



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ IV: ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΡΟΦΙΜΩΝ

# ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΙΚΑ – ΕΔΩΔΙΜΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΣΕ ΕΨΥΓΜΕΝΑ ΦΡΟΥΤΑ ΚΑΙ ΛΑΧΑΝΙΚΑ

---

Εφαρμογή σε φράουλες και  
σπαράγγια

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΡΑΛΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Κ. Τζια

ΑΘΗΝΑ, 2010



*...στην οικογένειά μου*



## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας Ε.Μ.Π. κα Κ. Τζια.

Ευχαριστώ την κα Τζια, τόσο για την ανάθεση του θέματος, όσο και για την καθοδήγηση και βοήθεια που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια αυτής της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα παιδιά του εργαστηρίου για το ενδιαφέρον τους, για την προθυμία τους να βοηθήσουν σε κάθε απορία μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και το φιλικό μου περιβάλλον για την αμέριστη συμπαράσταση, ενθάρρυνση και βοήθεια που μου προσέφεραν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, και φυσικά στο διάστημα εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Αθήνα, Ιούλιος 2010

Καραλής Στυλιανός



## Περίληψη

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματική εργασίας είναι η μελέτη της εφαρμογής εδώδιμων επικαλυπτικών μεμβρανών σε δύο ελαφρώς επεξεργασμένα, νωπά, αγροτικά προϊόντα, φράουλες (ολόκληρες και τεμαχισμένες) και σπαράγγια, καθώς και η επίδραση αυτών των εφαρμογών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά και τη διατηρησιμότητα των συγκεκριμένων φρούτων και λαχανικών, κατά τη συντήρηση υπό ψύξη.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά ήταν για τις φράουλες και τα σπαράγγια η υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HPMC) σε περιεκτικότητα 2% επί του επικαλυπτικού διαλύματος, η χιτοζάνη σε περιεκτικότητα 1,5% διαλυμένη σε υδατικό διάλυμα οξικού οξέος συγκέντρωσης 1,5% και μείγμα χιτοζάνης-HPMC (1% χιτοζάνη και 1% HPMC). Το μείγμα ήταν 50:50 για τις φράουλες, ενώ για τα σπαράγγια χρησιμοποιήθηκαν δυο αναλογίες χιτοζάνης-HPMC, 7:3 και 3:7. Ακόμη, για της φράουλες χρησιμοποιήθηκε διάλυμα χιτοζάνης 1,5% σε διάλυμα κιτρικού οξέος συγκέντρωσης 1,5%. Επιπλέον, στα σπαράγγια δοκιμάστηκε και διάλυμα χιτοζάνης υψηλότερης συγκέντρωσης 2%, διαλυμένο σε υδατικό διάλυμα οξικού οξέος 2%.

Η επιλογή των συγκεντρώσεων αυτών έγινε με βάση βιβλιογραφικές αναφορές εφαρμογών των συγκεκριμένων επικαλυπτικών στα ίδια ή σε παρόμοια προϊόντα. Η μελέτη της επίδρασης της επικάλυψης από HPMC συνδυάστηκε και με τροποποιημένη ατμόσφαιρα σε 4 διαφορετικές ατμοσφαιρικές συνθήκες: i) ατμοσφαιρικό αέρα, ii) υπό κενό, iii) μείγμα 80% CO<sub>2</sub>-20% ατμοσφαιρικό αέρα και iv) μείγμα 80% N<sub>2</sub>, 15% CO<sub>2</sub> και 5% O<sub>2</sub>. Η αποθήκευση των δειγμάτων έγινε σε ψύξη σε θερμοκρασία 2-4 °C.

Για τον προσδιορισμό της διατηρησιμότητας και της μεταβολής των ποιοτικών χαρακτηριστικών της φράουλας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για μεταβολή βάρους, μεταβολή χρώματος, pH, βιταμίνης C, καθώς και οργανοληπτική αξιολόγηση. Για τον προσδιορισμό της διατηρησιμότητας και της μεταβολής των ποιοτικών χαρακτηριστικών του σπαραγγιού πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για μεταβολή βάρους, μεταβολή χρώματος, υφής και οργανοληπτική αξιολόγηση. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων επεξεργάστηκαν στατιστικά και αναλύθηκαν.

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων για τις φράουλες, για την επικάλυψη με HPMC, χιτοζάνη και μείγμα αυτών, βρέθηκε ότι καλύτερα αποτελέσματα ελήφθησαν για τις φράουλες που επικαλύφθηκαν με χιτοζάνη και το μείγμα χιτοζάνης-HPMC. Η επικάλυψη με HPMC, επηρέασε αρνητικά τη γεύση, την εμφάνιση και άλλα χαρακτηριστικά των δειγμάτων, με αποτέλεσμα να τις καθιστά μη αποδεκτές οργανοληπτικά. Οι μεμβράνες χιτοζάνης και μείγματος παρεμπόδισαν την απώλεια βάρους, την υποβάθμιση του χρώματος και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων (γεύση, άρωμα, σκληρότητα), παρατείνοντας συνεπώς και το χρόνο ζωής τους. Δεν παρουσίασαν ωστόσο ικανοποιητική αντίσταση στη διατήρηση της συνολικής τους εμφάνισης, γεγονός που έγινε αντιληπτό κυρίως οργανοληπτικά.

Για τα σπαράγγια η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, έδειξε ότι για την επικάλυψη με HPMC, χιτοζάνη και μείγματα αυτών, καλύτερα αποτελέσματα ελήφθησαν για τις φράουλες που επικαλύφθηκαν με χιτοζάνη και το μείγμα χιτοζάνης-HPMC σε αναλογία 7:3. Η επικάλυψη με HPMC, επηρέασε θετικά τη σκληρότητα, όχι όμως την απώλεια βάρους και τα άλλα χαρακτηριστικά των δειγμάτων, με αποτέλεσμα να τις καθιστά μη αποδεκτές οργανοληπτικά. Οι μεμβράνες χιτοζάνης και μείγματος 70% χιτοζάνη – 30% HPMC παρεμπόδισαν την απώλεια βάρους, την υποβάθμιση του χρώματος και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων (γεύση, άρωμα, σκληρότητα), παρατείνοντας συνεπώς και το χρόνο ζωής τους.

Η επιλογή ενός εδωδιμου επικαλυπτικού, για τη συντήρηση της φράουλας ή του σπαραγγιού, πρέπει να γίνεται με βάση τις ανάγκες που πρόκειται να ικανοποιήσει. Είναι δύσκολο μία επικάλυψη να ικανοποιεί ταυτόχρονα όλες τις ποιοτικές συνιστώσες (απώλεια βάρους, φωτεινότητα, χρώμα, σκληρότητα, κλπ.) κατά τη συντήρηση των προϊόντων. Επομένως, ανάλογα με τη βαρύτητα που δίνεται στη διατήρηση του καθενός ποιοτικού χαρακτηριστικού των νωπών προϊόντων, επιλέγεται και η καταλληλότερη επικάλυψη. Γενικά από όλες τις επικαλύψεις που μελετήθηκαν, πιο ισορροπημένες βρέθηκε ότι είναι οι επικαλύψεις που είχαν ως βασικό συστατικό τη χιτοζάνη.



## Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	4
Περίληψη.....	6
1 Εισαγωγή.....	14
1.1.1 Φράουλα: Ιστορία και προέλευση .....	14
1.1.2 Η καλλιέργεια της φράουλας στην Ελλάδα .....	15
1.1.3 Σπαράγγι: Ιστορία και προέλευση .....	15
1.1.4 Η καλλιέργεια των σπαραγγιών στην Ελλάδα .....	17
2 Θεωρητικό Μέρος.....	22
2.1 Φρούτα και λαχανικά .....	22
2.1.1 Φρούτα - ορισμός.....	22
2.1.2 Ορολογία .....	22
2.1.3 Σύσταση.....	23
2.2 Οφέλη για την υγεία από την αυξημένη κατανάλωση φρούτων και λαχανικών 26	
2.2.1 Εισαγωγή .....	26
2.2.2 Απόδειξη της ωφέλειας.....	27
2.2.3 Φρούτα και λαχανικά: συστατικά και τρόποι δράσης.....	28
2.2.4 Αντιοξειδωτικά σε φρούτα, μούρα και λαχανικά .....	30
2.2.5 Μούρα .....	32
2.2.6 Αντιοξειδωτικά σε λαχανικά: γενικά .....	33
2.3 Ποιοτική υποβάθμιση των νωπών φρούτων και λαχανικών .....	34
2.3.1 Εισαγωγή .....	34
2.3.2 Φυσικές αλλοιώσεις κατά τη συγκομιδή και τη διαχείριση .....	34
2.3.3 Αναπνοή.....	35

2.3.4	Θερμοκρασία και σχετική υγρασία .....	35
2.3.5	Αφυδάτωση .....	36
2.3.6	Αιθυλένιο .....	37
2.3.7	Γήρανση .....	39
2.3.8	Συμπληρωματικές μέθοδοι επεξεργασίας των προϊόντων .....	39
2.3.9	Μύκητες και παθογόνα βακτήρια.....	40
2.3.10	Συμπληρωματικές τεχνικές που περιλαμβάνουν έλεγχο του περιβάλλοντος.....	42
2.3.11	Γεύση και άρωμα εναντίον διάρκειας ζωής εμφάνισης ελαφρώς επεξεργασμένων προϊόντων φρούτων .....	42
2.4	Μετασυλλεκτική επεξεργασία.....	43
2.4.1	Ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά .....	43
2.4.2	Ορισμός .....	43
2.4.3	Ορολογία .....	44
2.4.4	Ιστορικό .....	44
2.4.5	Κατηγορίες προϊόντων .....	44
2.4.6	Ποιοτικά χαρακτηριστικά ελαφρώς επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών	45
2.5	Συντήρηση.....	46
2.5.1	Συντήρηση σε ψύξη (κοινά ψυγεία).....	46
2.5.2	Απώλεια νερού και συντήρηση οπωροκηπευτικών (αφυδάτωση)	47
2.5.3	Τροποποιημένη ατμόσφαιρα .....	48
2.5.4	Εδώδιμες μεμβράνες (Edible coatings) .....	50
2.6	Ποιοτικές παράμετροι .....	52
2.6.1	Εμφάνιση – οπτικοί ποιοτικοί παράγοντες.....	53
2.6.2	Υφή.....	55

