμα 3, διακρίνουμε τη διακύμανση του οξυγόνου ($O_2\%$) στο εσωτερικό των πλαστικών συσκευασιών στους $5^\circ C$.

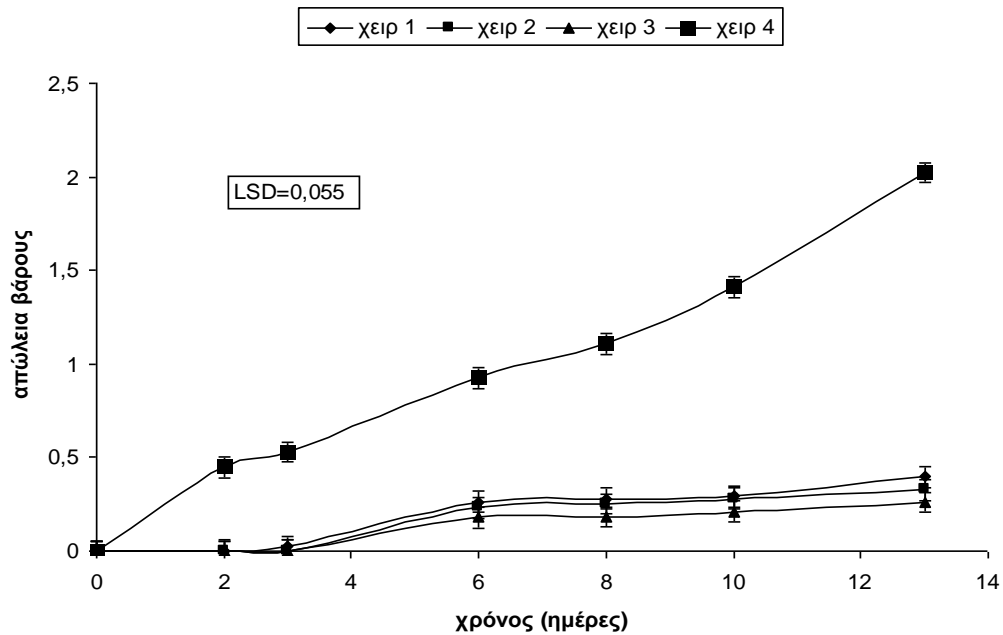
Στην περίπτωση των χειρισμών 1 και 2, η περιεκτικότητα του O_2 πρακτικά έχει μηδενισθεί από την 4^η ημέρα. Στην περίπτωση του χειρισμού 3, διακρίνεται μείωση της περιεκτικότητας του O_2 μέχρι και την 6^η ημέρα, από την 7^η ημέρα παρουσιάζεται αύξηση και στο τέλος της συντήρησης η περιεκτικότητα κυμάνθηκε στο 12%. Με βάση τη στατιστική ανάλυση δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των χειρισμών 1 και 2..



Σχήμα 4. Μεταβολή της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στο εσωτερικό πλαστικών συσκευασιών κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους $5^\circ C$.

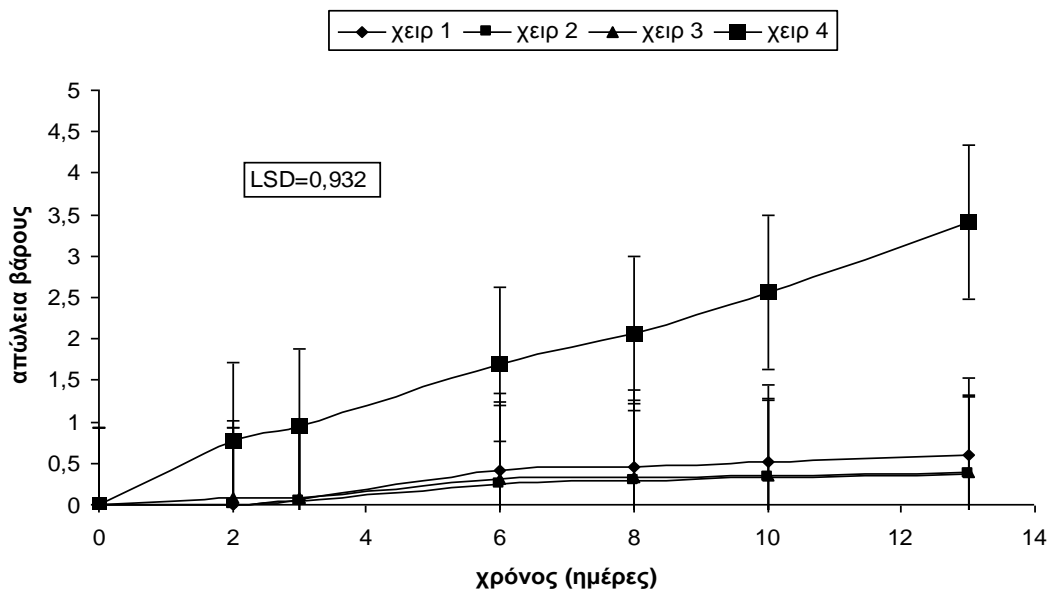
Στο σχήμα 4, διακρίνουμε τη μεταβολή του διοξειδίου του άνθρακα σε συσκευασίες κομμένης πράσινης πιπεριάς στους $5^\circ C$. Στην περίπτωση των χειρ. 1 και 2, παρατηρούμε ελαφριά άνοδο μέχρι το τέλος της συντήρησης και η τελική συγκέντρωση κυμάνθηκε στο 17% για το χειρισμό 1 και 20% για το χειρισμό 2. Όσον αφορά στο χειρ. 3, παρατηρείται ανοδική τάση και έτσι στο τέλος της συντήρησης η συγκέντρωση του CO_2 ανέρχεται σε 9%.

4.3.2 Απώλεια βάρους



Σχήμα 5. Μεταβολή του βάρους (%) φρεσκοκομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C.

Στο σχήμα 5, παρουσιάζεται η μεταβολή του βάρους των συσκευασμένων πιπεριών καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης στους 0°C. Έτσι παρατηρούμε ότι οι πλαστικές συσκευασίες μείωσαν αισθητά την απώλεια βάρους. Στο τέλος της συντήρησης ο χειρισμός 1 παρουσίασε απώλεια βάρους της τάξης του 0,40%, ο χειρισμός 2 της τάξης του 0,33%, ο χειρισμός 3 της τάξης του 0,26% και η συσκευασία με PVC παρουσίασε απώλεια της τάξης του 2%. Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των 3 χειρισμών.



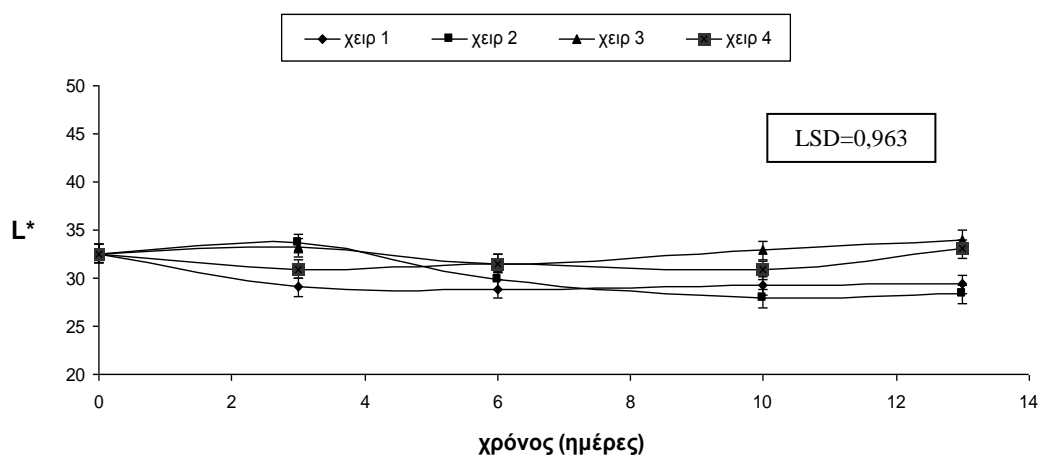
Σχήμα 6. Μεταβολή του βάρους (%) φρεσκοκομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C

Στο σχήμα 6, παρουσιάζεται η απώλεια βάρους (%) της συσκευασμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C. Από το σχήμα αυτό, προκύπτει ότι η απώλεια βάρους ελαχιστοποιήθηκε από τις πλαστικές συσκευασίες, έτσι στο τέλος της συντήρησης (13^η ημέρα) ο χειρισμός 1 παρουσίασε απώλεια της τάξης του 0,59%, ο χειρισμός 2 της τάξης του 0,38%, ο χειρισμός 3 της τάξης του 0,40% ενώ αντίθετα η συσκευασία με PVC (χειρ.4) παρουσίασε απώλεια της τάξης του 3,4%. Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των 3 χειρισμών.

4.3.3 Χρώμα

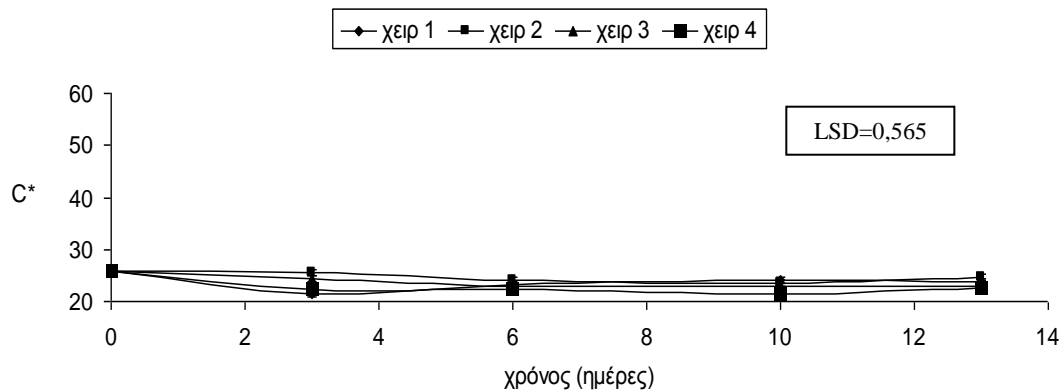
Για καλύτερη παρουσίαση της επίδρασης της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στο χρώμα του προϊόντος παρουσιάζονται χωριστά οι μετρήσεις που έγιναν σε 3 διαφορετικά μέρη της συσκευασίας: πάνω στις τομές των δαχτυλιδιών της κομμένης πιπεριάς (το πιο ευαίσθητο σημείο), στο σύνολο του κομμένου δείγματος και στο χυμό.

Μεταβολή του χρώματος των τομών κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους (0°C)



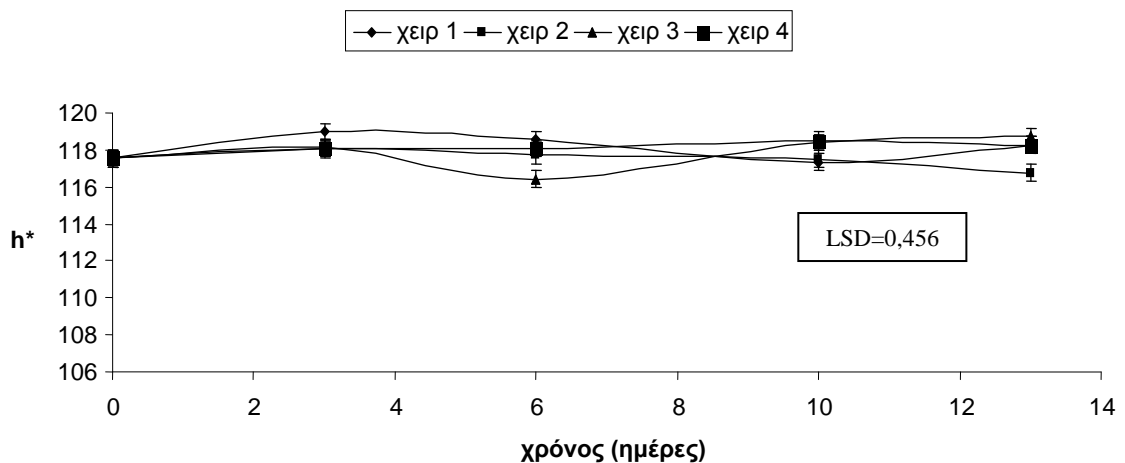
Σχήμα 7. Μεταβολή της φωτεινότητας (L*) των τομών της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C.

Στο σχήμα 7 παρουσιάζεται η μεταβολή της φωτεινότητας (L*) των τομών του προϊόντος που συντηρήθηκε στους 0°C. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι χειρισμοί 3 και 4 διατήρησαν τη φωτεινότητα στα αρχικά της σχεδόν επίπεδα χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Οι χειρισμοί 1 και 2, μετά την 3^η ημέρα συντήρησης παρουσιάζουν μια πτώση και στο τέλος της συντήρησης παρουσιάζουν τις χαμηλότερες τιμές χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.



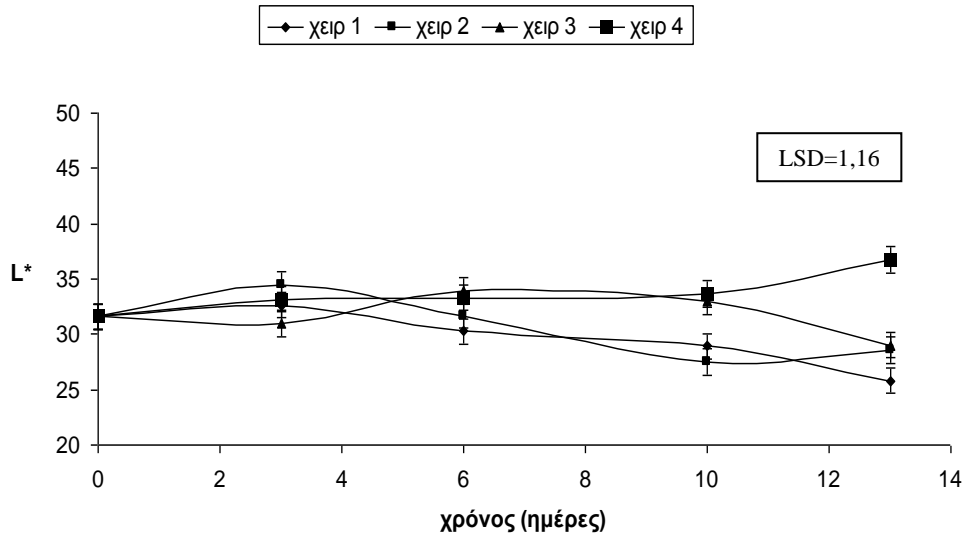
Σχήμα 8. Μεταβολή της χρωματικής παραμέτρου C^* των τομών της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C .

Από το σχήμα 8 όπου παρουσιάζεται η μεταβολή του χρωματικού παράγοντα C^* (chroma) των τομών της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C , μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι τιμές σε όλες τις περιπτώσεις διατηρήθηκαν στα αρχικά τους επίπεδα χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των 4 χειρισμών.



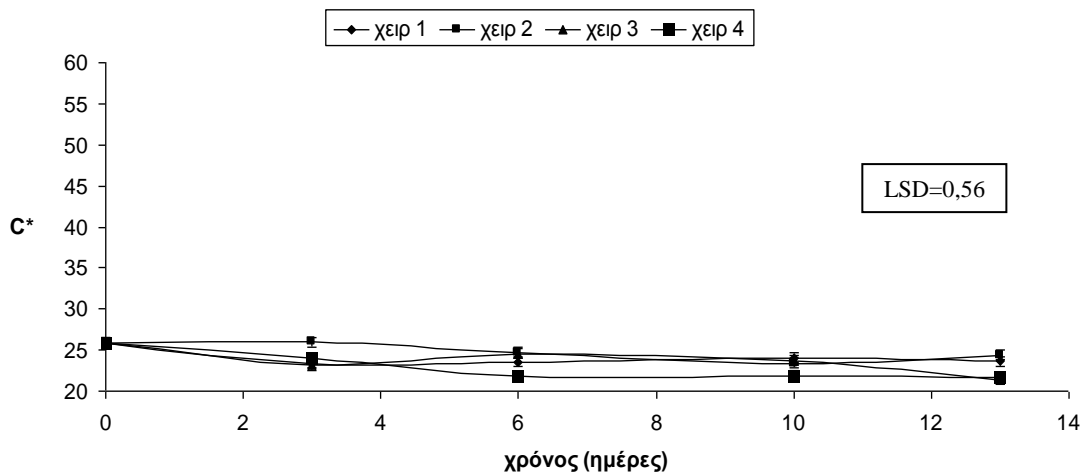
Σχήμα 9. Μεταβολή της χρωματικής παραμέτρου h^* των τομών της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C .

Μεταβολή του χρώματος του συνόλου της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους (0°C)



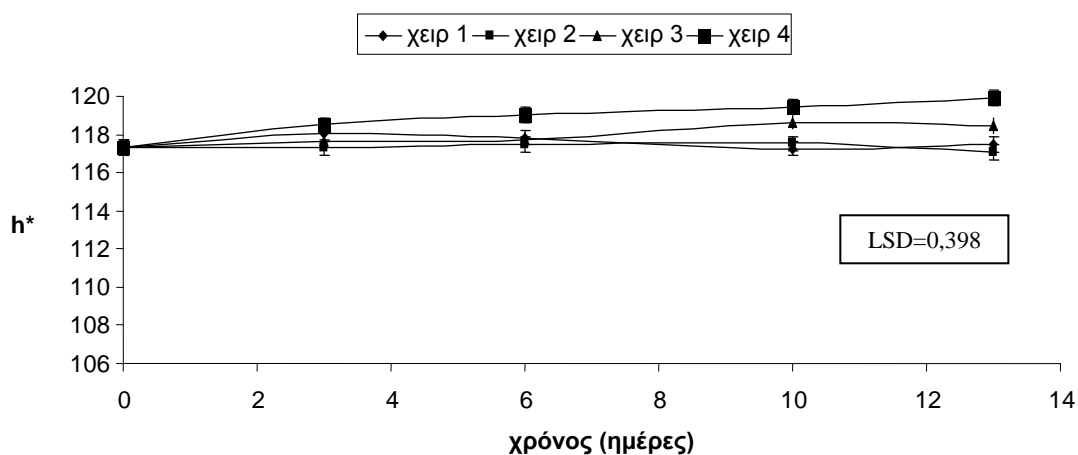
Σχήμα 10. Μεταβολή της φωτεινότητας L^* του συνόλου της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C.

Στο σχήμα 10 παρουσιάζεται η μεταβολή της φωτεινότητας L^* του συνόλου του κάθε δείγματος της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C. Όπως λοιπόν και στην περίπτωση των μεταβολών της φωτεινότητας των τομών έτσι κι εδώ παρατηρούμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις οι τιμές διατηρήθηκαν σε υψηλά επίπεδα. Μέχρι την 6^η ημέρα δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των 4 χειρισμών, στο τέλος δε της συντήρησης (13^η ημέρα) οι χειρισμοί 1, 2 και 3 δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές και μόνο ο μάρτυρας παρουσίασε την υψηλότερη τιμή.



Σχήμα 11. Μεταβολή της χρωματικής παραμέτρου C^* του συνόλου της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C.

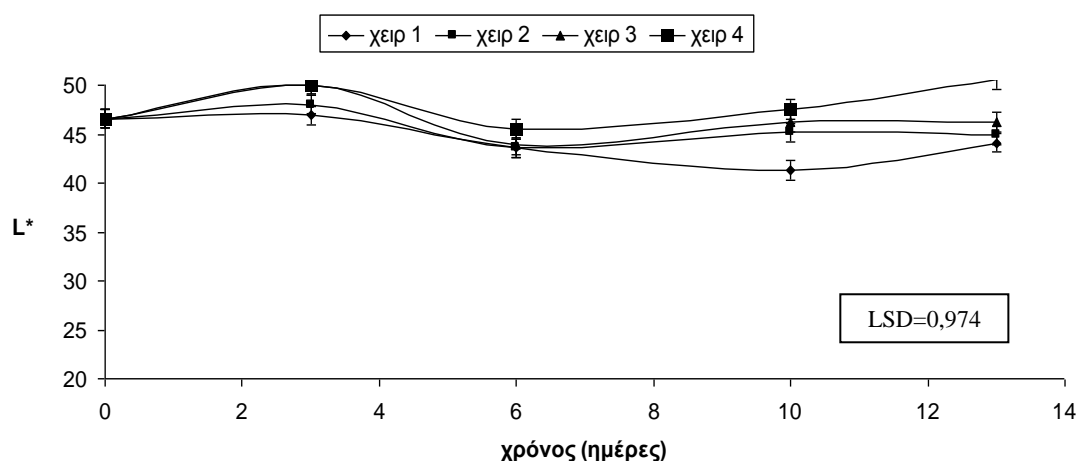
Και οι τέσσερις χειρισμοί που εφαρμόστηκαν δεν επηρέασαν το χρωματικό παράγοντα C* (σχ.11) ούτε το χρωματικό παράγοντα h* (σχ.12). Και στις δύο περιπτώσεις οι τιμές διατηρήθηκαν σταθερές στα αρχικά επίπεδα χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των χειρισμών.



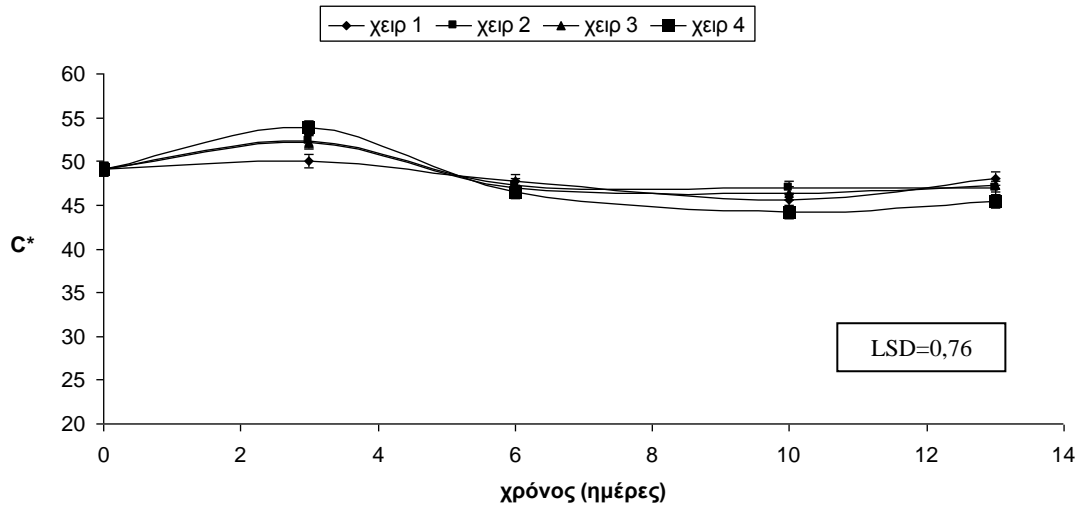
Σχήμα 12. Μεταβολή της χρωματικής παραμέτρου h* της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C.

Μεταβολή του χρώματος του χυμού της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους (0°C)

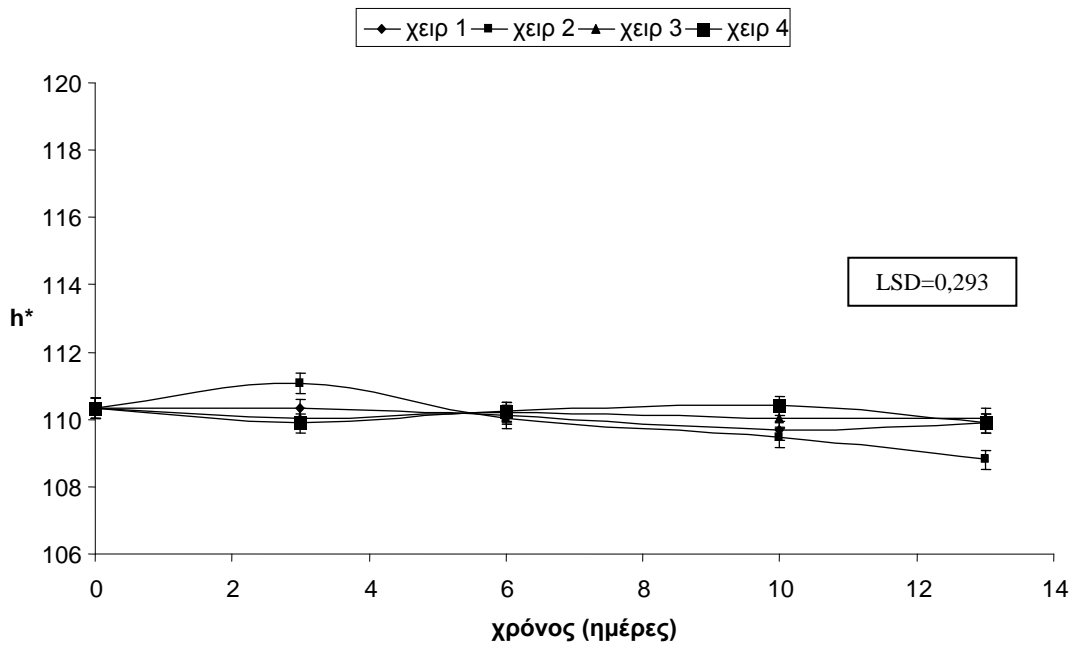
Όπως και στην περίπτωση του προσδιορισμού του συνόλου του χρώματος του κομμένου προϊόντος και των τομών της κομμένης πιπεριάς, έτσι και στην περίπτωση του προσδιορισμού του χρώματος του χυμού δεν παρατηρούνται αποκλίσεις από τις αρχικές τιμές τόσο της φωτεινότητας L* (σχήμα 13), του C* (σχήμα 14) όσο και του h* (σχήμα 15). Οι τιμές διατηρήθηκαν σχεδόν στις αρχικές τιμές χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των χειρισμών.



Σχήμα 13. Μεταβολή της φωτεινότητας L* του χυμού της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C.

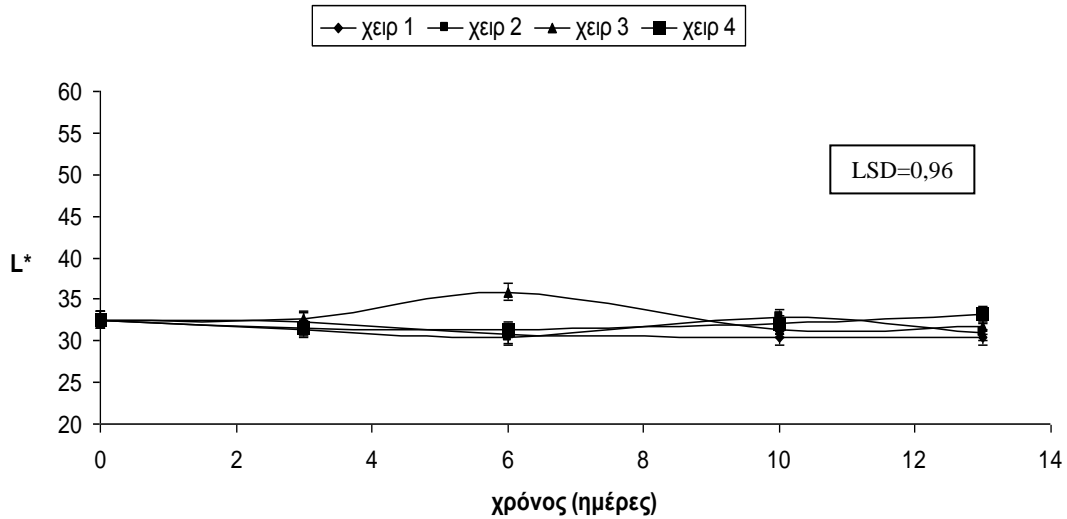


Σχήμα 14. Μεταβολή της χρωματικής παραμέτρου C^* του χυμού της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C .



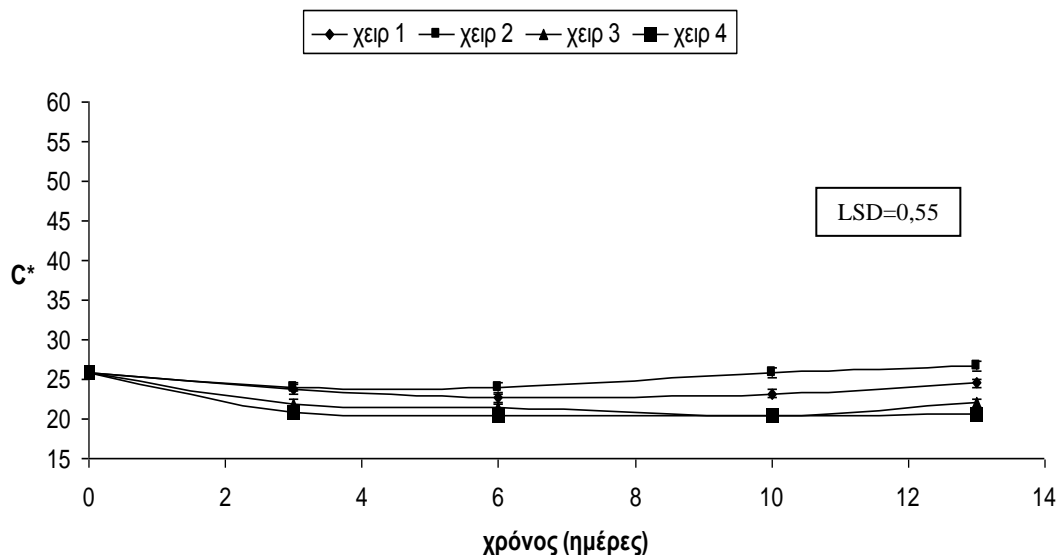
Σχήμα 15. Μεταβολή της χρωματικής παραμέτρου h^* του χυμού της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C .

Μεταβολή του χρώματος των τομών κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C



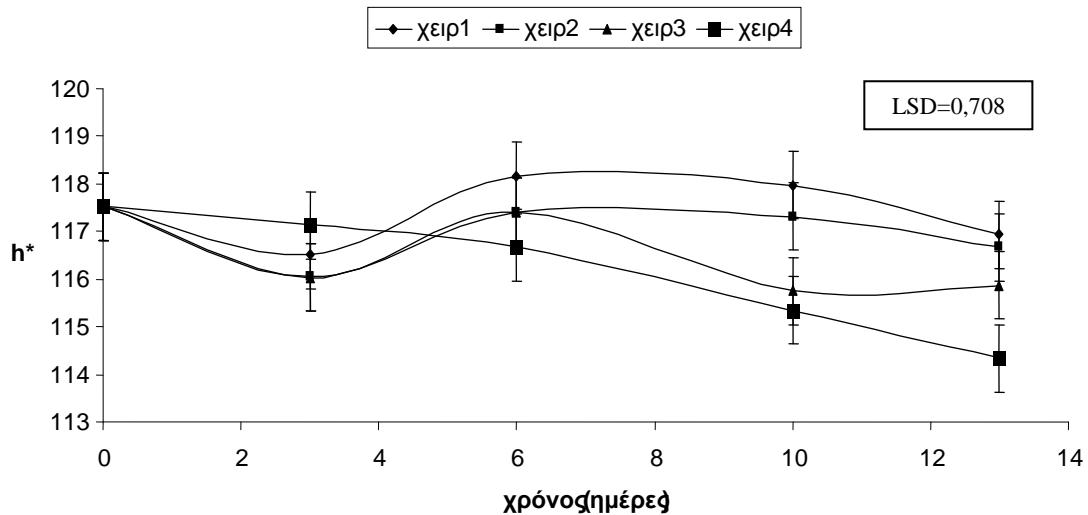
Σχήμα 16. Μεταβολή της φωτεινότητας L^* των τομών της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C.