2.6.3	Γεύση (Flavor) και άρωμα (aroma).....	55
2.6.4	Διατροφική αξία .....	57
2.7	Προγράμματα διασφάλισης της ποιότητας .....	57
2.8	Εδώδιμες μεμβράνες και επικαλυπτικά .....	59
2.8.1	Υλικά – Ιδιότητες – Αποτελεσματικότητα. ....	59
2.8.2	Σύνθεση εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων. ....	66
2.8.3	Χιτίνη/Χιτοζάνη .....	71
2.8.4	Κυτταρίνη - HPMC (hydroxypropylmethylcellulose) .....	74
2.8.5	Ορός γάλακτος – WPI (whey protein isolate).....	75
2.9	Φράουλα – Μεταβολές – Συντήρηση.....	76
2.9.1	Βοτανική .....	76
2.9.2	Η φράουλα ως τρόφιμο.....	76
2.9.3	Συντήρηση .....	77
2.9.4	Βοτρύτης (γκρίζα μούχλα).....	79
2.9.5	Εφαρμογές εδώδιμων επικαλυπτικών σε φράουλες.....	79
2.10	Σπαράγγια – Μεταβολές – Συντήρηση.....	80
2.10.1	Πράσινα σπαράγγια και η παραγωγή τους.....	80
2.10.2	Βοτανική .....	81
2.10.3	Το σπαράγγι ως τρόφιμο.....	81
2.10.4	Ποιότητα .....	82
2.10.5	Μετασυλλεκτικές αλλαγές .....	83
2.10.6	Συντήρηση .....	84
2.10.7	Συντήρηση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα .....	86
2.10.8	Ειδικές πληροφορίες συντήρησης .....	86
2.10.9	Εφαρμογές εδώδιμων επικαλύψεων σε σπαράγγια .....	87

3	Πειραματικό μέρος .....	88
3.1	Σκοπός.....	88
3.2	Υλικά και μέθοδοι .....	88
3.2.1	Πρώτες ύλες.....	88
3.2.2	Πειραματική διαδικασία .....	89
3.2.3	Παρασκευή επικαλυπτικών.....	89
3.2.4	Μέθοδος ψύξης.....	91
3.3	Αναλύσεις – μετρήσεις .....	91
3.3.1	Μεταβολή βάρους.....	91
3.3.2	Χρώμα .....	91
3.3.3	Υγρασία.....	92
3.3.4	Υφή.....	92
3.3.5	Ενεργότητα νερού .....	93
3.3.6	pH.....	93
3.3.7	Βιταμίνη C.....	93
3.3.8	Οργανοληπτική εξέταση.....	94
3.3.9	Στατιστική ανάλυση.....	98
3.4	Σχεδιασμός πειραμάτων.....	98
4	Αποτελέσματα – Επεξεργασία – Συζήτηση.....	100
4.1	Φράουλα.....	101
4.1.1	Μεταβολή βάρους.....	101
4.1.2	Χρώμα .....	107
4.1.3	pH.....	112
4.1.4	Υγρασία.....	115
4.1.5	Βιταμίνη C.....	118

4.1.6	Ενεργότητα .....	119
4.1.7	Οργανοληπτική εξέταση.....	120
4.2	Σπαράγγια.....	129
4.2.1	Μεταβολή βάρους.....	129
4.2.2	Χρώμα.....	131
4.2.3	Υφή.....	138
4.2.4	Οργανοληπτική εξέταση.....	144
5	Συμπεράσματα – προτάσεις .....	150
5.1	Προτάσεις .....	153
6	Βιβλιογραφία .....	156
7	Παράρτημα.....	162
7.1	Φράουλες.....	162
7.2	Σπαράγγια.....	173



## 1 Εισαγωγή

Τα φρούτα και τα λαχανικά είναι από μόνα τους δύο από τα κυριότερα προϊόντα της διατροφής μας και αποτελούν βασικά συστατικά σε πολλά επεξεργασμένα προϊόντα. Οι καταναλωτές απαιτούν ολοένα και περισσότερο τρόφιμα τα οποία να διατηρούν τη διατροφική τους αξία, να έχουν φυσικό και φρέσκο χρώμα, γεύση και υφή, και να περιέχουν λιγότερα πρόσθετα, πχ. συντηρητικά. Οι απαιτήσεις αυτές δημιουργούν νέες προκλήσεις για τους παραγωγούς οπωροκηπευτικών καθώς και για την επεξεργασία τους. Για αυτό και υπάρχει πληθώρα πρόσφατων ερευνών τόσο για τη σημασία της κατανάλωσης φρούτων και λαχανικών για την υγεία, αλλά και για νέες τεχνικές για τη διατήρηση της διατροφικής αξίας και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των καταναλωτών.<sup>[1]</sup>

### 1.1.1 Φράουλα: Ιστορία και προέλευση

Η φράουλα ή χαμαικέρασος, της οικογένειας των ροδωδών, είναι ποώδες, ιθαγενές φυτό της Β. και Ν. Αμερικής. Οι σημερινές καλλιεργούμενες ποικιλίες αποτελούν το αποτέλεσμα της εξέλιξης της «αρχέγονης» φράουλας στην Ευρώπη την τελευταία πενήνταετία. Ετυμολογικά η λέξη φράουλα προκύπτει από την Ιταλική λέξη "fragola", απ' όπου προέρχεται και το ελληνικό «φράγουλα».

Η φράουλα (*Fragaria ananassa*), ένα μικρό καλλιεργήσιμο φρούτο, έχει προσαρμοστεί σε εξαιρετικά διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Στη βόρεια Αμερική οι φράουλες καλλιεργούνται ευρέως σε δροσερές περιοχές όσο και σε ημι-τροπικές. Η υψηλή ηλιοφάνεια και η διαθεσιμότητα του νερού αποτελούν βασικά συστατικά για την παραγωγή φρούτων φράουλας υψηλής ποιότητας. Τα φυτά της φράουλας αποφέρουν καρπούς και ωριμάζουν σε σχετικά σύντομο διάστημα (20-40 ημέρες μετά τη γονιμοποίηση), αλλά τα φυτά δεν έχουν βαθιές ρίζες, το φως και η διαχείριση του νερού είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων και για την ποιότητα των καρπών.<sup>[43]</sup>

Πρώτοι οι Ρωμαίοι την ανακάλυψαν, καλλιεργήθηκε πρώτη φορά το Μεσαίωνα, στις Άλπεις και διαδόθηκε έπειτα στην υπόλοιπη Ευρώπη. Στη Γηραιά ήπειρο, οι πρώτες καλλιέργειες άγριας φράουλας άρχισαν το Μεσαίωνα στη Ρώμη και η μόνη γνωστή ποικιλία την περίοδο αυτή προερχόταν από τις Άλπεις. Σημαντικές αλλαγές

στην καλλιέργειά της παρατηρήθηκαν, όταν στην Ευρώπη ήρθαν οι πολύ μεγαλύτερες αμερικανικές φράουλες και στη συνέχεια οι ποικιλίες από τη Χιλή, που οι συνεχείς διασταυρώσεις τους οδήγησαν περίπου στις τωρινές φράουλες. Στις μέρες μας, τη μεγαλύτερη παραγωγή φράουλας στον κόσμο έχουν οι ΗΠΑ, ενώ στη χώρα μας ιδιαίτερα δημοφιλής είναι η ευρωπαϊκή φράουλα, που τη βρίσκουμε και αυτοφυή σε διάφορες περιοχές.

### 1.1.2 Η καλλιέργεια της φράουλας στην Ελλάδα

Η φράουλα στην Ελλάδα καλλιεργείται από πολύ παλαιά ως υπαίθρια πολυετής καλλιέργεια, ενώ τα τελευταία χρόνια ως μονοετής ή διετής καλλιέργεια. Μεγάλες εκτάσεις φράουλας καλλιεργούνται στη Μακεδονία (Ν. Πιερίας, Ημαθίας, Φλώρινας), στη Δυτική και Στερεά Ελλάδα (Ν. Άρτας, Πρέβεζας, Μεσσολογγίου, Αμφίσσης), Πελοπόννησο (Ν. Πάτρας, Μεσσηνίας και Λακωνίας), καθώς και σε άλλα μέρη. Η συνολική έκταση κυμαίνεται περί τις 7.000 στρέμματα. Αρκετά από αυτά καλύπτονται (τούνελ ή θερμοκήπια) για παραγωγή πρώιμων ή εκτός εποχής καρπών. Η συνολική παραγωγή ανά έτος κυμαίνεται περί τους 15.000 tn. Το κύριο πρόβλημα επέκτασης της φράουλας είναι το υψηλό κόστος εγκατάστασης της φυτείας και της συγκομιδής των καρπών. Επίσης, η μεγάλη ευπάθεια των καρπών στις μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις και στις ασθένειες αποτελούν περιοριστικό παράγοντα επέκτασης της καλλιέργειας.