Στο σχήμα 16 παρουσιάζεται η μεταβολή της φωτεινότητας (L^*) των τομών του προϊόντος που συντηρήθηκε στους 5°C. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι δεν υπάρχουν αποκλίσεις από τις αρχικές τιμές και δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των χειρισμών.



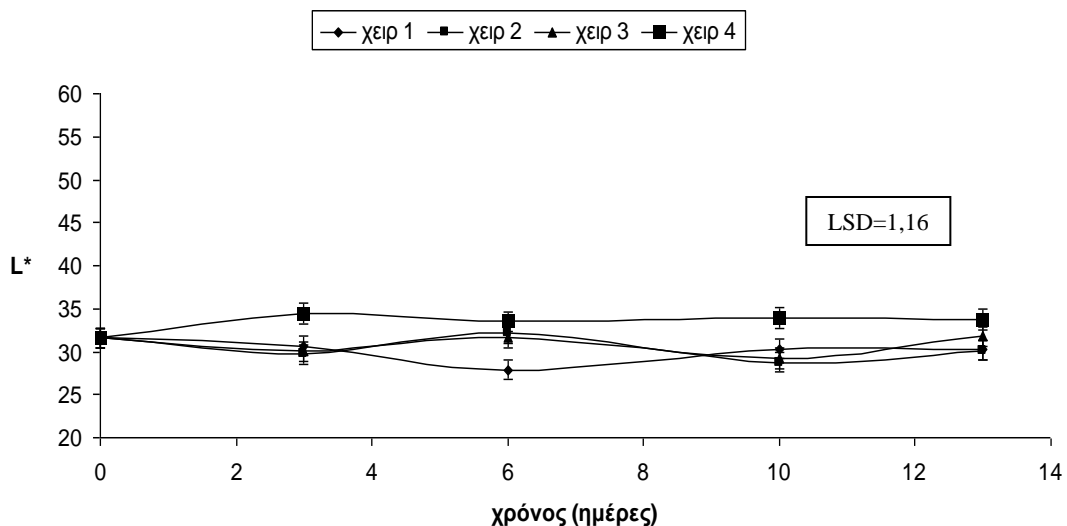
Σχήμα 17. Μεταβολή της χρωματικής παραμέτρου C^* των τομών της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C.

Από το σχήμα 17 προκύπτει ότι το chroma από τις πρώτες κιόλας ημέρες παρουσιάζει πτώση σε όλες τις περιπτώσεις. Οι χειρισμοί 1 και 2 διατήρησαν υψηλότερες τιμές πολύ κοντά στις αρχικές. Οι χειρισμοί 3 και 4 παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Όσον αφορά στη μεταβολή του h^* (σχήμα 18), ο χειρισμός 4 παρουσιάζει μια συνεχή πτώση καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης στο τέλος της οποίας παρουσιάζει τη χαμηλότερη τιμή (στατιστικά σημαντική). Οι χειρισμοί 1 και 2 διατήρησαν τις υψηλότερες τιμές (χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους), ενώ ο χειρισμός 3 παρουσίασε ενδιάμεσες τιμές.



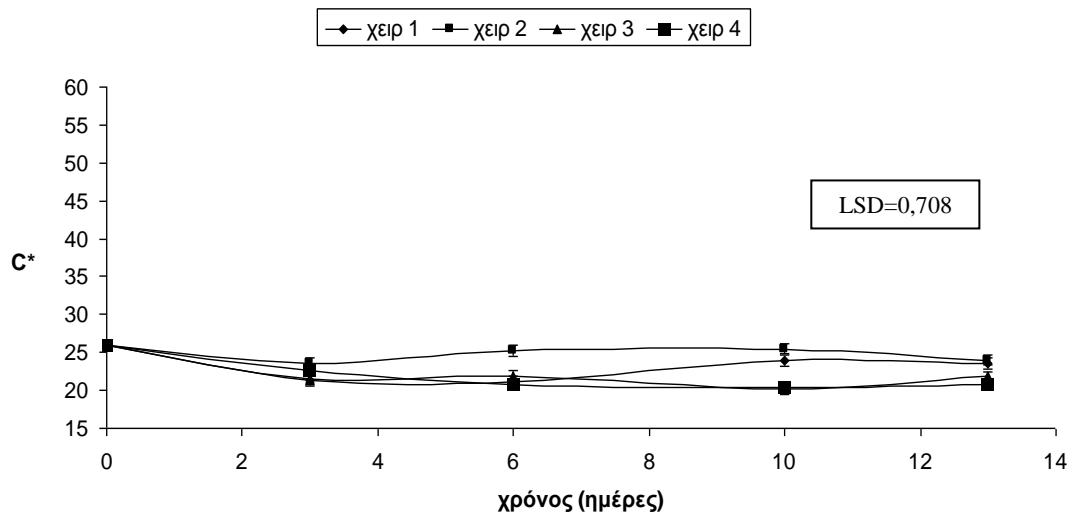
Σχήμα 18. Μεταβολή της χρωματικής παραμέτρου h^* των τομών της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C .

Μεταβολή του χρώματος του συνόλου της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους (5°C)



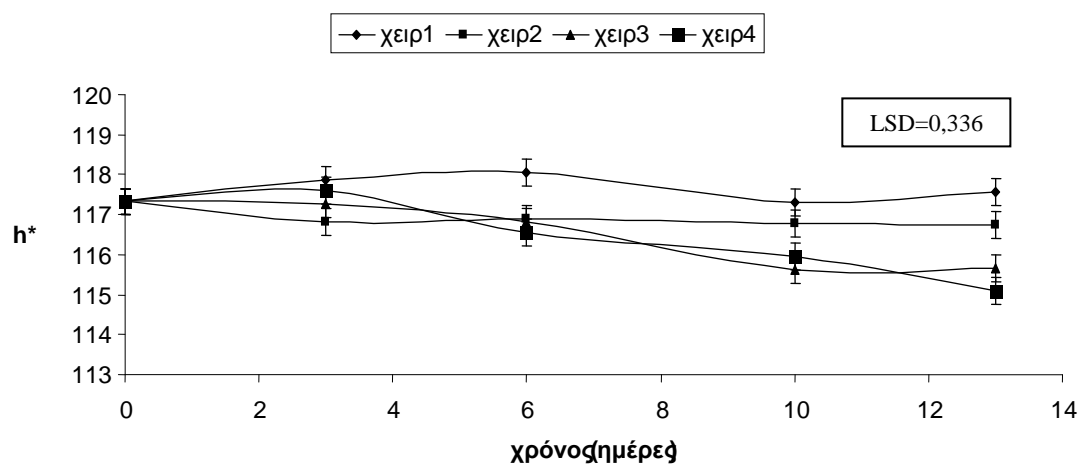
Σχήμα 19. Μεταβολή της φωτεινότητας L^* του συνόλου της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C .

Στο σχήμα 19 παρουσιάζεται η μεταβολή της φωτεινότητας L^* του συνόλου της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C . Παρατηρούμε ότι οι χειρισμοί 1, 2 και 3 δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους και μόνο ο μάρτυρας (χειρισμός 4) παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές πολύ κοντά στην αρχική τιμή.



Σχήμα 20. Μεταβολή της χρωματικής παραμέτρου C^* του συνόλου της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C .

Όλοι οι χειρισμοί που εφαρμόστηκαν διατήρησαν το Chroma (σχήμα 20) στις αρχικές σχεδόν τιμές καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης. Οι χειρισμοί 1 και 2 μετά την 8^η ημέρα και μέχρι το τέλος της συντήρησης διατήρησαν υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τους χειρισμούς 3 και 4.

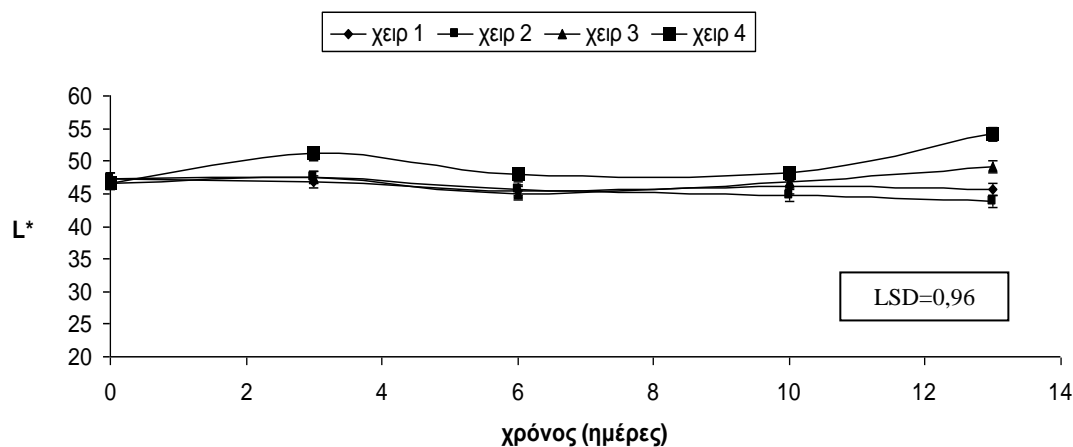


Σχήμα 21. Μεταβολή της χρωματικής παραμέτρου h^* του συνόλου της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C .

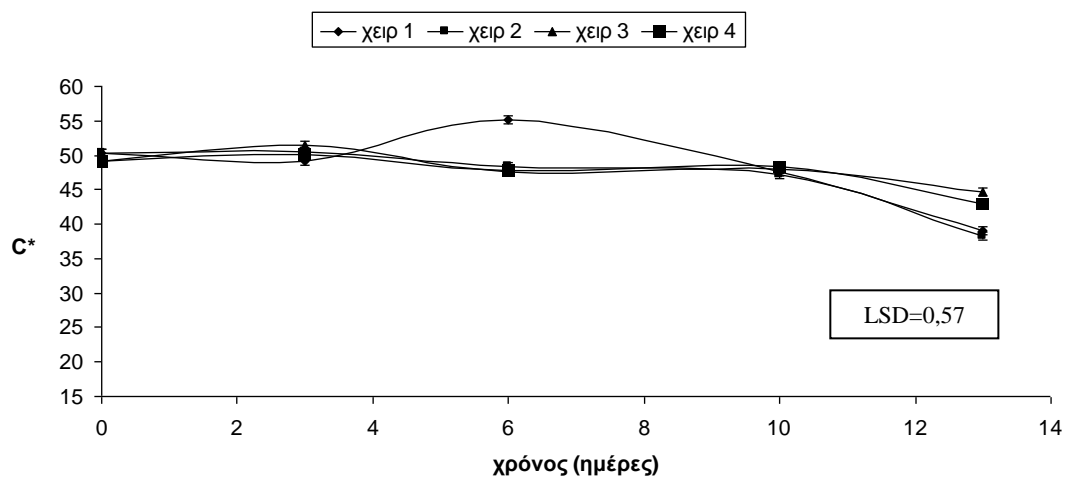
Όσον αφορά στο χρωματικό παράγοντα h^* (σχ.21) μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι ο χειρισμός 1 διατήρησε τις υψηλότερες τιμές ακολουθούμενος από το χειρισμό 2. Οι χειρισμοί 3 και 4 από την 6^η ημέρα παρουσίασαν μία πτώση των τιμών και στο τέλος της συντήρησης παρουσίασαν τις υψηλότερες τιμές χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Μεταβολή του χρώματος του χυμού της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους (5°C)

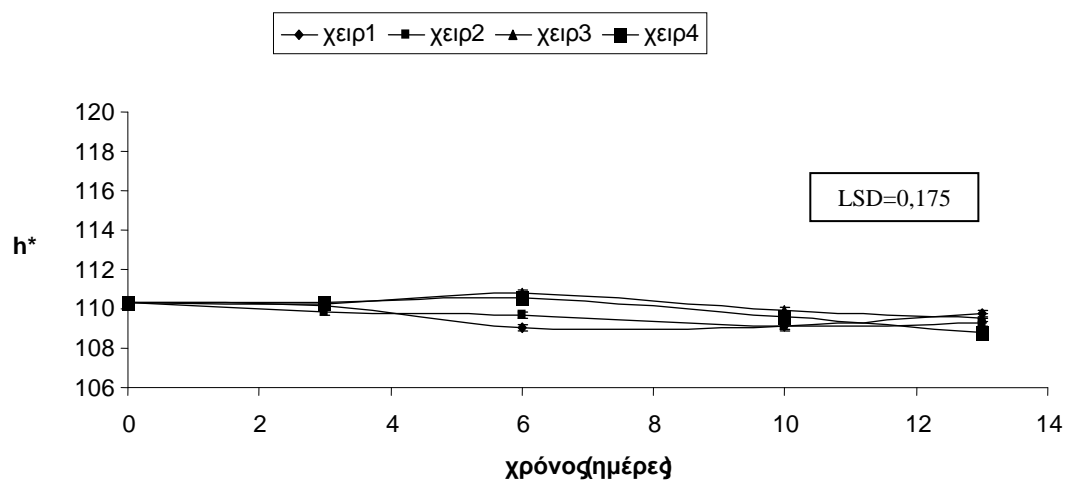
Σε όλες τις περιπτώσεις, όπως και στην περίπτωση της μελέτης της μεταβολής του συνόλου του κομμένου προϊόντος και των τομών, η φωτεινότητα του χυμού (σχήμα 22) διατηρήθηκε στις αρχικές τιμές. Στο τέλος της συντήρησης οι χειρισμοί 4 και 3 διατήρησαν υψηλότερες τιμές, ενώ οι χειρισμοί 1 και 2 χαμηλότερες τιμές χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Όσον αφορά στη μεταβολή του C^* (σχήμα 23) παρατηρούμε ότι μέχρι τη 10^η ημέρα όλοι οι χειρισμοί διατηρήθηκαν στο επίπεδο των αρχικών τιμών. Μετά τη 10^η ημέρα παρατηρείται μία μείωση. Οι χειρισμοί 3 και 4 διατηρήθηκαν σε υψηλότερες τιμές (χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους) συγκριτικά με τους χειρισμούς 1 και 2, οι οποίοι δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.



Σχήμα 22. Μεταβολή της φωτεινότητας L^* του χυμού της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C.



Σχήμα 23. Μεταβολή της χρωματικής παραμέτρου C^* του χυμού της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C .

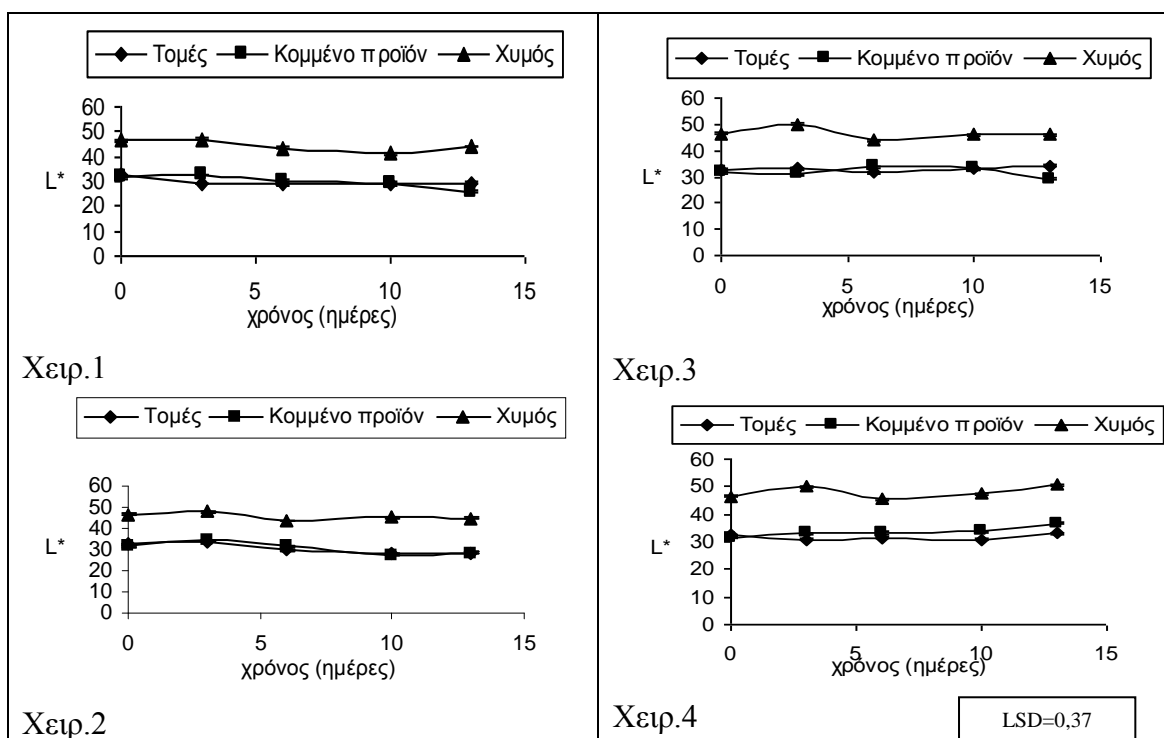


Σχήμα 24. Μεταβολή της χρωματικής παραμέτρου h^* του χυμού της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C .