### 1.1.3 Σπαράγγι: Ιστορία και προέλευση

Το σπαράγγι είναι ευρωπαϊκής καταγωγής και των γειτονικών Ασιατικών Κρατών. Ήταν γνωστό στους αρχαίους Αιγυπτίους και Έλληνες, το σπαράγγι *Asparagus Acutofolius* και αναφέρεται από τον Κάτωνα και τον Πλίνιο. Το μεσαίωνα καλλιεργείται στην Ισπανία το *Asparagus Officinalis*. Στο τέλος του μεσαίωνα, εμφανίζεται σε Ευρωπαϊκές χώρες, Γερμανία, Βέλγιο, Ολλανδία, Πολωνία και παίρνει τα ονόματα των χωρών αυτών, γνωστοί πληθυσμοί (Γερμανικό, Βελγικό, Ολλανδικό, Πολωνικό κλπ.).

Στην αρχή του 16ου αιώνα καλλιεργείται στο Midi της Γαλλίας. Ο Ερρίκος III χρησιμοποίησε στο τραπέζι του βλαστούς σπαραγγιού διαμέτρου φτερού κύκνου



καθώς και ο Λουδοβίκος 14ος. Τον 17ο αιώνα καλλιεργείται στην περιοχή *Argenteuil* της Γαλλίας. Τον 18ο αιώνα, εισάγεται στη Γαλλία το Ολλανδικό σπαράγγι με παραγωγή βλαστού βελτιωμένης διαμέτρου. Το 1805 στην *Argenteuil* καλλιεργείται το σπαράγγι μέσα στα αμπέλια, η καλλιέργειά του εξαπλώνεται, αλλά παράλληλα και η προσβολή των αμπελιών από την πυραλίδα. Την εποχή αυτή δημιουργείται η ποικιλία *Argenteuil* που τα χαρακτηριστικά της είναι, η λευκότητα των βλαστών, το βελτιωμένο σχήμα και η λεπτή γεύση. Η καλλιέργεια του σπαραγγιού απλώνεται σε πολλές περιοχές της Γαλλίας. Το 1900 μεγάλες προσβολές από τη μύγα του σπαραγγιού μειώνουν τις καλλιέργειες. Η καλλιέργεια του σπαραγγιού παρέμεινε σε ανάπτυξη στη Γαλλία μέχρι και σήμερα.

Από τις ποικιλίες *Argenteuil* και την Αμερικάνικη *Mary Washington* δημιουργούνται όλες οι νεώτερες βελτιωμένες ποικιλίες.

Στην Ελλάδα το σπαράγγι συναντάται, σε άγρια μορφή αυτοφυές, σε υγρές ημιορεινές περιοχές, με το όνομα «βλαστάρια». Για πρώτη φορά καλλιεργήθηκε σε 20 στρέμματα στη περιοχή των Γιαννιτσών το 1961 και σε μικρή έκταση σε ιδρύματα Γεωργικών ερευνών.

Το 1965 η Ομοσπονδία Γεωργικών Συνεταιρισμών Θεσσαλονίκης (Ο.Γ.Σ.Θ.) έφερε σπόρο από την Ολλανδία, δημιούργησε ριζώματα και προγραμματίσει καλλιέργεια 100 στρεμμάτων. Το 1966-67 με τη συνεργασία του Υπουργείου Γεωργίας, της Ο.Γ.Σ.Θ. και της Ανώνυμης Εταιρίας «Συνεταιριστικά Εργοστάσια Κονσερβοποιίας Βορείου Ελλάδος» (ΣΕΚΟΒΕ Α.Ε.) καλλιεργείται το σπαράγγι από καλλιεργητές γεωργούς σε 2.000 στρέμματα στη Β. Ελλάδα. Δυστυχώς η ανεπαρκής οικονομική ενίσχυση των καλλιεργητών, στα δύο πρώτα μη παραγωγικά χρόνια και η έλλειψη εμπιστοσύνης προς το ικανοποιητικό οικονομικό αποτέλεσμα της καλλιέργειας του σπαραγγιού, συντέλεσαν στην καταστροφή της καλλιέργειας του σπαραγγιού, από τους ίδιους τους καλλιεργητές. Έτσι το 1975 βρίσκει 500 περίπου στρέμματα, στο χωριό Γαλατάδες, στα Γιαννιτσά και στη περιοχή Θεσσαλονίκης.

Το 1976 ανανεώθηκε το ενδιαφέρον των καλλιεργητών για το σπαράγγι, επειδή δόθηκαν ικανοποιητικές επιδοτήσεις από το Υπουργείο Γεωργίας και αυξήθηκε η ζήτηση του σπαραγγιού, με ικανοποιητικές τιμές, στην εσωτερική και κυρίως ευρωπαϊκή αγορά, τόσο στο νωπό, όσο και κονσερβοποιημένο. Αυτό οφείλεται στις προσπάθειες της Ο.Γ.Σ.Θ., της ΣΕΚΟΒΕ Α.Ε. και αργότερα των ίδιων των καλλιεργητών να κάνουν γνωστή την άριστη ποιότητα του ελληνικού σπαραγγιού –

νωπού και κονσερβοποιημένου – στη χώρα μας και στην ευρωπαϊκή αγορά. Το αγοραστικό αυτό ενδιαφέρον, εγκαινιάζει για το σπαράγγι καινούρια περίοδο με ευνοϊκές συνθήκες για την επέκταση της καλλιέργειάς του.

#### 1.1.4 Η καλλιέργεια των σπαραγγιών στην Ελλάδα

Η παραγωγή βλαστών στη καλλιέργεια του σπαραγγιού ευνοήθηκε από το κατάλληλο έδαφος, το φως και τη θερμοκρασία. Οι ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες, εκεί που υπάρχει κατάλληλα αρδευόμενο έδαφος, όταν συνδυάζονται και με τις κατάλληλες ειδικές καλλιεργητικές φροντίδες, εξασφαλίζουν, τις μεγαλύτερες δυνατές στρεμματικές αποδόσεις, με καλή ποιότητα σπαραγγιού, που αντιστοιχούν στις δυνατότητες της καλλιεργούμενης ποικιλίας.

Η μέση στρεμματική απόδοση στη χώρα μας το 1991 ήταν 600 kg. Πολλές καλλιέργειες με υβρίδια σπαραγγιού καλών ποικιλιών φθάνουν και τα 800 – 1000 kg/στρέμμα, όταν στη Γαλλία, όπου κατ' εξοχήν καλλιεργείται μεθοδικά το σπαράγγι, η μέση στρεμματική απόδοση είναι 300 kg. Με κάλυψη των σαμαριών των φυτειών, με φύλλα πολυαιθυλενίου επιτυγχάνονται, πρωιμότητα στη συγκομιδή και αύξηση της στρεμματικής απόδοσης. Η συγκομιδή αρχίζει νωρίς το Μάρτιο και λήγει περί τα μέσα Μαΐου. Είναι περίοδος που επιτυγχάνει, το νωπό εξαγόμενο στις Ευρωπαϊκές χώρες σπαράγγι, τις καλύτερες τιμές π.χ. οι εξαγωγές νωπού σπαραγγιού των κοινοπραξιών εξαγωγής του χωριού Γαλατάδες των Γιαννιτσών του 1986 πέτυχαν μέση καθαρή τιμή 340 δρχ/kg.

Όλες οι καλλιεργητικές φροντίδες γίνονται με μηχανικά μέσα και μόνον η συγκομιδή, που απαιτεί χειρωνακτική εργασία, γίνεται Μάρτιο – Μάιο, που είναι νεκρή περίοδος για γεωργικές εργασίες και υπάρχουν ελεύθερα εργατικά χέρια. Η διάθεση της παραγωγής είναι εξασφαλισμένη, με τις οργανωμένες εξαγωγικές κοινοπραξίες των ίδιων των παραγωγών, σε νωπή κατάσταση, αλλά και με την κονσερβοποίηση ή αφυδάτωση των σκάρτων.

Στη Β. Ελλάδα υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες να επεκταθεί η καλλιέργεια του σπαραγγιού, γιατί υπάρχουν κατάλληλα εδάφη. Σύμφωνα με εδαφολογική μελέτη υπάρχουν 120-150 χιλιάδες στρέμματα κατάλληλα εδάφη.

Περιοχή	Κατάλληλα εδάφη (στρέμματα)
Χρυσούπολης Ξάνθης	40.000 – 50.000
Δράμας γύρω από το Χείμαρρο Δοξάτου	10.000 – 15.000
Σερρών	35.000 – 40.000
Λαγκαδά	10.000 – 15.000
Θεσσαλονίκης - Γιαννιτσών	25.000 – 30.000
Σύνολο	120.000-150.000

*Η καλλιέργεια των σπαραγγιών επεκτείνεται με ταχύ ρυθμό στη Β. Ελλάδα. Από το 1983 με 6.280 στρέμματα έως το 1991 με 40.585 υπάρχει μία αύξηση 662%. Τα καλλιεργούμενα στρέμματα το 1991 κατά περιοχή είναι: Γιαννιτσών 30.000, Ημαθίας 4.000, Θεσσαλονίκης 2.500, Λαρίσης 1.810, Σερρών 475, Χρυσούπολης Καβάλας 1.200, Έβρου 1.000, Ροδόπης 480 και Τρικάλων 120. Τα καλλιεργούμενα στρέμματα, η εξαγωγή σε τόνους και η επιτευχθείσα μέση τιμή/kg/έτος στον παρακάτω πίνακα.*

Πίνακας 1.1 Καλλιεργούμενα στρέμματα, εξαγωγή σε τόνους και επιτευχθείσα μέση τιμή/kg/έτος. ΠΗΓΗ: Υπουργείο Γεωργίας.

Έτος	Στρέμματα	Εξαγωγή (tn)	Μέση τιμή (δρχ./kg)
1983	6.280	1.820	128,95
1984	8.600	2.940	166,80
1985	13.480	3.550	227,15
1986	16.190	3.050	386,19
1987	21.520	6.980	317,89
1988	23.440	5.200	348,09
1989	28.760	9.725	371,90
1990	36.539	10.500	444,91
1991	41.585	12.136	600

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, η συνολική καλλιεργήσιμη έκταση στην Ελλάδα το 2009 κυμάνθηκε κοντά στα 35.000 στρέμματα, ενώ τα κυριότερα κέντρα παραγωγής βρίσκονται στα

Γιαννισιά, την Καβάλα, την Ημαθία, την Έδεσσα, την Ορεστιάδα, την Αιτωλοακαρνανία και την Ξάνθη. Αξίζει, ωστόσο, να επισημανθεί ότι στο σύνολό τους οι εξαγωγίμες ποσότητες είναι πλήρως πιστοποιημένες, μέσω της εφαρμογής συστημάτων ολοκληρωμένης διαχείρισης. Στη λίστα του FAO, η Ελλάδα κατατάσσεται στην 5η θέση παγκοσμίως αναφορικά στις εξαγωγές σπαραγγιού, με κυριότερες αγορές (πλην Γερμανίας) την Ισπανία, τη Γαλλία, την Ολλανδία, την Ιταλία, την Αυστρία και τη Μεγάλη Βρετανία.

Ωστόσο, οι ειδικοί προβλέπουν ότι το ελληνικό σπαράγγι θα συναντήσει ακόμη εντονότερο ανταγωνισμό τα επόμενα χρόνια κυρίως από την Ισπανία, όπου αυξάνονται οι καλλιέργειες στην περιοχή της Ανδαλουσίας, αλλά και τη Γαλλία, όπου παρατηρείται ανάκαμψη της καλλιέργειας μετά από αρκετά χρόνια μείωσης των καλλιεργούμενων εκτάσεων. Το μυστικό της επιτυχίας των Ισπανών που αυξάνουν τα μερίδιά τους στη διεθνή αγορά είναι η πρωιμότητα της παραγωγής, σε συνδυασμό με την ικανοποιητική ποιότητα και το ταχύ δίκτυο διανομής.

Έναν επιπλέον κίνδυνο που αντιμετωπίζει το ελληνικό σπαράγγι παράλληλα με τον ανταγωνισμό που αναπτύσσεται διεθνώς, είναι η αύξηση της εγχώριας παραγωγής του κύριου αποδέκτη, δηλαδή της Γερμανίας. Οι Γερμανοί αυξάνουν συνεχώς τη δική τους καλλιεργήσιμη έκταση, πριν από 10 χρόνια καλλιεργούσαν 100 χιλ. στρέμματα και σήμερα 200 χιλ. Δηλαδή, βελτιώνουν την αυτάρκειά τους, κάτι που σημαίνει ότι στο μέλλον δεν θα εξαρτούνται από το ξένο σπαράγγι.

Η δυναμική είσοδος και κατ' επέκταση εδραίωση του ελληνικού προϊόντος στην ισχυρή αγορά της Ρωσίας αποτελεί ένα άλλο μεγάλο όραμα των σπαραγγοπαραγωγών της χώρας μας αυτή την περίοδο, προσπάθεια της οποίας η θετική έκβαση θα χαράξει νέους δρόμους και νέες προοπτικές για το ελληνικό σπαράγγι.

Το ελληνικό σπαράγγι παράγεται από συνολικά 40 Ομάδες Παραγωγών και Αγροτικούς Συλλόγους (με κυριότερους τους: Φίλιππος, Eurospargel, Ήλιος και Νέστος), που δείχνουν προτίμηση σε ποικιλίες όπως: λευκά (Αλεξάντερ, Μαριονέτ, Νταρμπόν), πράσινα (Λορέλλα, Μαρβέτ) και υβρίδια (Λαράκ, Ανέτο, Ντέστο).

Η ποιότητα θεωρείται ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και της Ελλάδας, με αποτέλεσμα τα ελληνικά σπαράγγια να καλύπτουν στη συντριπτική τους πλειοψηφία τους όρους εμπορίας που έχει θέσει η ΕΕ (μήκος μίσχου 12-16mm. για την κατηγορία 1 και 16 ως 22mm. για την κατηγορία EXTRA II). Αντίθετα, κυριότερο

μειονέκτημα της ελληνικής αγοράς σπαραγγιού είναι η έλλειψη ιδιόκτητων δομών συσκευασίας και τυποποίησης των προϊόντων από τις Ομάδες Παραγωγών, που έτσι βασίζονται σε εμπόρους-μεταποιητές, οι οποίοι συχνά πιέζουν προς τα κάτω τις τιμές, στερώντας δυναμική ανάπτυξης από την καλλιέργεια.<sup>[46]</sup>



## 2 Θεωρητικό Μέρος

### 2.1 Φρούτα και λαχανικά

#### 2.1.1 Φρούτα - ορισμός

Εξ ορισμού, φρούτο είναι το τελικό προϊόν της ωρίμανσης του καρπού. Το τελικό προϊόν μπορεί να είναι ένας σπόρος, όπως ο κάθε κόκκος των δημητριακών (π.χ., σιτάρι, ρύζι, σίκαλη, βρώμη, κριθάρι), ή να είναι μία σαρκώδης, χυμώδης δομή (π.χ., ροδάκινο, αχλάδι, καρπούζι). Όλοι οι καρποί με κέλυφος, συμπεριλαμβανομένων των αραχίδων (ή «αράπικα φιστίκια»), είναι σε τεχνικούς όρους φρούτα, όπως τα προϊόντα του φοίνικα, της καρύδας, της ελαιοκράμβης και άλλων φυτών που καλλιεργούνται για την εξαγωγή βρώσιμων ή βιομηχανικών ελαίων. Ακόμη πολλά ριζώδη και κονδυλώδη φυτά που προέρχονται από πολλαπλασιαστικό υλικό είναι μία προφανής εξαίρεση, αλλά η γενετική βελτίωσή τους εξαρτάται από την ανθοφορία, τη γονιμοποίηση και την καρπόδεση, προκειμένου να παραχθούν σπόροι με τους οποίους θα ξεκινήσει η καλλιέργεια βελτιωμένων ποικιλιών. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι πολλά «λαχανικά», όπως ντομάτες, αρακάς, φασολάκια, αγγούρια, κολοκύθες πιπεριές, μελιτζάνες και μπάμιες είναι από βοτανική άποψη φρούτα.<sup>[48]</sup>

#### 2.1.2 Ορολογία

Τα φρούτα είναι το τελικό προϊόν ωρίμανσης.

Ωρίμανση είναι η ολοκλήρωση της ανάπτυξης ενός φρούτου σε σημείο που φυσιολογικά είναι αρκετά ώριμο, ώστε να διαχωριστεί από το μητρικό φυτό. Συνήθως, αυτό είναι το σημείο στο οποίο οι καρποί του είναι βιώσιμοι. Δεν είναι αναγκαία η ωρίμανση, ώστε να διατεθεί ένα προϊόν στην αγορά, για την οποία μπορεί να απαιτούνται ανώριμα φρούτα (π.χ., αγγούρι, μπάμιες), ή να έχουν τεθεί διαφορετικά πρότυπα όσον αφορά το χρώμα, τα σάκχαρα ή την οξύτητα προκειμένου να θεωρηθούν «ώριμα» (π.χ., εσπεριδοειδή, σταφύλια). Επομένως η

έννοια της ωριμότητας από βοτανολογική άποψη δεν είναι απαραίτητως η ίδια με την ωριμότητα όπως χρησιμοποιείται από την αγορά.

Η διαδικασία και το τελικό στάδιο της ωρίμανσης δεν διαφέρουν για τα μη κλιμακτηριακά φρούτα (π.χ. σταφύλια, φράουλες, εσπεριδοειδή), τα οποία καταναλώνονται κατά την περίοδο της συλλογής και δεν έχουν κανένα μετασυλλεκτικό κύκλο ωρίμανσης. Ωστόσο, είναι αρκετά διαφορετικά για τα κλιμακτηριακά φρούτα, τα οποία θεωρούνται άγουρα έως ότου εισέρθουν σε ένα διακριτό στάδιο κατά το οποίο αυξάνεται ο ρυθμός αναπνοής, όπου συμμετέχει το αιθυλένιο και αυξάνεται η παραγωγή του CO<sub>2</sub> (σε κάποιες περιπτώσεις δεκαπλασιάζεται), οι ιστοί μαλακώνουν, πραγματοποιείται η μετατροπή του αμύλου και των οξέων σε σάκχαρα, και ενδέχεται να συμβαίνει αλλαγή χρώματος. Οι ντομάτες, τα μήλα, τα αχλάδια, το αβοκάντο και οι μπανάνες είναι χαρακτηριστικά κλιμακτηριακά φρούτα με διακριτό μετασυλλεκτικό κύκλο ωρίμανσης.