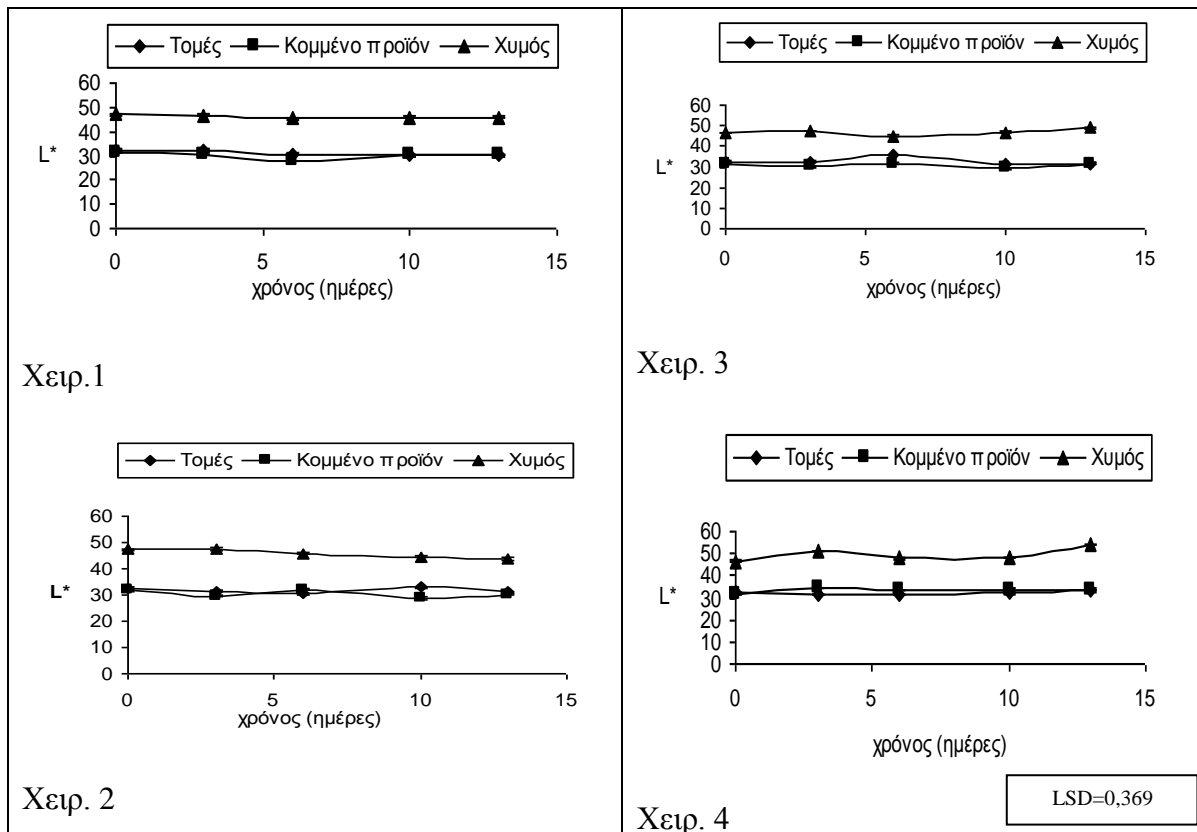
Τέλος, όσον αφορά στη μεταβολή του h^* (σχήμα 24) παρατηρούμε ότι σε όλους τους χειρισμούς οι τιμές διατηρήθηκαν σταθερές χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Συγκριτική μελέτη των τριών τρόπων προσδιορισμού του χρώματος (L*, C*, h*) του κομμένου προϊόντος.

Στα σχήματα 25-30 παρουσιάζεται η μεταβολή των παραμέτρων L*, C*, h* ανά χειρισμό και θερμοκρασία και με τους τρεις τρόπους προσδιορισμού προκειμένου να γίνει μια σύγκριση των 3 τρόπων μεταξύ τους.

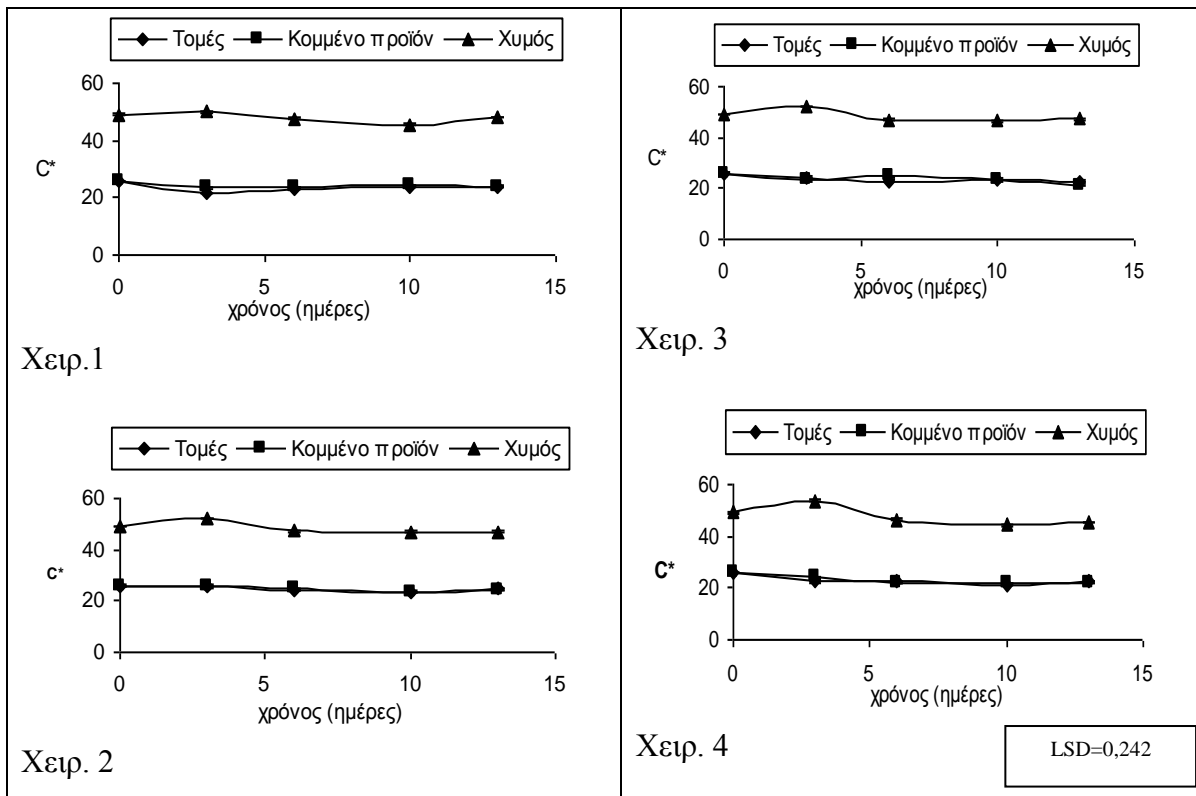


Σχήμα 25. Συγκριτική μελέτη της μεταβολής της φωτεινότητας L* στους 0°C όλων των χειρισμών με τους τρεις τρόπους προσδιορισμού.

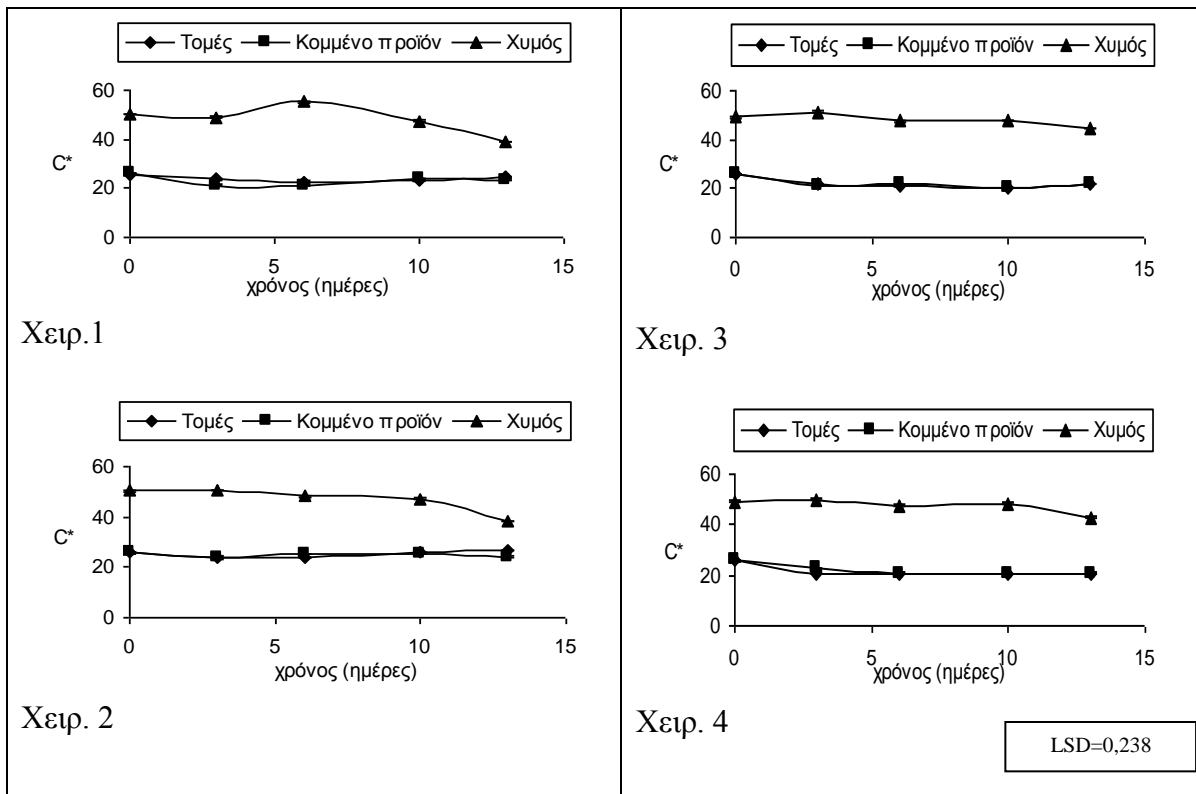


Σχήμα 26. Συγκριτική μελέτη της μεταβολής της φωτεινότητας L^* στους 5°C όλων των χειρισμών με τους τρεις τρόπους προσδιορισμού.

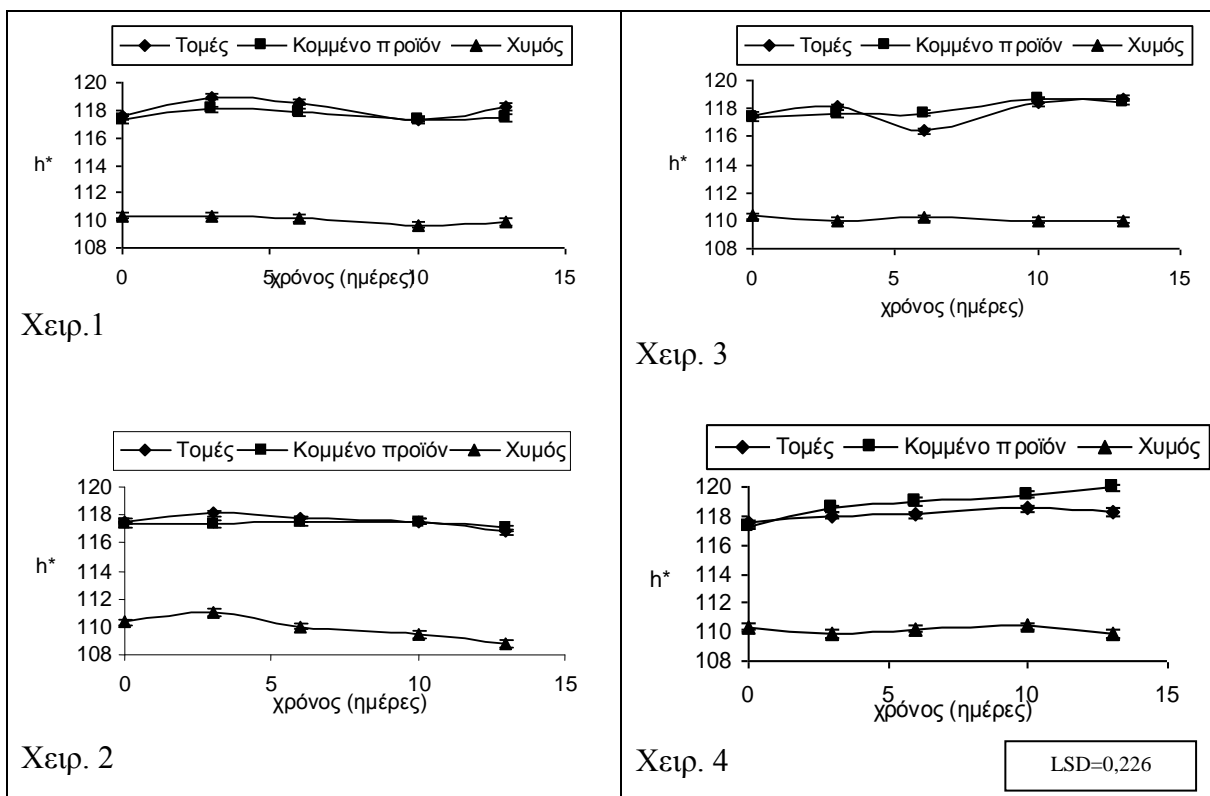
Μπορούμε λοιπόν να παρατηρήσουμε ότι σε όλους τους χειρισμούς και στις 2 θερμοκρασίες η φωτεινότητα L^* με όποιο τρόπο και αν μετρήθηκε παρέμεινε σταθερή στις αρχικές τιμές. Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του προσδιορισμού της φωτεινότητας του συνόλου του κομμένου προϊόντος και της φωτεινότητας στις τομές των δαχτυλιδιών της πιπεριάς. Η καμπύλη της μεταβολής της φωτεινότητας που προσδιορίστηκε στο χυμό του προϊόντος ήταν της ίδιας μορφής με τις άλλες 2, αλλά οι τιμές ήταν υψηλότερες σε όλες τις περιπτώσεις, πράγμα που σημαίνει ότι ο χυμός ήταν ανοιχτότερου χρώματος. (σχ.25, 26)