Ο όρος μούρο (berry) χρησιμοποιείται με αρκετά διαφορετικό τρόπο από τους βοτανολόγους και από το ευρύ κοινό. Βοτανολογικά, ένα μούρο είναι το προϊόν ενός και μόνο ύπερου, είναι καθολικά σαρκώδες, αδιάρρηκτο (κατά τη ωρίμανση ο καρπός παραμένει κλειστός εξ ολοκλήρου ή τουλάχιστον περιβάλλεται μερικώς από τα διαφοροποιημένα καρπόφυλλα<sup>[49]</sup>) και έχει ομοιογενή υφή.<sup>[48]</sup>

### 2.1.3 Σύσταση

Τα φρούτα περιέχουν ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών ενώσεων και, ως εκ τούτου, παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις στη σύνθεση και τη δομή τους. Κάθε φρούτο αποτελείται από ζωντανούς ιστούς οι οποίοι είναι μεταβολικά ενεργοί και η σύστασή τους αλλάζει συνεχώς. Ο ρυθμός και η έκταση των μεταβολών αυτών εξαρτάται από το φυσιολογικό ρόλο και το στάδιο της ωρίμανσης του εκάστοτε φρούτου. Η θρεπτική αξία των φρούτων εξαρτάται επίσης και από τη σύνθεσή του. Ωστόσο, αν και τα φρούτα παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή, η σύνθεσή τους είναι τέτοια που δεν συνιστώνται ως αποκλειστική διατροφική πηγή. Ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συμπλήρωση συστατικών που λείπουν σε άλλα τρόφιμα.



Τα πιο σημαντικά συστατικά στα φρούτα μπορούν να ομαδοποιηθούν ως εξής: νερό, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη, ανόργανα άλατα και βιταμίνες. Τα περισσότερα από τα συστατικά αυτά είναι απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για τον ανθρώπινο οργανισμό. Το ποσό κάθε μιας από αυτά τα θρεπτικά συστατικά που χρειάζεται ο οργανισμός εξαρτάται από παράγοντες, όπως η ηλικία, το βάρος, το φύλο, η υγεία και η σωματική δραστηριότητα.

Πίνακας 2.1 Ενδεικτική σύσταση σε θρεπτικά συστατικά ορισμένων φρούτων ανά 100g.

Fruit	Description	Edible proportion	Water (g)	Protein (g)	Carbo- hydrate (g)	Energy value		Total nitrogen (g)	Starch (g)	Total sugars (g)	Dietary fibre	
						(kcal)	(kJ)				Southgate method (g)	Englyst method (g)
Apples	Flesh and skin	1.00	84.5	0.4	11.8	47	199	0.06	Tr	11.8	(2.0)	1.8
Apricots	Flesh and skin	1.00	87.2	0.9	7.2	31	134	0.14	0	7.2	1.9	1.7
Cherries	Flesh and skin	1.00	82.8	0.9	11.5	48	203	0.14	0	11.5	1.5	0.9
Figs	Semi-dried	1.00	23.6	3.3	48.6	209	889	0.52	0	48.6	11.4	6.9
Grapes	White, black and seedless	1.00	81.8	0.4	15.4	60	257	0.06	0	15.4	0.8	0.7
Nectarines	Flesh and skin	1.00	88.9	1.4	9.0	40	171	0.20	0	8.0	2.2	1.2
Peaches	Flesh and skin	1.00	88.9	1.0	7.6	33	142	0.16	0	7.6	2.3	1.5
Pears	Flesh and skin	1.00	83.8	0.3	10.0	40	169	0.05	0	10.0	N	2.2
Plums	Flesh and skin	1.00	83.9	0.6	8.8	36	155	0.09	0	8.8	2.3	1.6
Strawberries	Flesh and pips	0.95	89.5	0.8	6.0	27	113	0.13	0	6.0	2.0	1.1

Tr, trace; N, not determined.

Data from Holland *et al.*, (1992) *The Composition of Foods*, 5th edn, are reproduced with the permission of The Royal Society of Chemistry and The Controller of Her Majesty's Stationery Office.

### 2.1.3.1 Νερό

Το νερό είναι το πιο άφθονο συστατικό των φρούτων (>80%), το οποίο κυμαίνεται από 82% στα σταφύλια, 92% στις φράουλες και έως και 93% στις ντομάτες. Το χαμηλό ποσοστό του νερού στα σύκα (24%), οφείλεται στο γεγονός ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση το προϊόν ήταν ημι-αποξηραμένο. Υπό κανονικές συνθήκες, το ποσοστό ανέρχεται σε τιμές έως και 86%. Ωστόσο η μέγιστη περιεκτικότητα σε νερό ποικίλει μεταξύ των επιμέρους φρούτων του ίδιου είδους, λόγω διαρθρωτικών διαφορών. Ενδέχεται, επίσης να επηρεάζεται και από τις καλλιεργητικές πρακτικές οι οποίες επηρεάζουν τη διαφοροποίηση.

### 2.1.3.2 Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες συνήθως αποτελούν λιγότερο από το 1% του νωπού βάρους των καρπών. Τα απαραίτητα αμινοξέα για τον άνθρωπο είναι η βαλίνη, η θρεονίνη, η τρυπτοφάνη, η ισολευκίνη, η μεθειονίνη, η λευκίνη, η λυσίνη, η φαινυλαλανίνη, η

ιστιδίνη και η αργινίνη. Ο ανθρώπινος οργανισμός δεν μπορεί να τα συνθέσει και πρέπει, ως εκ τούτου, να λαμβάνονται τακτικά. Η περιεκτικότητα των νωπών φρούτων σε πρωτεΐνη υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τη συνολική περιεκτικότητα σε άζωτο με ένα συντελεστή 6,25. Το ποσοστό αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι η πρωτεΐνη περιέχει περίπου 16% άζωτο.

### *2.1.3.3 Υδατάνθρακες*

Οι υδατάνθρακες αποτελούνται από πολυσακχαρίτες όπως το άμυλο, η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη και πηκτικές ύλες, καθώς και δισακχαρίτες και μονοσακχαρίτες, όπως η σακχαρόζη, η φρουκτόζη και η γλυκόζη. Το ποσοστό του καθενός από αυτά τα συστατικά μπορεί να αλλάζει ριζικά κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των καρπών. Τα σάκχαρα είναι συνήθως άφθονα, όταν ο καρπός φτάσει σε πλήρη ωριμότητα. Τα περιεχόμενα σάκχαρα είναι κυρίως γλυκόζη και φρουκτόζη, αλλά σε φρούτα όπως τα ροδάκινα, τα νεκταρίνια και τα βερίκοκα το κυριότερο είναι η σακχαρόζη. Τα μήλα και τα αχλάδια είναι πλούσια σε φρουκτόζη. Η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη και οι πηκτικές ύλες είναι τα συστατικά του τοιχώματος των κυττάρων των φρούτων. Η πηκτίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή μαρμέλαδας και ζελέ και προέρχεται συνήθως από το λευκό σπογγώδες στρώμα του φλοιού των εσπεριδοειδών, ιδίως από τα γκρέιπφρουτ και τα λεμόνια, καθώς και από τα μήλα. Η συνολική αξία των υδατανθράκων που αναφέρθηκαν στον παραπάνω πίνακα περιλαμβάνει το άμυλο και τα ολικά σάκχαρα. Το σύνολο των υδατανθράκων κυμαίνεται από 3% στα λεμόνια και τις ντομάτες έως και 15% περίπου στα σταφύλια.<sup>[51]</sup>

### *2.1.3.4 Βιταμίνες Α και Β*

Η βιταμίνη Α είναι λιποδιαλυτή και δεν εμφανίζεται αυτή καθ' αυτή στα φρούτα, παρόλο που αρκετά καροτενοειδή που υπάρχουν στα φρούτα μπορούν να μετατραπούν σε βιταμίνη Α στον ανθρώπινο οργανισμό. Οι χρωστικές αυτές αναφέρονται ως προβιταμίνη Α. Το μεγαλύτερο μέρος της προβιταμίνης Α στα φρούτα είναι σε μορφή β-καροτένιου, με ένα μικρότερο μέρος σε α-καροτένιο, γ-καροτένιο και άλλες χρωστικές. Τα φρούτα, σε γενικές γραμμές, δεν είναι ικανοποιητική πηγή καροτένιου, αλλά σε εύκρατες περιοχές τα δαμάσκηνα και τα

βερίκοκα είναι ικανοποιητικές πηγές, ενώ τα ροδάκινα, τα νεκταρίνια και τα μανταρίνια περιέχουν μόνο κάποιες μικρές ποσότητες. Το λυκοπένιο αποτελεί το 90% των καροτενοειδών στις ντομάτες, αλλά δεν είναι δυνατόν να μετατραπεί σε βιταμίνη Α.

Τα φρούτα είναι μία μέτρια έως φτωχή πηγή βιταμίνης Β. Η μέση ανάγκη του ανθρώπινου οργανισμού σε αυτές τις βιταμίνες είναι επίσης μικρή, και τα ποσά που βρίσκονται στα φρούτα είναι συνήθως επαρκή, προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες αυτές. Τα δαμάσκηνα και οι ντομάτες αποτελούν μία καλή πηγή νιασίνης, και οι φράουλες, τα πορτοκάλια και τα γκρέιπφρουτ έχουν σημαντικές ποσότητες φολικού οξέος. Η βιταμίνη B<sub>12</sub> είναι η μόνη βιταμίνη από την ομάδα των Β βιταμινών η οποία δεν εμφανίζεται στα φρούτα. Οι υπόλοιπες βιταμίνες όπως η βιταμίνη D, η οποία είναι επίσης λιποδιαλυτή, απουσιάζει εξίσου.

## 2.2 Οφέλη για την υγεία από την αυξημένη κατανάλωση φρούτων και λαχανικών

### 2.2.1 Εισαγωγή

Παρά το γεγονός ότι το προσδόκιμο της ζωής του «μέσου» Ευρωπαίου πολίτη έχει αυξηθεί από το 1990, ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού ζει με χρόνιες παθήσεις, και οι κυβερνήσεις καλούνται να αντιμετωπίσουν το ραγδαίως αυξανόμενο κόστος των δαπανών για την υγεία.<sup>[1]</sup> Τα στοιχεία δείχνουν ότι η πλούσια σε φρούτα και λαχανικά διατροφή μπορεί να μειώσει αυτό το βάρος των χρόνιων παθήσεων. Εν συντομία παρουσιάζεται η δύναμη και η συνοχή των αποδεικτικών στοιχείων για τα οφέλη των πλούσιων σε φρούτα και λαχανικά διατροφών και εισάγεται η πιθανολογούμενη σχέση των μικροσυστατικών των τροφών αυτών με τα οφέλη τους. Η έμφαση στα μικροσυστατικά των φρούτων και των λαχανικών σε καμία περίπτωση δε συνεπάγεται ότι η τα μακροθρεπτικά συστατικά είναι υπολειπόμενης σημασίας όσον αφορά την ανθρώπινη υγεία και ευεξία.<sup>[2]</sup>

## 2.2.2 Απόδειξη της ωφέλειας

Εκ των 2,8 εκατομμυρίων θανάτων κάθε χρόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση. 1,9 εκατομμύρια οφείλονται σε χρόνιες παθήσεις (για παράδειγμα καρκίνος, καρδιαγγειακή και εγκεφαλοαγγειακή νόσος και σακχαρώδης διαβήτης). Από το σημερινό πληθυσμό της ΕΕ ένα μεγάλο ποσοστό ζει με προβλήματα που οφείλονται σε χρόνιες παθήσεις. Εκτός των καρκίνων, των καρδιαγγειακών παθήσεων, των εγκεφαλοαγγειακών νόσων και το διαβήτη, η οστεοπόρωση, οι πεπτικές διαταραχές και ο καταρράκτης είναι λίγες μόνο από τις εξουθενωτικές ασθένειες στις οποίες οι άνθρωποι είναι επιρρεπείς. Υπάρχουν συγκλίνουσες ενδείξεις, κατά κύριο λόγο από τον τομέα της επιδημιολογίας, ότι η πλούσια σε φρούτα και λαχανικά διατροφή μπορεί να μειώσει αυτές τις χρόνιες ασθένειες, με ισχυρά αποδεικτικά στοιχεία για τη μείωση του καρκίνου. Οι αποδείξεις ότι μία τέτοια διατροφή μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του οισοφάγου, των πνευμόνων, του στομάχου και του παχέος εντέρου είναι τεκμηριωμένες. Η επιλογή των όρων «τεκμηριωμένο» (convincing), «πιθανό» (probable), και «δυνατό» (possible), στον παρακάτω πίνακα αντικατοπτρίζει την παρούσα ισχύ των στοιχείων.<sup>[2]</sup>

Πίνακας 2.2 Ανάλυση του επιπέδου των αποδεικτικών στοιχείων όπως παρέχονται από έρευνες σε φρούτα και λαχανικά και η σχέση τους με τους καρκίνους.

Cancer sites	CNERNA (France 1996)	World Cancer Research Fund (USA 1997)	COMA Food and Nutrition Policy (UK 1998)
Mouth and pharynx	consistent	convincing	fruit: weakly consistent vegetables: inconsistent
Larynx	consistent	probable	moderately consistent
Oesophagus	consistent	convincing	strongly consistent
Lung and respiratory tract	consistent	convincing	fruit: moderately consistent vegetables: weakly consistent
Stomach	consistent	convincing	moderately consistent
Colon-rectum	vegetables: moderately consistent	vegetables: convincing	vegetables: moderately to weakly consistent
Pancreas	consistent	probable	consistent but limited
Liver	ND	vegetables: possible	ND
Breast	inconsistent	green vegetables: probable	green/yellow vegetables: moderately consistent
Ovary	inconsistent	possible	inconsistent
Endometrium	inconsistent	insufficient	inconsistent
Cervix	ND	possible	consistent but limited
Prostate	inconsistent	vegetables: possible	vegetables: moderately consistent but limited
Kidney	ND	vegetables: possible	ND
Bladder	ND	probable	moderately consistent but limited
Thyroid	ND	possible	ND

ND = not determined. Reproduced with permission from 'The Antioxidants in Tomatoes and Tomato Products and their Health Benefits', ed AMITOM. EU Concerted Action FAIR CT 97-3233.<sup>2</sup>

### 2.2.3 Φρούτα και λαχανικά: συστατικά και τρόποι δράσης

Έχει γίνει μεγάλη προσπάθεια για τον εντοπισμό βιολογικά ενεργών συστατικών στα φρούτα και τα λαχανικά. Μεγάλο μέρος των εργασιών αυτών σχετίζονται με την ανάπτυξη χημικών αναλύσεων για την ποσοτικοποίηση της σύνθεσης των τροφίμων, και την ανάπτυξη πειραματικών μοντέλων (in vivo και in vitro συστήματα) για την αξιολόγηση των λειτουργικών αποτελεσμάτων από τη χρήση

μεμονωμένων ενώσεων ή απλών μιγμάτων. Χιλιάδες βιολογικά ενεργές φυτοχημικές ενώσεις έχουν εντοπιστεί σε φυτικές τροφές. Από όλες τις ομάδες φυτικών τροφών, τα φρούτα και τα λαχανικά εμφανίζουν τη μεγαλύτερη ποικιλομορφία, και εκπροσωπούνται στη δυτική διαίτα από περισσότερες από 40 οικογένειες φυτών. Ο πίνακας 1.2 παραθέτει τις πιο πλούσιες πηγές σε συγκεκριμένες ενώσεις στα φρούτα και τα λαχανικά. Ωστόσο, εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις, οι ενώσεις αυτές συναντώνται (σε ποικίλες ποσότητες) στα περισσότερα φρούτα και λαχανικά.<sup>[1]</sup>

*Πίνακας 2.3 Τα πιο πλούσια φρούτα και λαχανικά σε συγκεκριμένα θρεπτικά συστατικά.*

Substance	Richest source
Vitamin C	Citrus (and other) fruits, green vegetables, potatoes
Vitamin E	Vegetable oils, avocado
Folates	Green leafy vegetables, potatoes, oranges
Vitamin K	Green leafy vegetables
Calcium, iron, magnesium	Green vegetables
Potassium	Bananas, vegetables and fruits generally
Fibre, NSP, pectin	Fruits and vegetables generally
Mono-unsaturated fatty acids	Olive oil
Alpha and beta-carotene	Carrots, green leafy vegetables, yellow/orange fleshed fruits
Beta-cryptoxanthin	Oranges and related fruits
Lutein	Yellow/green vegetables
Lycopene	Tomatoes
Flavonoids	Onions, apples, green beans
Flavanoids	Peach, strawberry
Anthocyanins	Red/purple berries
Glucosinolates	Brassicas
Alkenyl cysteine sulphoxides	Alliums
Glycoalkaloids	Potato, aubergine
Furanocoumarins	Parsnip, celery
Cyanogenic glycosides	Cassava, <i>Prunus</i> species, butter beans

NSP = non-starch polysaccharides

#### 2.2.4 Αντιοξειδωτικά σε φρούτα, μούρα και λαχανικά

Τα φρούτα και τα μούρα είναι σημαντικές πηγές αντιοξειδωτικών, συμπεριλαμβάνοντας τα καροτενοειδή, το ασκορβικό οξύ, τα φαλβονοειδή και τα φαινολικά οξέα. Είναι γνωστό εδώ και πολύ καιρό ότι οι φαινολικές ενώσεις, καθώς και μερικά από τα άλλα αντιοξειδωτικά, συνδέονται άμεσα με τις οργανοληπτικές ιδιότητες των νωπών και των επεξεργασμένων φρούτων και άλλων τροφίμων φυτικής προέλευσης. Ειδικότερα, η συνεισφορά των καροτενοειδών στο χρώμα (κίτρινο έως πορτοκαλί και κόκκινο) και των ανθοκυανινών (κόκκινο έως πορφυρό και μπλε) είναι ευρέως γνωστή. Επίσης, η συμμετοχή ορισμένων φαινολικών ενώσεων στην ανάπτυξη του αρώματος και την αίσθηση της γεύσης είναι αποδεδειγμένη. Από την άλλη, φαινολικές ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που έχουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση, είναι και υπεύθυνες για το ανεπιθύμητο μαύρισμα που προκαλείται κατά το χτύπημα των φρούτων, όταν αυτά τεμαχίζονται ή κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας τους.<sup>[3]</sup>

Οι πιθανές ευεργετικές βιολογικές λειτουργίες των παραδοσιακών αντιοξειδωτικών βιταμινών, δηλαδή του ασκορβικού οξέος, της α-τοκοφερόλης και σε κάποιο βαθμό του β-καροτένιου (προβιταμίνη Α), έχουν μελετηθεί εντατικά τα τελευταία χρόνια και εξακολουθούν να λαμβάνουν μεγάλη προσοχή στη σύγχρονη έρευνα. Πιο πρόσφατα, έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις αντιοξειδωτικές λειτουργίες των флаβονοειδών και άλλων φαινολικών ενώσεων. Ο βιολογικός ρόλος αυτών των φαινολικών ενώσεων των φυτών που έχουν αντιοξειδωτική δράση δεν έχουν πλήρως διευκρινιστεί, αλλά υπάρχουν στοιχεία που οδηγούν στο πιθανό συμπέρασμα ότι οι φαινολικές ενώσεις φυτικής προέλευσης ασκούν προστατευτική δράση στον άνθρωπο.