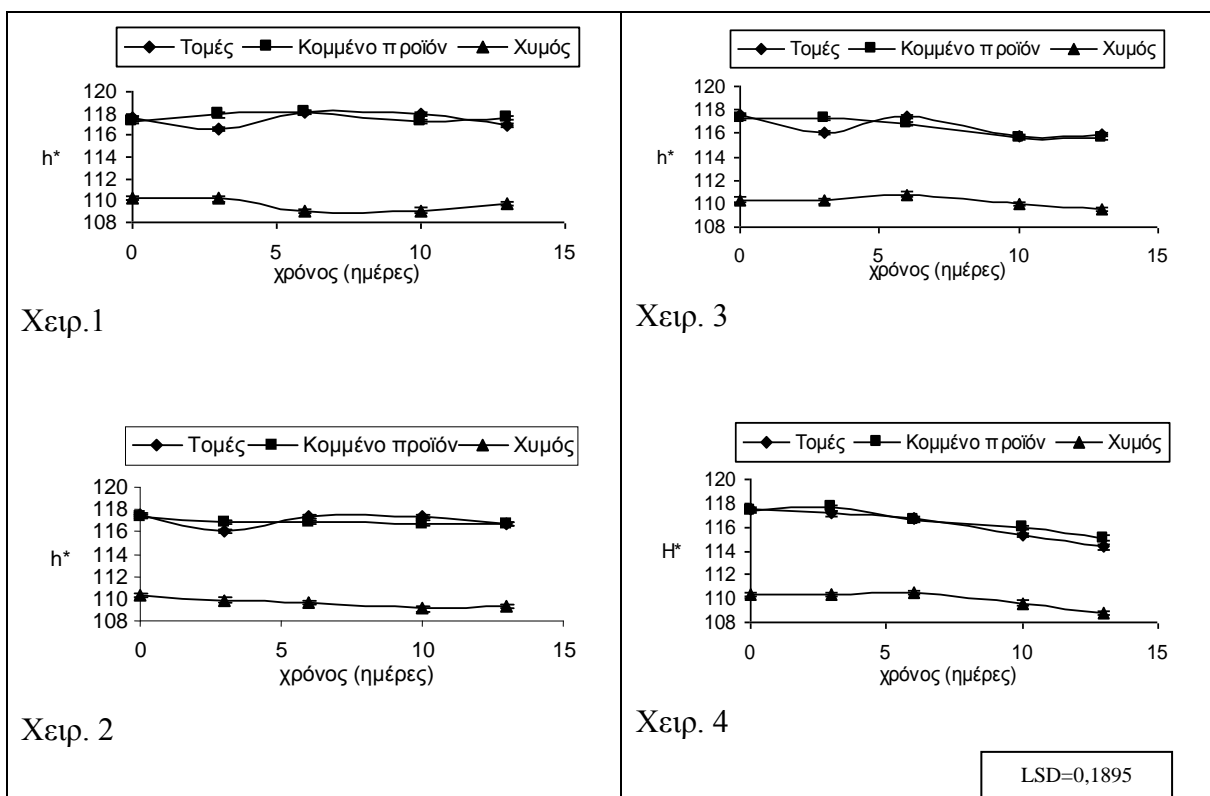
Σχήμα 27. Συγκριτική μελέτη της μεταβολής της χρωματικής παραμέτρου C^* στους 0°C όλων των χειρισμών με τους τρεις τρόπους προσδιορισμού.



Σχήμα 28. Συγκριτική μελέτη της μεταβολής της χρωματικής παραμέτρου C στους 5°C * όλων των χειρισμών με τους τρεις τρόπους προσδιορισμού.



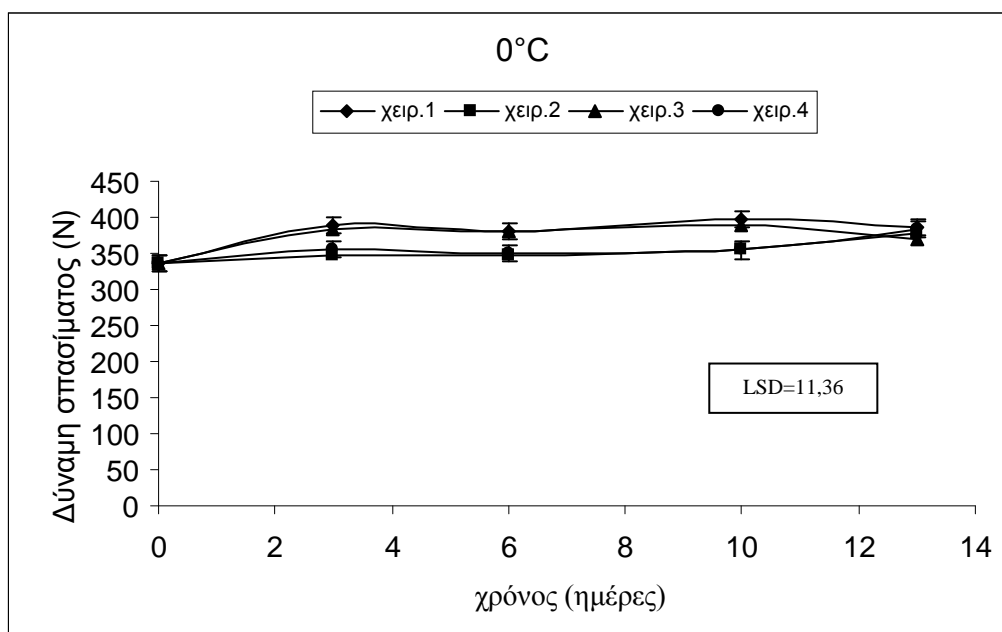
Σχήμα 29. Συγκριτική μελέτη της μεταβολής της χρωματικής παραμέτρου h^* στους 0°C όλων των χειρισμών με τους τρεις τρόπους προσδιορισμού.



Σχήμα 30. Συγκριτική μελέτη της μεταβολής της χρωματικής παραμέτρου h^* όλων των χειρισμών με τους τρεις τρόπους μέτρησης που συντηρήθηκαν στους 5°C.

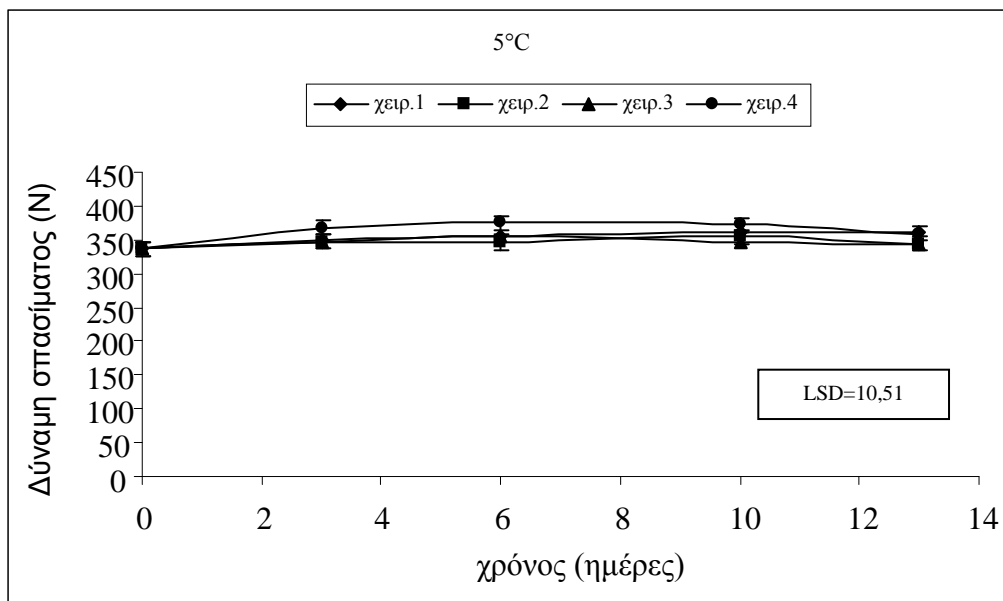
Οι ίδιες παρατηρήσεις ισχύουν και για την περίπτωση της μεταβολής του C* (chroma) και του h*(Hue) μόνο που στην περίπτωση του h* οι τιμές που μετρήθηκαν στο χυμό ήταν χαμηλότερες από αυτές που προσδιορίστηκαν με τους άλλους δύο τρόπους (σχ. 29, 30)

4.3.4 Υφή



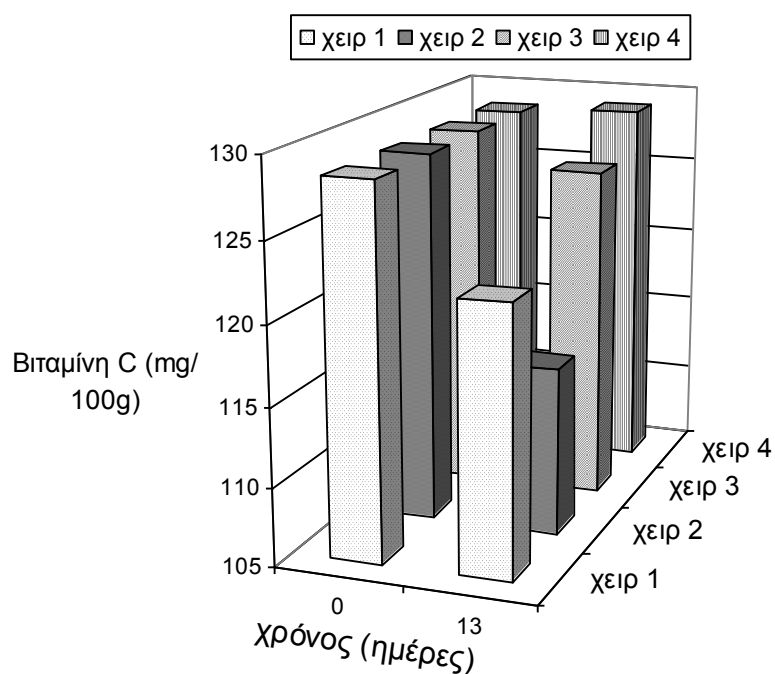
Σχήμα 31. Μεταβολή της υφής φρεσκοκομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C.

Στα σχήματα 31 και 32, παρουσιάζεται η μεταβολή της απαιτούμενης δύναμης για το σπάσιμο κομμένης πράσινης πιπεριάς. Στο σχήμα 31, παρουσιάζεται η μεταβολή της υφής της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C, ενώ στο σχήμα 32 αυτής που συντηρήθηκε στους 5°C. Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις η υφή διατηρήθηκε σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές στο τέλος της συντήρησης.



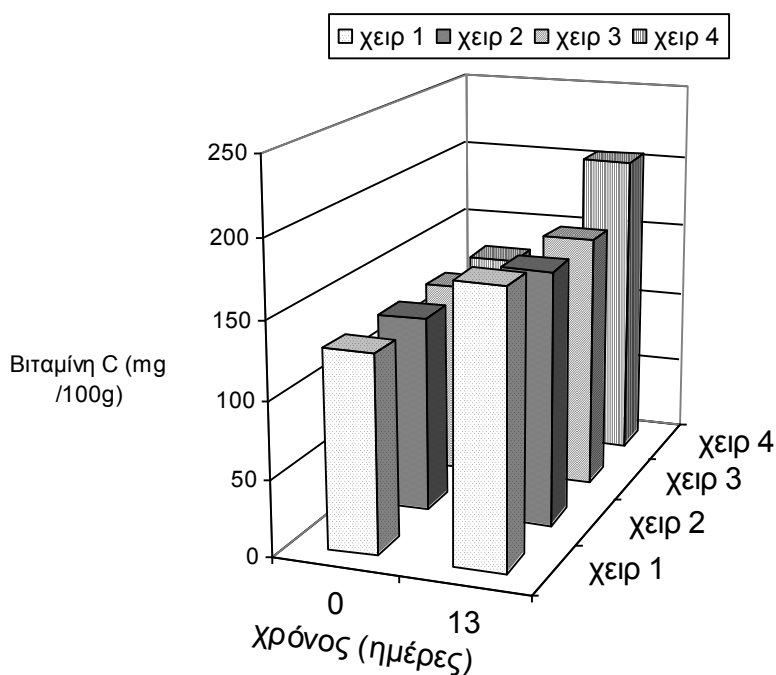
Σχήμα 32. Μεταβολή της υφής φρεσκοκομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 5°C.

4.3.5 Περιεκτικότητα σε βιταμίνη C



Σχήμα 33. Μεταβολή της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C συσκευασμένης κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα στους 0°C. (LSD=6,77)

Η μεταβολή της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C κομμένης πράσινης πιπεριάς που συντηρήθηκε με τροποποιημένη ατμόσφαιρα στους 0 και στους 5°C παρουσιάζεται στα ιστογράμματα 33 και 34. Από το ιστόγραμμα 33 μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι ο χειρισμός 4 (μάρτυρας) και ο χειρισμός 3 (υψηλή περιεκτικότητα O₂ και χαμηλή CO₂) παρουσίασαν στο τέλος της συντήρησης τις υψηλότερες περιεκτικότητες σε βιταμίνη C, ενώ οι χειρισμοί 1 και 2 χαμηλότερες και ειδικά ο χειρισμός 2. Έτσι, στο τέλος της συντήρησης οι χειρισμοί 1 και 2 διατήρησαν το 95% ο 1 και το 90% ο 2 της αρχικής ποσότητας της βιταμίνης C, ενώ οι χειρισμοί 3 και 4 το 98% και 100% αντίστοιχα.

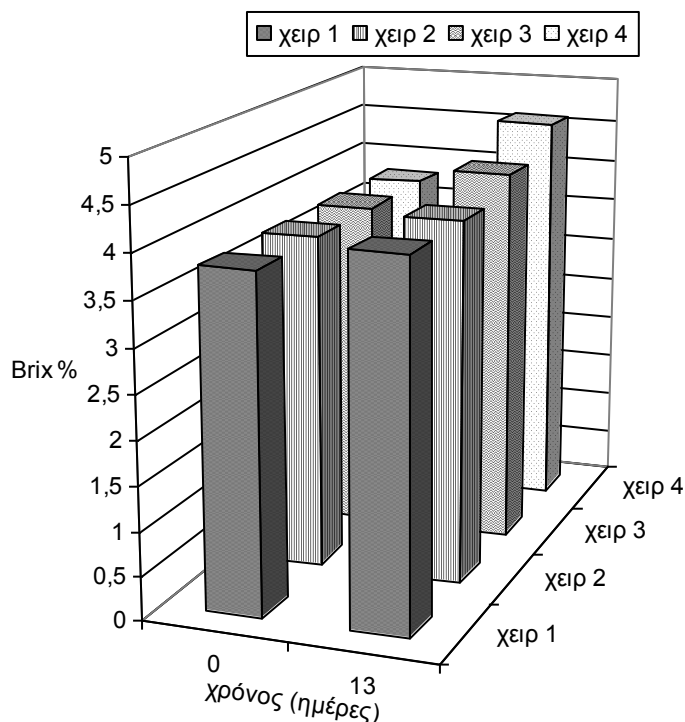


Σχήμα 34. Μεταβολή της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C συσκευασμένης κομμένης πράσινης πιπεριάς που συντηρήθηκε σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα στους 5°C. (LSD=36,21)

Από το ιστόγραμμα 34 προκύπτει ότι σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρείται όχι μόνο διατήρηση της βιταμίνης C στα αρχικά επίπεδα, αλλά και αύξηση της περιεκτικότητας. Η αύξηση αυτή κυμάνθηκε από 30% (χειρισμοί 2 και 3) έως 59% (χειρισμός 4).

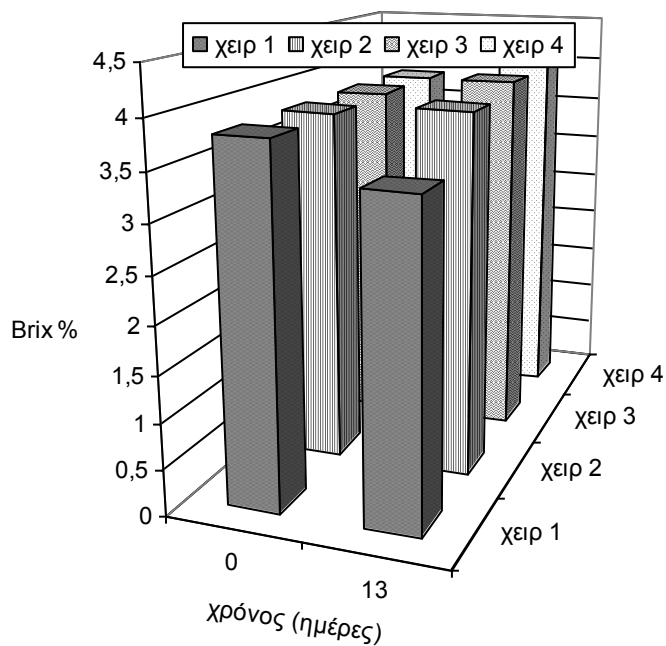
4.3.6 Περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (brix)

Η μεταβολή της περιεκτικότητας των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών κομμένης πράσινης πιπεριάς που συντηρήθηκε με τροποποιημένη ατμόσφαιρα στους 0° και 5°C παρουσιάζεται στα ιστογράμματα 53 και 54.