Μεγάλες ποσότητες ανθοκυανίνης (έως 8100 mg kg<sup>-1</sup>) εντοπίζονται σε φρούτα με έντονο χρώμα και τα μούρα, όπως μύρτιλα, μαύρα φραγκοστάφυλα, βακκίνια, κεράσια, κόκκινα σταφύλια και βατόμουρα. Η ποσότητα των флаβονολών είναι γενικότερα μικρότερη από 150 mg kg<sup>-1</sup>, ενώ τα μεγαλύτερα ποσά εμφανίζονται σε φραγκοστάφυλα, βακκίνια, κόκκινα σταφύλια, ροδάκινα, δαμάσκηνα, και κόκκινα βατόμουρα. Εκτός από λίγες εξαιρέσεις, όπως τα βακκίνια και τα κόκκινα σταφύλια, τα φρούτα και τα μούρα είναι γενικά χαμηλά σε περιεκτικότητα σε флаβονόλες και πλούσια σε φαινολικά οξέα όπως hydroxycinnamates. Μεγάλες ποσότητες της ουσίας hydroxycinnamate συναντώνται σε κεράσια (300 – 1930 mg kg<sup>-1</sup>), δαμάσκηνα (121 – 896 mg kg<sup>-1</sup>) και ροδάκινα (81 – 750 mg kg<sup>-1</sup>). Υψηλού μοριακού βάρους φαινολικές ενώσεις, τανίνες, βρίσκονται επίσης σε φρούτα και μούρα όπως

κόκκινα σμέουρα (2200 mg kg<sup>-1</sup>) και βατόμουρα (1800 – 2600 mg kg<sup>-1</sup>) και μέτριες ποσότητες σε φράουλες (90 – 200 mg kg<sup>-1</sup>).<sup>[4]</sup> Η σύνθεση σε αντιοξειδωτικές ενώσεις (ανθοκυανίνες, φλαβονοειδή, και προανθοκυανειδή, φλαβονόλες, καροτενοειδή, βιταμίνες C και E) επιλεγμένων, συνηθισμένων φρούτων και μούρων παρουσιάζεται στον πίνακα 2.4.

*Πίνακας 2.4 Αντιοξειδωτικές ενώσεις σε επιλεγμένα φρούτα και μούρα και τα προϊόντα τους (mg / kg νωπού βάρους).*

Fruit or berry	Anthocyanins	Flavanols and proanthocyanidins	Flavonols	Hydroxycinnamates	Carotenoids (β-carotene)	Vitamin C	Vitamin E
Apple	4–5 <sup>4</sup>	0–15 <sup>116</sup>	17–70 <sup>4,74</sup>	263–308 <sup>4</sup>	0.4 <sup>94</sup>	40 <sup>117</sup>	2 <sup>117</sup>
– juice		0–298 <sup>118</sup>	2.5 <sup>119</sup>	0.1–162 <sup>10,17,120</sup>	0.2 <sup>117</sup>	300 <sup>117</sup>	0 <sup>117</sup>
Bilberry	3450–4635 <sup>4</sup>	13–29 <sup>4</sup>	41–195 <sup>4,12</sup>	170–347 <sup>4</sup>	0.5 <sup>94</sup>	150 <sup>117</sup>	19 <sup>117</sup>
– soup			6 <sup>12</sup>		0.01 <sup>94</sup>	20 <sup>117</sup>	5 <sup>117</sup>
Blueberry	3970–4840 <sup>29</sup>	63–70 <sup>29</sup>	115–139 <sup>29</sup>	226–315 <sup>29</sup>			
Blackcurrant	130–8100 <sup>4,62</sup>	205–374 <sup>4</sup>	133–157 <sup>4,12</sup>	104–167 <sup>4</sup>	1 <sup>94</sup>	1200 <sup>117</sup>	23 <sup>117</sup>
– juice	24 <sup>17</sup>		36 <sup>12</sup>		0.1 <sup>117</sup>	380–421 <sup>12,117</sup>	11 <sup>117</sup>
Cherry, sweet, red	31–4500 <sup>22–31</sup>	20–63 <sup>28–31</sup>	10–23 <sup>29</sup>	100–1900 <sup>28–31</sup>	1.2 <sup>94</sup>	70 <sup>121</sup>	1 <sup>121</sup>
Cloudberry	7–15 <sup>3</sup>	2–6 <sup>4</sup>	34–90 <sup>4</sup>	90–128 <sup>4</sup>	1.4 <sup>94</sup>	1000 <sup>117</sup>	31 <sup>117</sup>
Cranberry	460–1720 <sup>4,6,122,123</sup>	285 <sup>4</sup>	139–334 <sup>122–124</sup>	191 <sup>4</sup>	0.2 <sup>94</sup>	120 <sup>121</sup>	10 <sup>121</sup>
– juice	18–512 <sup>124</sup>						
Grapes, table, red	72.5–765 <sup>125</sup>	1–160 <sup>118</sup>	13–25 <sup>125</sup>	5–19 <sup>125</sup>	0.3 <sup>117</sup>	50 <sup>117</sup>	7 <sup>117</sup>
– wine, red	0.6–385 <sup>13,15</sup>	0–500 <sup>118</sup>	10–55 <sup>13,15</sup>	4–13 <sup>13,15</sup>	tr <sup>121</sup>	0 <sup>121</sup>	0 <sup>121</sup>
Grapes, table, white	0 <sup>125</sup>	0 <sup>125</sup>	10–13.5 <sup>74,125</sup>	5.5 <sup>125</sup>	0.3 <sup>117</sup>	50 <sup>117</sup>	7 <sup>117</sup>
– wine, white	0 <sup>15</sup>	0–106 <sup>15</sup>		1–34 <sup>15</sup>	tr <sup>121</sup>	0 <sup>121</sup>	0 <sup>121</sup>
Orange			0–5 <sup>70</sup>	136–163 <sup>126</sup>	0–5 <sup>70,74</sup>	510 <sup>117</sup>	4 <sup>117</sup>
– juice					0.1 <sup>94</sup>	300–450 <sup>41</sup>	2 <sup>117</sup>
Peach	0–17.8 <sup>27</sup>	24.5–700 <sup>3,27</sup>	0–11.9 <sup>27</sup>	54–148 <sup>27</sup>	0.9 <sup>94</sup>	80 <sup>121</sup>	10 <sup>121</sup>
– canned	0 <sup>127</sup>	tr <sup>127</sup>	tr <sup>127</sup>	11–29 <sup>127</sup>	1.0 <sup>94</sup>	20 <sup>117</sup>	20 <sup>117</sup>
Plum	19–76 <sup>31,37</sup>	140–600 <sup>3</sup>	5.7–27 <sup>37</sup>	500–900 <sup>23,37</sup>	4.3 <sup>121</sup>	54 <sup>121</sup>	8.6 <sup>121</sup>
– dried (prune)	0 <sup>37</sup>	0 <sup>37</sup>	42 <sup>37</sup>	1800 <sup>37</sup>	1.4 <sup>94</sup>	0 <sup>117</sup>	18 <sup>121</sup>
Raspberry, red	200–2200 <sup>4,29</sup>	4–480 <sup>4,29</sup>	6–39 <sup>4,29,128</sup>	3–35 <sup>12,29</sup>	0.1 <sup>94</sup>	296–380 <sup>12,117</sup>	11 <sup>117</sup>
Sea buckthorn berry					15 <sup>121</sup>	2000 <sup>121</sup>	32 <sup>121</sup>
Strawberry	202–790 <sup>4,29</sup>	9–184 <sup>4,29</sup>	7–174 <sup>4,29,128</sup>	14–69 <sup>4,29</sup>	0.1 <sup>94</sup>	420–600 <sup>117,128</sup>	6 <sup>117</sup>
Strawberry jam	4–22 <sup>11</sup>		11.4 <sup>12</sup>		0.04 <sup>117</sup>	80–236 <sup>12,117</sup>	1.0 <sup>117</sup>

Η περιεκτικότητα των φρέσκων φρούτων σε βιταμίνη C είναι γενικά υψηλή, ενώ σε προβιταμίνη A και βιταμίνη E είναι χαμηλή. Φραγκοστάφυλα (1200 – 1500 mg kg<sup>-1</sup>), βατόμουρα (1000 mg kg<sup>-1</sup>), φράουλες (550 – 1000 mg kg<sup>-1</sup>) και πορτοκάλια (510 mg kg<sup>-1</sup>) είναι πλούσια σε βιταμίνη C. Ένα ιδιαίτερο μούρο είναι το ιπποφαές (sea buckthorn berry) με εξαιρετικά μεγάλες ποσότητες βιταμίνης C (2000 mg kg<sup>-1</sup>), καθώς και μεγάλες ποσότητες β-καροτένιου (15 mg kg<sup>-1</sup>) και βιταμίνης E (32 mg kg<sup>-1</sup>).