Σχήμα 35. Μεταβολή της περιεκτικότητας των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών συσκευασμένης κομμένης πράσινης πιπεριάς που συντηρήθηκε σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα στους 0°C. (LSD=0,184)

Από το ιστόγραμμα 35 προκύπτει ότι στο τέλος της συντήρησης (13^η ημέρα) όλοι οι χειρισμοί διατήρησαν τα ολικά διαλυτά στερεά συστατικά στα αρχικά τους επίπεδα και μάλιστα παρουσίασαν και μια ελαφρά αύξηση της τάξης 7% (χειρ. 1, 2) έως 21% (χειρ. 4). Η αύξηση που παρουσιάζει ο μάρτυρας μπορεί να αποδοθεί στη συμπύκνωση λόγω απώλειας ύδατος (2%).



Σχήμα 36. Μεταβολή της περιεκτικότητας των ολικών διαλυτών στερεών συστατικών συσκευασμένης κομμένης πράσινης πιπεριάς που συντηρήθηκε σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα στους 5°C. (LSD=0,18)

Από το ιστόγραμμα 36 προκύπτει ότι μετά από 13 ημέρες συντήρησης στους 5°C, οι χειρισμοί 2, 3 και 4 διατήρησαν τα ολικά στερεά συστατικά στα αρχικά επίπεδα (μάλιστα οι χειρισμοί 3 και 4 παρουσίασαν μια αύξηση της τάξης του 5-8%) και μόνο στην περίπτωση του χειρισμού 1 παρουσιάστηκε μείωση της τάξης του 10%.

4.3.7 Ποιοτική αξιολόγηση φρεσκοκομμένης πιπεριάς

Η ποιοτική αξιολόγηση του κομμένου προϊόντος έγινε βάσει της συνολικής εκτίμησης και βάσει της μεταβολής του χρώματος στις τομές του προϊόντος.

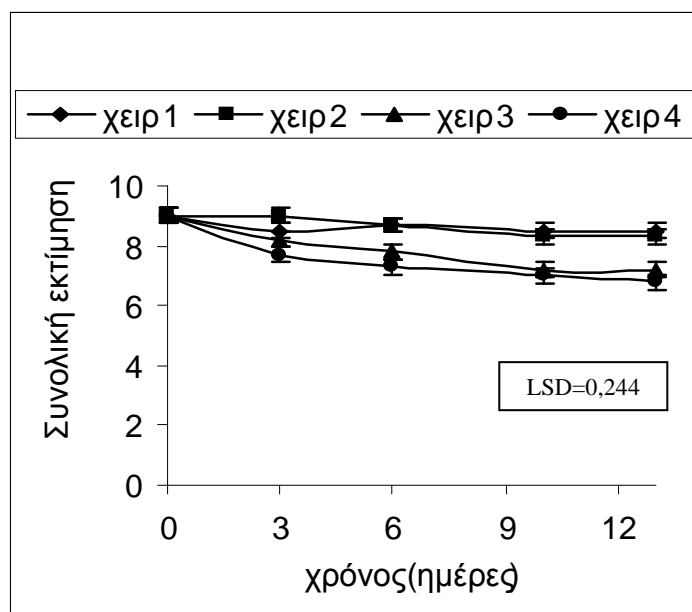
Στα σχήματα 37 και 38 παρουσιάζεται η μεταβολή της συνολικής ποιότητας της κομμένης πιπεριάς στους 0° και στους 5°C. Μπορούμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

α) στους 0°C (σχ. 37) όλοι οι χειρισμοί στο τέλος της συντήρησης ήταν εμπορεύσιμοι (όριο η τιμή 6)

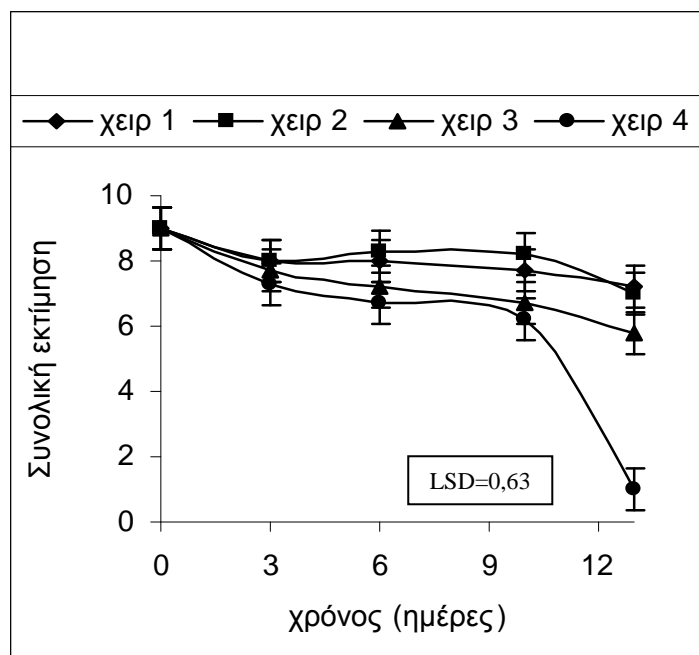
β) μεταξύ των χειρισμών οι χειρισμοί 1 και 2 (τροποποιημένη ατμόσφαιρα) διατήρησαν καλύτερα την ποιότητα του προϊόντος

γ) δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των χειρισμών 1-2 και 3-4. ($\rho=0,05$)

δ) στους 5°C (σχ. 38) οι χειρισμοί 1 και 2 διατήρησαν το προϊόν εμπορεύσιμο (όριο 6) μέχρι το τέλος της συντήρησης, ο χειρ. 3 ήταν οριακός, ενώ ο μάρτυρας από τη 10^η ημέρα και μετά κρίνεται μη εμπορεύσιμος.

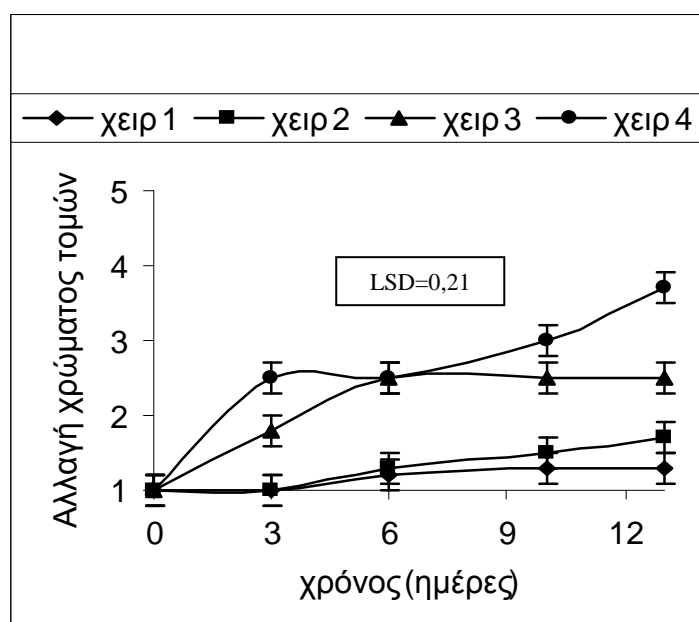


Σχήμα 37. Μεταβολή της συνολικής οπτικής ποιότητας κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε με τροποποιημένη ατμόσφαιρα στους 0°C.

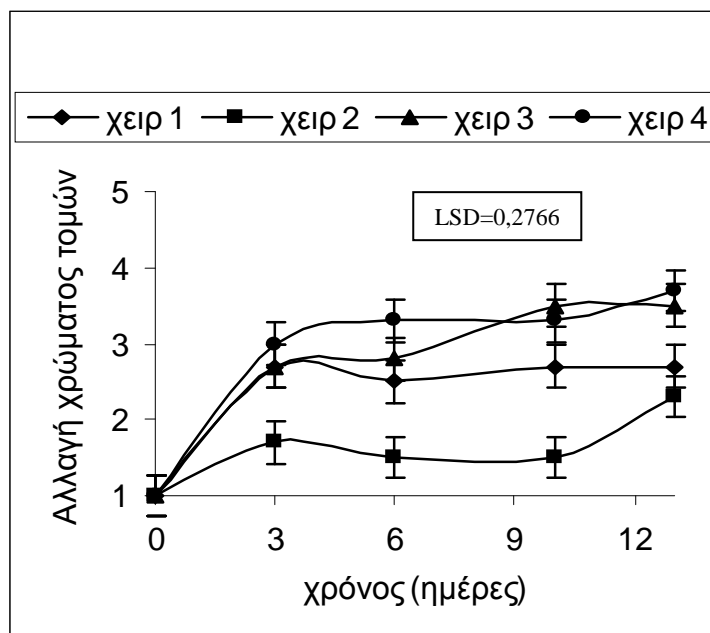


Σχήμα 38. Μεταβολή της συνολικής οπτικής ποιότητας κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε με τροποποιημένη ατμόσφαιρα στους 5°C.

Μεταβολή χρώματος τομών



Σχήμα 39. Μεταβολή του χρώματος των τομών κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε με τροποποιημένη ατμόσφαιρα στους 0°C.



Σχήμα 40. Μεταβολή του χρώματος των τομών κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε με τροποποιημένη ατμόσφαιρα στους 5°C.

Στα σχήματα 39 και 40 παρουσιάζεται η μεταβολή του χρώματος στις τομές του κομμένου προϊόντος που συντηρήθηκε στους 0° και 5°C. Παρατηρούμε ότι:

α) στους 0°C (σχ. 39) οι χειρισμοί 1 και 2 διατήρησαν τον αποχρωματισμό σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

β) οι χειρισμοί 3 και 4 παρουσίασαν έντονο αποχρωματισμό από τις πρώτες κιόλας ημέρες. Ο χειρισμός 4 (μάρτυρας), από την 10^η ημέρα κρίθηκε ακατάλληλος (όριο 3), ενώ ο χειρισμός 3 ήταν εμπορεύσιμος μέχρι το τέλος της συντήρησης.

γ) στους 5°C (σχ. 40) ο χειρισμός 2 διατήρησε καλύτερα το χρώμα των τομών του κομμένου προϊόντος. Οι χειρισμοί 2, 3 και 4 παρουσίασαν έντονο αποχρωματισμό από τις πρώτες κιόλας ημέρες.

δ) από την 3^η κιόλας ημέρα ο μάρτυρας ήταν ακατάλληλος για εμπορία, ενώ ο χειρ. 3 από την 6^η ημέρα.

ε) οι χειρισμοί 1 και 2 ήταν εμπορεύσιμοι μέχρι το τέλος της συντήρησης.

4.4 Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις

Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα δημιουργείται είτε παθητικά μέσω της αναπνοής των φυτικών οργάνων είτε ενεργητικά με εμφύσηση αερίων εντός της συσκευασίας. Η ισορροπία στη σύνθεση της ατμόσφαιρας στη συσκευασία (MAP) επέρχεται όταν το οξυγόνο που εισέρχεται είναι ίσο με το οξυγόνο που καταναλίσκεται για την αναπνοή και το εξερχόμενο CO₂ είναι ίσο με το παραγόμενο από την αναπνοή (Gómez-López, 2006). Όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου βρίσκεται σε πολύ μειωμένα επίπεδα και δε μπορεί να διατηρήσει την αερόβια αναπνοή, τότε εκδηλώνεται αναερόβια αναπνοή και αλλοίωση της γεύσης. Βλάβες μπορεί να προκληθούν και σε περίπτωση που το CO₂ ξεπεράσει τα καθορισμένα όρια ανοχής του κάθε προϊόντος (καστάνωση των ιστών και μαλάκωμα) (Mir & Beaudry, 2001). Σύμφωνα με τους Mir και Beaudry (2001), η συγκέντρωση του O₂ δε πρέπει να πέφτει κάτω από 2% για την ολόκληρη φλάσκα πιπεριά και το CO₂ να μην ξεπερνά το 5% σε τυπικές θερμοκρασίες συντήρησης φρεσκοκομμένων προϊόντων. Ο Kader (1992) θέτει ως ελάχιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση του O₂ για την ολόκληρη πιπεριά το 3% και για το CO₂ το 5%, ενώ οι Bussel και Kenigsberg (1975) το 4-8% και το 2-8% αντίστοιχα. Όσον αφορά στη φρεσκοκομμένη πιπεριά (ροδέλες πάχους 2mm), οι Pilon et al. (2006) χρησιμοποίησαν μίγμα αερίων (2% O₂, 10% CO₂, 88% N₂) με θερμοκρασία συντήρησης 1°C±1°C, ελέγχοντας τη μικροβιολογική, τη φυσικοχημική και τη θρεπτική κατάσταση μέσω αναλύσεων. Η κατά προσέγγιση σύσταση της ελάχιστα επεξεργασμένης πιπεριάς παρέμεινε σταθερή κατά τη διάρκεια της συντήρησης (21 ημέρες) και στις 3 φορές που διενεργήθηκε το πείραμα (Pilon et al. 2006). Οι Gonzalez-Aguilar et al. (2004) συμπεραίνουν ότι η MAP (η τροποποιημένη ατμόσφαιρα δημιουργήθηκε παθητικά) μπορεί να διατηρήσει τη συνολική ποιότητα της ελάχιστα μεταποιημένης πιπεριάς για 21 ημέρες στους 5°C, ενώ η συσκευασία με κενό αέρος δεν ενδείκνυται λόγω της μικρής περιόδου διατήρησης. Προτεινόμενη περιεκτικότητα αερίων σύμφωνα με τον Gorny (2001), με μέτρια αποτελεσματικότητα, σε κύβους πιπεριάς με τροποποιημένη ατμόσφαιρα, είναι 3% O₂ και 5-10% CO₂.

Η σύνθεση της ατμόσφαιρας που εγχύθηκε εντός των περιεκτών στην παρούσα μελέτη είναι (5% O₂, 10% CO₂, 85% N₂) και (5% O₂, 15% CO₂, 80% N₂). Παρατηρήθηκε μια σταδιακή πτώση του οξυγόνου κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 0°C και στο τέλος της συντήρησης οι συσκευασίες της MAP παρουσιάζουν έλλειψη O₂. Στην περίπτωση των συσκευασιών με την τρύπα 8mm, διακρίνουμε πτώση των τιμών του οξυγόνου από την πρώτη κιόλας μέρα χωρίς να παρατηρείται σταθεροποίηση καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης. Το O₂ στο εσωτερικό των συσκευασιών της MAP στους 5°C πρακτικά έχει μηδενισθεί από την 4^η ημέρα. Στην περίπτωση των συσκευασιών με την τρύπα, διακρίνεται μείωση της περιεκτικότητας του O₂ μέχρι και την 6^η ημέρα, από την 7^η ημέρα παρουσιάζεται αύξηση.

Για το CO₂ των συσκευασιών της MAP στους 0°C και στους 5°C παρατηρήθηκε μια ελαφρώς ανοδική τάση των τιμών. Αύξηση των τιμών παρατηρήθηκε και στις συσκευασίες με την τρύπα. Στους 5°C οι αυξήσεις των τιμών ήταν μεγαλύτερες. Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας φάνηκε να συμβάλλει γενικά στην διατήρηση της συνολικής ποιότητας της φρεσκοκομμένης πιπεριάς καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης (13 ημέρες).

Η θερμοκρασία συντήρησης που επελέγη για τη μελέτη μας ήταν 0°C ως ελάχιστη επιθυμητή και 5°C ως μέγιστη επιτρεπόμενη. Αυτό το εύρος θερμοκρασίας (0-5°C) θεωρείται ιδανικό για τη συντήρηση και διακίνηση οπωροκηπευτικών που

έχουν υποστεί ελάχιστη επεξεργασία. Ο Gorny (2001) προτείνει ως εύρος θερμοκρασίας τους 0-5°C για συντήρηση κύβων πιπεριάς σε MAP, με μέτρια αποτελεσματικότητα. Οι Gonzalez-Aguilar et al. (2004) επέλεξαν ως θερμοκρασία συντήρησης με MAP τους 5 και 10°C και κατέληξαν ότι η καλύτερη εκ των δύο ήταν οι 5°C για συντήρηση της ελάχιστα επεξεργασμένης πιπεριάς έως 21 ημέρες. Οι Pilon et al. (2006) μελέτησαν τη συντήρηση φρεσκοκομμένης πιπεριάς με MAP στους 1°C±1°C για 21 ημέρες. Η θερμοκρασία φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά την υφή της πιπεριάς. Κατά τη διάρκεια της συντήρησης σε χαμηλές θερμοκρασίες, οι πιπεριές διατηρούν την υφή τους, αλλά προς το τέλος της συντήρησης παρατηρείται ελαφρώς μαλάκωμα της σάρκας. Παρά τη γνωστή ευαισθησία της ολόκληρης πιπεριάς στις χαμηλές θερμοκρασίες (>7°C), είναι αναγκαία η συντήρηση της ελάχιστα επεξεργασμένης σε χαμηλές θερμοκρασίες, για να είναι μικροβιολογικά ασφαλής, λόγω της επεξεργασίας που έχει υποστεί. Οι Gonzalez-Aguilar et al. (2004) αναφέρουν ότι νεώτερες έρευνες ενισχύουν την άποψη ότι η MAP φαίνεται να περιορίζει την ευαισθησία της πιπεριάς στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Λόγω της μεγάλης επιφάνειας των MPV χωρίς επιδερμίδα, υπάρχει μεγάλη ευαισθησία στην απώλεια σημαντικής ποσότητας υγρασίας, ειδικότερα σε υψηλές θερμοκρασίες. Στο τέλος της συντήρησης (13^η ημέρα) παρατηρήθηκε ελαφριά αύξηση της απώλειας βάρους με μεγαλύτερες απώλειες στο μάρτυρα, αλλά χωρίς οι απώλειες να ξεπεράσουν το 2% στους 0°C και το 3,4% στους 5°C. Την μικρότερη απώλεια βάρους στους 0°C παρουσίασε ο χειρισμός 3 (0,26%) και στους 5°C ο χειρισμός 2 (0,38%). Πάντως, δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στους 3 πρώτους χειρισμούς. Η διαπνοή προκαλεί απώλεια βάρους με συνέπεια την ποιοτική υποβάθμιση και την ποσοτική ελάττωση. Η απώλεια της περιεχόμενης υγρασίας έχει δραματικές συνέπειες για την εμφάνιση του προϊόντος, την υφή, τη γεύση και το βάρος. Ο πλαστικός περιέκτης ή συσκευασία εμποδίζει τη μετακίνηση των υδρατμών, συντελώντας στη δημιουργία μικροπεριβάλλοντος με υψηλή σχετική υγρασία. Οι Meir et al. (1994) αναφέρουν ότι η συσκευασία πολυαιθυλενίου μείωσε την απώλεια ύδατος κατά 40-50% σε φρούτα που συντηρήθηκαν στους 7.5°C για δύο εβδομάδες, δεν αναπτύχθηκε σάπισμα και επετεύχθη η συντήρηση ακέραιου καρπού φλάσκας πιπεριάς σε χαμηλή θερμοκρασία (3°C) χωρίς να παρουσιαστούν βλάβες λόγω ψύχους.

Το χρώμα αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα ένδειξης ποιότητας και συμβάλλει πρώτιστα για την εμπορία των οπωροκηπευτικών. Αποτελεί υποκειμενική αίσθηση που προκαλείται μέσω του φωτός, αν και το προσδιορίσαμε αντικειμενικά με τις χρωματικές παραμέτρους L*, C* και h*. Η επίδραση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στο χρώμα του ελάχιστα επεξεργασμένου προϊόντος μετρήθηκε με τρεις τρόπους για όσο το δυνατό καλύτερης παρουσίασης: πάνω στις τομές, που αποτελούν και το πιο ευαίσθητο σημείο, πάνω στο κομμένο προϊόν, που είχε τοποθετηθεί σε σωρό και στο χυμό που παίρναμε από 100 g φρεσκοκομμένου προϊόντος. Όσον αφορά στις μετρήσεις επί των τομών, στους 0°C η μεταβολή της φωτεινότητας (L*) παρουσίασε ελάχιστη μείωση για τους χειρισμούς 1 και 2, ενώ ο 3 και 4 παρέμειναν μέχρι τέλος (13^η ημέρα) στα αρχικά επίπεδα. Το Chroma παρέμεινε σταθερό σε όλες τις περιπτώσεις και το h* το ίδιο. Οι μετρήσεις του κομμένου προϊόντος σε διάταξη σωρού που συντηρήθηκε στους 0°C, δείχνει διατήρηση της φωτεινότητας σε υψηλά επίπεδα χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές, με μικρή εξαίρεση για τον μάρτυρα που στο τέλος της συντήρησης παρουσίασε την υψηλότερη τιμή. Το C* και h* κυμάνθηκαν στις αρχικές τιμές. Στην περίπτωση της μεταβολής του χρώματος του χυμού της κομμένης πιπεριάς που συντηρήθηκε στους 0°C, δεν παρατηρούνται και πάλι αποκλίσεις όπως και στους προηγούμενους τρόπους μέτρησης για τη

φωτεινότητα, το χρώμα και το h^* . Όσον αφορά τώρα στη συντήρηση στους 5°C , οι τομές παρουσιάζουν αμετάβλητη φωτεινότητα καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης, το Chroma υποχωρεί από τις πρώτες κιόλας ημέρες σε όλους τους χειρισμούς αλλά τις μικρότερες απώλειες χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάζουν οι χειρισμοί 1 και 2. Το h^* αποκλίνει μόνο για τον μάρτυρα, παρουσιάζοντας στο τέλος της συντήρησης τη χαμηλότερη τιμή. Οι μετρήσεις φωτεινότητας, C^* και h^* του κομμένου προϊόντος δεν έδειξαν σημαντικές αποκλίσεις στους χειρισμούς συνολικά. Οι μετρήσεις του χυμού διατηρήθηκαν και αυτές στις αρχικές τιμές με αλαφριά μείωση κατά το τέλος της συντήρησης για τους χειρισμούς 1 και 2 και ελαφριά αύξηση για τους 3 και 4. Η συγκριτική μελέτη έδειξε ότι η φωτεινότητα σε όλους του χειρισμούς και στις 2 θερμοκρασίες παρέμεινε στις αρχικές τιμές, αν και οι μετρήσεις του χυμού ήταν υψηλότερες σε σύγκριση με τους 2 άλλους τρόπους μέτρησης, που δείχνει ότι ήταν λιγότερο σκούρος από το προϊόν, ενώ το ίδιο φάνηκε και με τις μετρήσεις του Chroma και του h^* , αλλά στην περίπτωση του h^* στις τιμές που μετρήθηκαν στο χυμό ήταν μειωμένες σε σύγκριση με τους άλλους 2 τρόπους μέτρησης. Συμπερασματικά, αποδεικνύεται η συμβολή της συσκευασίας και της θερμοκρασίας (0 και 5°C) στην ομαλή διατήρηση των χρωματικών παραμέτρων στις αρχικές τιμές κατά τη συντήρηση της κομμένης πιπεριάς.

Η υφή αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά για την ποιότητα των οπωροκηπευτικών. Σύμφωνα με τους Garcia and Barrett (2002), βασικός συντελεστής της υφής είναι γενετικός παράγοντας, αν και υπάρχουν και άλλοι παράγοντες όπως η μορφολογία, η κατασκευή της κυτταρικής μεμβράνης, η σπαργή των κυττάρων, το περιεχόμενο νερό και τα βιοχημικά συστατικά. Η αντίσταση στην πίεση στο τέλος της συντήρησης (13^η ημέρα) ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη σε όλους τους χειρισμούς που συντηρήθηκαν στους 0°C σε σύγκριση αυτούς που συντηρήθηκαν στους 5°C , αν και σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις η υφή διατηρήθηκε σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές. Σύμφωνα με τους Gonzalez-Aguilar et al. (2004), η χρήση της MAP έδειξε αξιόλογη μείωση της απώλειας της υφής, με πιο εμφανή αποτελέσματα στις φρεσκοκομμένες πιπεριές που συντηρήθηκαν στους 5°C απ' ότι σε αυτές που συντηρήθηκαν στους 10°C .

Μετά το πέρας των 13 ημερών συντήρησης στους 0°C , παρατηρείται ελάχιστη μείωση (διατήρησαν το 90 έως 95%) της συγκέντρωσης της βιταμίνης C στους χειρισμούς 1 και 2 και ακόμα μικρότερες απώλειες παρουσιάζουν οι χειρισμοί 3 και 4 (διατήρησαν το 98 έως 100%). Στους 5°C όχι μόνο διατηρήθηκε η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C, αλλά παρατηρήθηκε και αύξηση που κυμάνθηκε από 30 έως 59%. Οι Pilon et al. (2006) κατά τη συντήρηση της φρεσκοκομμένης πιπεριάς σε θερμοκρασία $1^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ για 21 ημέρες, παρατήρησαν ελαφρές καθοδικές διακυμάνσεις των επιπέδων συγκέντρωσης σε βιταμίνη C κατά τη συνολική χρονική διάρκεια συντήρησης, ενώ και οι Benedetti et al. (2002) παρατήρησαν παρόμοια αποτελέσματα σε πιπεριά κομμένη σε ροδέλες που συσκευάστηκε σε δισκία από διογκωμένο πολυστυρόλιο (PS), περιτυλίχθηκε με μεμβράνη PVC και συντηρήθηκε στους 5°C για 10 ημέρες, όπου η ελάχιστη απώλεια σε βιταμίνη C αποδόθηκε στην εξίδρωση που έλαβε χώρα από τις πιπεριές. Οι Hussein et al. (2000) παρατήρησαν μείωση των επιπέδων συγκέντρωσης βιταμίνης C σε τέσσερις διαφορετικές συσκευασίας με φρεσκοκομμένη πιπεριά κατά τη διάρκεια συντήρησης (10 ημέρες) στους 4°C και αναφέρουν ότι δεν έχει επαρκώς τεκμηριωθεί η επίδραση της ελάχιστης επεξεργασίας και της συσκευασίας στη θρεπτική ποιότητα, συμπεριλαμβανομένης και της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C των οπωροκηπευτικών, καθώς μερικές μελέτες επισημαίνουν ότι τα συσκευασμένα φρεσκοκομμένα οπωροκηπευτικά διατήρησαν τη

βιταμίνη C για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα απ' ό,τι τα οπωροκηπευτικά που δεν μεταπονήθηκαν. Σύμφωνα με τον Gorny (2007) η υψηλή συγκέντρωση CO₂ προκαλεί μείωση της συγκέντρωσης βιταμίνης C σε κομμένη σαλάτα μαρουλιού τύπου Romaine. Δεν υπάρχουν πολλά δεδομένα σχετικά με την επίδραση της προετοιμασίας των χειρισμών και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) στη θρεπτική αξία των φρεσκοκομμένων φρούτων και λαχανικών. Ειδικά στην περιεκτικότητα σε βιταμίνες και δη στη βιταμίνη C. Υπάρχουν έρευνες που αναφέρουν ότι τα ελάχιστα επεξεργασμένα φυτικά όργανα περιέχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε βιταμίνη C (Klein, 1987; McCarthy & Matthews, 1994). Η απώλεια της βιταμίνης C αυξάνεται από την απώλεια ύδατος (Barth et al., 1990; Nunes et al., 1998) και η σχετική σταθερότητα της ή η αποικοδόμηση της εξαρτάται από τη θερμοκρασία και το είδος (Klein, 1987). Μερικοί χειρισμοί έχει αποδειχθεί ότι διατηρούν υψηλότερα ποσοστά βιταμίνης C σε ορισμένα φρεσκοκομμένα φρούτα και λαχανικά. Σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (μειωμένο O₂ +/-, υψηλή συγκέντρωση CO₂) διατήρησαν υψηλότερα ποσοστά βιταμίνης C τα μπρόκολα (Barth et al., 1993; Barth & Zhuang, 1996; Paradis et al., 1996), η πιπεριά (Howard & Hernandez-Breues, 1998; Senesi et al., 2000) και το λεμόνι (Artés-Hernandez et al., 2007).

Η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά διατηρήθηκε στα αρχικά επίπεδα σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις και παρουσιάστηκε μάλιστα μια μικρή αύξηση της περιεκτικότητας στους χειρισμούς 1 και 2 (7%) κατά τη συντήρηση στους 0°C και μεγαλύτερη αύξηση στο μάρτυρα (21%), που οφείλεται στη συμπύκνωση λόγω απώλειας ύδατος (2%). Στους 5°C οι χειρισμοί 3 και 4 παρουσίασαν μικρή αύξηση (5-8%) και μόνο ο χειρισμός 1 παρουσίασε μείωση της τάξης του 10%. Σύμφωνα με τους Lopez et al. (1997) τα σάκχαρα στην κομμένη πράσινη πιπεριά ελαττώνονται ελαφρά στους 5°C όμως είναι θέμα ποικιλίας γιατί σε ορισμένες ποικιλίες η μείωση παρουσιάζεται μετά τη 12^η ημέρα.

Η συνολική εκτίμηση της κομμένης πιπεριάς διατηρήθηκε καλύτερα στους 0°C παρά στους 5°C. Οι χειρισμοί 1 και 2 διατήρησαν την ποιότητα της κομμένης πιπεριάς σχεδόν στα αρχικά επίπεδα. Στο τέλος της συντήρησης στους 0°C οι πιπεριές όλων των χειρισμών είχαν τιμές υψηλότερες της οριακής τιμής εμπορίας. Στους 5°C ο μάρτυρας (χειρισμός 4) τη 12^η ημέρα ήταν μόλις εμπορεύσιμος, ενώ ο χειρισμός 3 στο τέλος της συντήρησης παρουσίασε οριακή τιμή.

Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα που δημιουργήθηκε στην περίπτωση των χειρισμών 1 και 2 και στις 2 θερμοκρασίες με τις υψηλές συγκεντρώσεις του CO₂ και τις χαμηλές O₂, διατήρησαν το χρώμα την υφή και τη γενική εμφάνιση της κομμένης πιπεριάς. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα αποτελέσματα των Weichmann (1987), Herner (1987) και Lopez (1997). Όσον αφορά στην αλλαγή του χρώματος στις τομές στους 0°C, οι χειρισμοί 1, 2 και 3 τη διατήρησαν σε χαμηλά επίπεδα μέχρι το τέλος της συντήρησης. Πιο αποτελεσματικοί ήταν οι χειρισμοί 1 και 2. Στους 5°C μόνο οι χειρισμοί 1 και 2 διατήρησαν την πιπεριά εμπορεύσιμη μέχρι το τέλος της συντήρησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑγροΤύπος Α.Ε., 2005. *Αφιέρωμα Μελιτζάνα & Πιπεριά*, Εκδ. Γεωργία Κτηνοτροφία, Τεύχος 9, σελ. 6-84
- Ahvenainen, R. 1996. *New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables*. Trends in Food Science & Technology 7: 179-186.
- Αρβανιτογιάννης, Σ., Ι., Μποςνέα, Λ., 2001. *Στοιχεία Τεχνολογίας, Μεταποίησης & Συσκευασίας Τροφίμων*. Εκδ. University Studio Press Α. Ε., Θεσσαλονίκη.
- Artés-Hernández, F., Rivera-Cabrera, F., Kader, A., A., 2007. *Quality retention and potential shelf-life of fresh-cut lemons as affected by cut type and temperature*. Postharvest Biology and Technology 43: 245–254.
- Barth, M., M., Kerbel, E., L., Perry, A., K. and Schmidt, S., J., 1993. *Modified atmosphere packaging affects ascorbic acid, enzyme activity and marked quality of broccoli*. Journal of Food Science 58, pp. 140–143.
- Barth, M., M., Perry, A., K., Schmidt, S., J., Klein, B., P., 1990. *Misting effects on ascorbic acid retention in broccoli during cabinet display*. Journal of Food Science 55 (4), 1187–1188.
- Barth M., M., Zhuang, H., 1996. *Packaging design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during postharvest storage*, Postharvest Biol. Technol. 9, pp. 141–150
- Barth, M., M., Zhuang, H., Saltveit, M., E. 2002. *Fresh-cut vegetables*. In: The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. Eds: Gross, K.,C., Wang, C., Y. and Saltveit, M.,E. USDA Handbook No. 66. 3rd Edition. Washington D.C.: Agricultural Research Service.
- Benedetti, B., C., Golinelli, C., C., Sarantópoulos, C., I., G., L., 2002. *Avaliação de pimentão minimamente processado em rodela e tiras, armazenado nas temperaturas de 5 e 10°C*, In: Congresso Brasileiro De Ciência E Tecnologia De Alimentos., Porto Alegre: SBCTA, n. 18, pp. 1241-1245
- Beuchat, L., R., 1998. *Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review*. Food Safety Issues. Food Safety Unit, World Health Organization, pp. 42, <http://www.pestlaw.com/x/international/WHO-19991100A.html> (Προσπελάστηκε 19.7.05).
- Bosland, P., W., 1996. *Capsicums: Innovative uses of an ancient crop*. In: J. Janick (ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Arlington, VA, pp. 479-487 http://www.calantilles.com/capsicum_peppers.htm (Προσπελάστηκε 19.7.05).
- Brackett, R., E., 1994. *Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. In: Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables, Ed: Wiley, R. C., New York: Chapman and Hall, p. 269-312.
- Brody, A., L., 1989. *Microbiological safety of modified/controlled atmosphere/vacuum packaged foods*. In: Controlled/modified atmosphere/vacuum packaging of foods. Ed: Brody, A., L., pp. 159-174. Food & Nutrition Press, Inc, Trumbull, Connecticut.
- Buck, J., W., Walcott, R., R., Beuchat, L., R. 2003. Recent trends in microbiological safety of fruits and vegetables. Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2003-0121-01-RV. <http://www.apsnet.org/online/feature/safety/> (Προσπελάστηκε 18.8.2007)

- Γεωργική Τεχνολογία, 2000. *Κηπευτικά 2000: Πιπεριά*. Εκδ. Γεωργική Τεχνολογία, Ειδική ετήσια θεματική έκθεση, σελ. 68-70.
- Cantwell, M., 2002. *Postharvest Handling Systems: minimally processed fruits and vegetables*. U.s.a., <http://vric.ucdavis.edu/selectnewtopic.minproc.htm> (Προσπελάστηκε 7.7.05).
- Finn, M., 1997. *Hygiene Review: Safety of modified atmosphere packaged vegetables*. The Society of Food Hygiene and Technology, The Granary, Middleton House Farm, Middleton. http://www.sofht.co.uk/isfht/irish_97_atmosphere.htm (Προσπελάστηκε 7.7.08).
- Francis, G., A., Thomas, C., O'Beirne, D., 1999. *The microbiological safety of minimally processed vegetables*. International Journal of Food and Science Technology 34: 1-22.
- Ζευς Α.Ε., 2001. *Κηπευτικά: Μελιτζάνα – Πιπεριά*. Εκδ. Ζευς Α.Ε., Ετήσια ειδική έκδοση, σελ. 40-87.
- Gaby, A., R., Wright, J., V., Batz, F., Chester, R., Constantine, G., Thompson, L., D., 2006. *The Natural Pharmacy. Complete A-Z Reference to Natural Treatments for Common Health Conditions*. 3rd revised & updated edition. Three River Press, NY.
- Garcia, E., L. and Barrett, D., M., 2002. *Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables*. In: Fresh-cut Fruits and Vegetables, Science, Technology, and Market. Ed: Lamikanra, O., Technomic Publishing Company, CRC Press, Boca Raton, Fl., pp. 267-303.
- Gómez-López, V., M., 2006. *Decontamination treatments to prolong the shelf-life of minimally processed vegetables*. Thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of doctor (Ph.D.) in Applied Biological Sciences. Faculty of Bioscience Engineering, University of Ghent.
- Gómez-López, V., M., Devlieghere, F., Bonduelle, V., Debevere, J. 2005. *Intense light pulses decontamination of minimally processed vegetables and their shelflife*. International Journal of Food Microbiology. 103:79-89.
- González-Aguilar, G., A., 2002. *Peppers*. In: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Crops. Eds: Gross, K., C., Wang, C., Y. and Saltveit, M., E. Agriculture Handbook 66, USDA, Agricultural Research Service, Beltsville <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/index.html> (Προσπελάστηκε 28.8.06).
- González-Aguilar, G., A., Ayala-Zavala, J., F., Ruiz-Cruz, S., Acedo-Félix, E., Díaz-Cinco, M., E., 2004. *Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers*. Lebensm.-Wiss. U.-Technol. 37(8): 817-826.
- Gorny, J., R., 2001. *A summary of CA and MA requirements and recommendations for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables*. pp 95-145. Postharvest Horticulture Series No. 22A, University of California, Davis. <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Storage/CARfreshcut.pdf> (προσπελάστηκε 5.5.07)
- Gorny, J., R., 2007. *Fresh-cut Vegetables Products: Overview and Challenges*. Postharvest Technology, Research & Information Center. <http://postharvest.ucdavis.edu/datastorefiles/234-770.pdf> (προσπελάστηκε 1.10.07)
- Ηλιόπουλος, Α., 2002. *Οδηγίες συγγραφής και παρουσίασης επιστημονικών εργασιών*. ΤΕΙ Καλαμάτας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής

- Herner, R., C., 1987. *High CO₂ effects on plant organs*. In: *Postharvest physiology of vegetables*. Ed: Weichmann, J., New York: Marcel Dekker, 239–253.
- Hoffmann, D., 2003. *Medical Herbalism: The Science and Practice of Herbal Medicine*. Healing Arts Press. Rochester, Vermont.
- Howard, L., R., Hernandez-Brenes, C., 1998. *Antioxidant content and market quality of jalapeno pepper rings as affected by minimal processing and modified atmosphere packaging*. *Journal of Food Quality* 21 (4): 317–327.
- Hussein, A., Odumeru, J., A., Ayanbadejo, T., Faulkner, H., McNab, W., B., Hager, H., Szijarto, L., 2000. *Effects of processing and packaging on vitamin C and β-carotene content of ready-to-use (RTU) vegetables*. *Food Research International*, 33: 131-136
- Κανάκης, Α., Γ., 1998. *Καλλιέργεια λαχανικών στο θερμοκήπιο: Τομάτα, Πιπεριά, Μελιτζάνα, Μαρούλι, Φασολάκι*. Εκδ. Αθ. Σταμούλη.
- Kartesz, J., 2005. *Capsicum annum L., Taxonomy and Nomenclature, Taxonomic Hierarchy*. Integrated Taxonomic Information System (ITIS). http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=Scientific_Name&search_kingdom=every&search_span=exactly_for&categories=All&source=html&search_credRating=All&search_value=Capsicum%20annuum (Προσπελάστηκε 7.7.05)
- Klein, B., P., 1987. *Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables*. *Journal Food Qual.*, 10 (3) , 179–193
- Legnani, P., P., Leoni, E., 2004. *Effect of processing and storage conditions on the microbiological quality of minimally processed vegetables*. *International Journal of Food Science & Technology* 39: 1061-1068.
- Λέκκας, Θ., 2005. *Εναλλακτικές μέθοδοι απολύμανσης του πόσιμου νερού*. Τελική έκθεση. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Ποιότητας Υδάτων και Αέρα, Μυτιλήνη, <http://www.ath.aegean.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=6322> (Προσπελάστηκε 30.9.07).
- Lopez-Galvez, G., El-Bassuoni, R., Nie, X., Cantwell, M., 1997. *Quality of red and green fresh-cut peppers stored in controlled atmospheres*. In: *Proceedings of the 7th International Controlled Atmosphere Conference, Postharvest Horticulture Series - Department of Pomology, University of California, Issue: No. 19*, pp. 152-157.
- Magnuson, J., A., King, A., D. Jr. & Torok, T., 1990. *Microflora of partially processed lettuce*. *Applied and Environmental Microbiology*, 56, pp. 3851-3854.
- Manvell, P., M. & Ackland, M., R., 1986. *Rapid detection of microbial growth in vegetables salads at chill and abuse temperatures*. *Food Microbiology*, 3, pp. 59-65
- Μανωλοπούλου, Ε., 2000. Εργαστηριακές σημειώσεις. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καλαμάτας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής.
- Μανωλοπούλου, Ε., 2003. Μελέτη Περίπτωσης: “Συσκευασία Αφυδατωμένων Γεωργικών Προϊόντων.” Ειδικό μέρος: Τμήμα Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων, Μάθημα: Οργάνωση Μικρομεσαίων Επαγγελματικών Επιχειρήσεων, Υπόεργο: Ενθάρρυνση Επιχειρηματικότητας Στο ΤΕΙ Καλαμάτας, Έργο: Επιχειρείν Στα ΤΕΙ Πειραιά & Καλαμάτας, ΕΠΕΑΕΚ.
- Marchetti, R., Casadei, M., A. & Guerzoni, M., E. 1992. *Microbial population dynamics in ready to use vegetable salads*. *Italian Journal of Food Science*, 4, pp. 97-108.

- McCarthy, M., A., Matthews, R., H., 1994. *Nutritional quality of fruits and vegetables subject to minimal processes*. In: Minimally processed refrigerated fruits and vegetables, Ed: Wiley, R., C., Chapman & Hall, London, pp. 313–326.
- Meir, S., Rosenberg, I., Aharon, Z., Grinberg, S. and Fallik, E., 1995. *Improvement of the Postharvest Keeping Quality and Color Development of Bell Pepper (cv. 'Maor') by Packaging with Polyethylene Bags at a Reduced Temperature*. *Postharvest Biology and Technology* 5: 303-309.
- Mir, N., A. and Beaudry, R., M., 2001. Handbook 66: *Modified atmosphere packaging*, United States Department of Agriculture Publication (submitted)
- Μπαμπινιώτης, Γ., 2002. *Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας*. Κέντρο Λεξικολογίας, 2^η έκδοση, Αθήνα.
- Μπλούκας, Γ., Ι., 2004a. *Επεξεργασία & Συντήρηση Τροφίμων*. Εκδ. Αθ. Σταμούλη, Αθήνα.
- Μπλούκας, Γ., Ι., 2004b. *Συσκευασία Τροφίμων*. Εκδ. Αθ. Σταμούλη, Αθήνα.
- Nunes, M., C., N., Brecht, J., K., Morais, A., M., M., B., and Sargent, S., A. 1998. *Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling*. *Journal of Food Science* 63:6, 1033–1036.
- Ολύμπιος, Χ., Μ., 2001. *Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια*. Εκδ. Αθ. Σταμούλης, Αθήνα, σελ. 772.
- Omafra (Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). Food Safety and Environment Division, 2003. *Minimally Processed Vegetable Risk Assessment, Introduction and Summary*. Food Safety Risk Assessment, Foods of Plant Origin, Ontario. http://www.omafra.gov.on.ca/english/food/inspection/fruitveg/riskassessment_pdf/mpv/30ra.pdf (Προσπελάστηκε 7.7.05)
- Πάπυρος Λαρούς Μπριτάνικα Εγκυκλοπαίδεια, 2007. *Όζον*: Τόμος 40, σ. 95-96; *Όζοντισμός*: Τόμος 40, σ. 97; *Πιπεριά*: Τόμος 42, σ. 519-520, *Συσκευασία*: Τόμος 48, σ. 655, 656. Εκδ. Πάπυρος, Αθήνα.
- Paradis, C., Castaigne, F., Desrosiers, T., Fortin, T., Rodrigue, N., Willemot, C., 1996. *Sensory, nutrient and chlorophyll changes in broccoli florets during controlled atmosphere storage*. *Journal of Food Quality* 19 (4): 303–316
- Parish, M., Beuchat, L., Suslow, T., Harris, L., Garrett, E., Farber, J., and Busta, F., 2003. *Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce*. *Comp. Rev. Food Sci. Food Safety* 2(S1):161-173. <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00033.x> (Προσπελάστηκε 18/8/07)
- Pilon, L., Oetterer, M., Gallo, C., R., Spoto, M., H., F., 2006. *Shelf life of minimally processed carrot and green pepper*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, pp. 150-158.
- Prince, T., A., 1989. *Modified atmosphere packaging of horticultural commodities*. In: *Controlled/Modified Atmosphere/Vacuum Packaging of Foods*. Ed: Brody, A., L., pp. 67 – 117. Food & Nutrition Press, Inc, Trumbull, Connecticut.
- Purseglowe, J.,W., 1979. *Tropical crops. Dicotyledons*. Longman Group Limited London. P, p. 719.
- Ramamurthy, M.S., Kamat, A., Kakatkar, A., Ghadge, N., Bhushan, B., Alur, M., 2004. *Improvement of shelf-life and microbiological quality of minimally processed refrigerated capsicum by gamma irradiation*. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, Volume 55, Number 4, pp. 291-299.

- Senesi, E., Prinzivalli, C., Sala, M., Gennari, M., 2000. *Physicochemical and microbiological changes in fresh-cut green bell peppers as affected by packaging and storage*. Italian Journal of Food Science 12: 55-64.
- Sivertsvik, M., Rosnes, J., T., Bergslien, H., 2002. Chapter 4: *Modified Atmosphere Packaging*. In: Minimal processing technologies in the food industry. Eds: Ohlsson, T., Bengtsson, N., Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, U.K. pp. 61-86.
- Σφακιωτάκης, Ε., 2004. *Μετασυλλεκτική Φυσιολογία και Τεχνολογία Νοπών Οπωροκηπευτικών Προϊόντων*. Εκδ. τυρο Man, Θεσσαλονίκη.
- Tareq, A-A., Hotchkiss, J., H., 2002. *Application of Packaging and Modified Atmosphere to Fresh-cut Fruits and Vegetables*. In: Fresh-cut Fruits and Vegetables, Science, Technology, and Market. Ed: Lamikanra, O., Technomic Publishing Company, CRC Press, Boca Raton, Fl., pp. 311-344.
- Τεγόπουλος – Φυτράκης, 2002. *Μείζον Ελληνικό Λεξικό (MEL)*, Ηλεκτρονική έκδοση.
- Toivonen, P., M., A., DeEll, J., R., 2002. *Physiology of fresh-cut fruits and vegetables*. In: Fresh-cut Fruits and Vegetables, Science, Technology, and Market. Ed: Lamikanra, O., Technomic Publishing Company, CRC Press, Boca Raton, Fl., pp. 91-123
- Toivonen, P., M., A., Stan, S., 2004. *The effect of washing on physicochemical changes in packaged, sliced green peppers*. International Journal of Food Science & Technology 39 (1), 43–51.
- Turtoi, M., Nicolau, A., 2006. Intense light pulse treatment as alternative method for mould spores destruction on paper-polyethylene packaging material, Journal of Food Engineering, Elsevier Ltd., 83(1), November 2007, 47-53;
- Wang, C., Y. 2002. *Chilling and freezing injury*. In: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Crops. Eds: Gross, K.,C., Wang, C., Y. and Saltveit, M., E., USDA Handbook No. 66. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/index.html> (Προσπελάστηκε 23.8.06).
- Watada, A., E., Ko, N., P., and Minott, A., D., 1996. *Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products*. Postharvest Biology and Technology 9: 115 125.
- Watada, A., E., Qi, L., 1999. *Quality of fresh-cut produce*. Postharvest Biol. Technol. 15, 201–205.
- Webb, T., A. & Mundt, J., O., 1978. *Molds on vegetables at the time of harvest*. Applied and Environmental Microbiology, 35, pp. 655-658.