Η επεξεργασία των φρούτων για την παρασκευή χυμών και μαρμελάδων, και η ξήρανση των φρούτων, κατά κανόνα, οδηγεί σε χαμηλότερα ποσά αντιοξειδωτικών. Για παράδειγμα, έχουν αναφερθεί απώλειες ανθοκυανινών σε χυμούς και πολτούς φράουλας και χυμούς φραγκοστάφυλου, μύρτιλου, βατόμουρου και στο κρασί, καθώς και υποβάθμιση των φαινολών σε χυμούς μήλου.<sup>[5–10]</sup> Από την άλλη πλευρά,



η επεξεργασία δεν είχε καμία επίδραση στο ποιοτικό προφίλ της ανθοκυανίνης κατά την παρασκευή εμπορικών μαρμελάδων από φράουλες, βατόμουρα, σμέουρα, μύρτιλα, φραγκοστάφυλα και κεράσια.<sup>[11]</sup>

Κατά την επεξεργασία των μούρων κατ'οίκον, παρατηρήθηκε απώλεια 15% στην κουερσιτίνη σε μαρμελάδα φράουλας, 85% στο χυμό φραγκοστάφυλου και 40% σε μαρμελάδα από μύρτιλα.<sup>[14]</sup> Οι φλαβονόλες εκχυλίζονται αποτελεσματικά κατά την παρασκευή του μηλίτη, του χυμού φραγκοστάφυλου και του κόκκινου κρασιού, όπου τα ποσά τους είναι μεγαλύτερα από εκείνα που βρίσκονται στις πρώτες ύλες.<sup>[13-17]</sup> Στις μαρμελάδες βατόμουρου έχει διαπιστωθεί αύξηση του ελλαγικού οξέος, πιθανότατα λόγω της απελευθέρωσης ελλαγικού οξέος από τις αλλαγιτανίνες κατά τη θερμική επεξεργασία,<sup>[18]</sup> αν και σύμφωνα με άλλες πηγές το ελλαγικό οξύ σε μαρμελάδες φράουλας ήταν 80% των αντίστοιχων μη επεξεργασμένων φραουλών.<sup>[19]</sup>

### 2.2.5 Μούρα

Τα μούρα αποτελούν μία σημαντική πηγή αντιοξειδωτικών, εκ των οποίων τα πιο σημαντικά είναι τα φλαβονοειδή, τα φαινολικά οξέα και σε μικρότερη έκταση το ασκορβικό οξύ. Τα πιο δραστικά μούρα είναι τα crowberries (*Empetrum nigrum*), τα άγρια βατόμουρα (*Rubus chamaemorus*), τα whortleberries (*Vaccinium uliginosum*), τα φίγγια (*Vaccinium oxycoccus*), τα rowanberries (*Sorbus aucuparia*), τα οποία είναι όλα αγρία μούρα, ενώ τα καλλιεργήσιμα όπως οι φράουλες (*Fragaria ananassa*), η κόκκινη σταφίδα (*Rubus rubrum*), τα φραγκοστάφυλα (*Rubus nigrum*) και τα κόκκινα βατόμουρα (*Rubus idaeus*) εμφανίζουν μικρότερη αντιοξειδωτική δράση. Τα μύρτιλα και οι άγριο κλώνοι τους, bilberries (*Vaccinium myrtillus*), φαίνεται πως έχουν πολύ αποτελεσματικά αντιοξειδωτικά συστατικά. Μία από τις πιο ισχυρές αντιοξειδωτικές ενώσεις που εμφανίζεται σε μούρα με έντονο χρώμα, όπως βατόμουρα είναι οι ανθοκυανίνες, αν και τα μύρτιλα είναι επίσης πλούσια και σε χλωρογενικό οξύ.<sup>[20]</sup>

## 2.2.6 Αντιοξειδωτικά σε λαχανικά: γενικά

Τα αντιοξειδωτικά που υπάρχουν συνήθως στα λαχανικά είναι το ασκορβικό οξύ, οι τοκοφερόλες, τα καροτενοειδή και οι φαινολικές ενώσεις. Σε σύγκριση με τα φρούτα, τα λαχανικά γενικά περιέχουν πολύ μικρότερες ποσότητες αντιοξειδωτικών, μία μεγάλη ποσότητα βιταμίνης C βρίσκεται στην κόκκινη πιπεριά ( $1850 \text{ mg kg}^{-1}$ ) και σημαντικές ποσότητες στα λαχανάκια Βρυξελών ( $900 \text{ mg kg}^{-1}$ ) και το μπρόκολο ( $750 - 830 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ενώ οι ποσότητες σε βιταμίνη E στα λαχανικά κυμαίνονται γενικά κάτω από  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Πίνακας 2.5 Αντιοξειδωτικές ενώσεις σε επιλεγμένα φρούτα και προϊόντα αυτών (mg/kg νωπού προϊόντος).

Vegetable	Flavonols (quercetin)	Hydroxy-cinnamates	Carotenoids (beta-carotene)	Vitamin C	Vitamin E
Broccoli	15–65 <sup>71,72,134</sup>	62–148 <sup>72</sup>	4–27 <sup>70,94</sup>	750–830 <sup>68,121</sup>	7 <sup>121</sup>
– boiled				640 <sup>117</sup>	7 <sup>117</sup>
Brussels sprouts	0–6 <sup>71</sup>		4.3 <sup>94</sup>	900 <sup>117</sup>	4 <sup>117</sup>
Carrots			11–770 <sup>70,94</sup>	60 <sup>117</sup>	4 <sup>117</sup>
– boiled			101 <sup>117</sup>	42 <sup>117</sup>	4 <sup>117</sup>
Onions	340–420 <sup>71,105</sup>		0.1 <sup>94</sup>	75 <sup>117</sup>	0.4 <sup>117</sup>
– blanched	210–290 <sup>105</sup>				
– fried	220–370 <sup>105</sup>		0.2 <sup>117</sup>	57 <sup>117</sup>	8 <sup>117</sup>
Pea	1.4–1.6 <sup>105</sup>		3.6 <sup>94</sup>	200 <sup>117</sup>	2 <sup>117</sup>
– boiled	0.8–1.0 <sup>105</sup>		3.6 <sup>117</sup>		
– fried	1.3–2.0 <sup>105</sup>				
Potatoes		140 <sup>76</sup>	0.1 <sup>94</sup>	100 <sup>117</sup>	1 <sup>117</sup>
– boiled				100 <sup>117</sup>	1 <sup>117</sup>
Spinach	tr <sup>71</sup>		8–240 <sup>70</sup>	600 <sup>117</sup>	12 <sup>117</sup>
Tomatoes	2–14 <sup>71</sup>		0.2–623 <sup>94*</sup>	140 <sup>117</sup>	7 <sup>117</sup>
– juice	13 <sup>71</sup>			140 <sup>117</sup>	7 <sup>117</sup>
– ketchup			99 <sup>94*</sup>	80 <sup>117</sup>	23 <sup>117</sup>
Sweet red pepper			1.2–33 <sup>70</sup>	1850 <sup>117</sup>	22 <sup>117</sup>

\* Lycopene.

Στα νωπά λαχανικά υπάρχουν μόνο γλυκοζυλιωμένες φλαβονόλες και άλλα φλαβονοειδή. Τα επίπεδα της κουερσιτίνης στα λαχανικά κυμαίνονται γενικά κάτω από  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ , εκτός από τα κρεμμύδια ( $340 - 347 \text{ mg kg}^{-1}$ ), το λάχανο ( $110 - 120 \text{ mg kg}^{-1}$ ), και το μπρόκολο ( $30 - 166 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ενώ καμφερόλη εντοπίστηκε μόνο στο λάχανο ( $210 - 470 \text{ mg kg}^{-1}$ ), στα αντίδια ( $15 - 90 \text{ mg kg}^{-1}$ ), στο μπρόκολο ( $60 \text{ mg kg}^{-1}$ ) και στα πράσα ( $10 - 60 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Το περιεχόμενο των λαχανικών σε φλαβονοειδή είναι πολύ χαμηλό, με κάποιες εξαιρέσεις, όπως η ποσότητα των φλαβονονών στα

φύλλα του σέλινου ( $750 \text{ mg kg}^{-1}$ ), ή των ανθοκυανινών στις γλυκοπατάτες. Σε γενικές γραμμές, οι ποσότητες των флаβονολών σε επεξεργασμένα τρόφιμα είναι χαμηλότερες σε σχέση με τα νωπά.<sup>[21-23]</sup>

## 2.3 Ποιοτική υποβάθμιση των νωπών φρούτων και λαχανικών

### 2.3.1 Εισαγωγή

Αρκετοί παράγοντες μπορούν να οδηγήσουν σε ποιοτική υποβάθμιση των νωπών προϊόντων, εξ ου και ο κοινός χαρακτηρισμός των εν λόγω προϊόντων ως ευπαθή. Ορισμένοι από αυτούς τους παράγοντες είναι μέρος του κύκλου ζωής των προϊόντων, όπως υπερωρίμανση βλάστηση και άλλα. Άλλοι παράγοντες είναι αποτέλεσμα της διαδικασίας της συγκομιδής. Μόλις αποσπαστεί από το μητρικό φυτό, ο καρπός στερείται πλέον το νερό, τις θρεπτικές ουσίες και τις ορμόνες. Κατά συνέπεια, λειτουργίες όπως η διαπνοή και η αναπνοή οδηγούν τελικά σε αφυδάτωση και γήρανση. Η ανάπτυξη παθογόνων οργανισμών και τα χτυπήματα προκαλούν άμεση υποβάθμιση της ποιότητας των προϊόντων, κυρίως εμφανισιακά, αλλά και επιταχύνοντας τη γήρανση. Επιπλέον, το περιβάλλον της αποθήκευσης διαδραματίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στο ρυθμό όλων των ποιοτικών αλλαγών.<sup>[26]</sup>

### 2.3.2 Φυσικές αλλοιώσεις κατά τη συγκομιδή και τη διαχείριση

Η μέθοδος συγκομιδής μπορεί να καθορίσει την έκταση της ποικιλομορφίας στην ωριμότητα και τις φυσικές αλλοιώσεις και, κατά συνέπεια, να επηρεάσει τη σύνθεση και την ποιότητα των φρούτων και των λαχανικών. Μηχανικές αλλοιώσεις (μώλωπες, εκδορές, κοψίματα, κλπ.) μπορεί να επιταχύνουν την απώλεια νερού και βιταμίνης C και να αυξήσουν την ευαισθησία τους σε παθογόνους μικροοργανισμούς που προκαλούν σήψη. Η συχνότητα εμφάνισης και η σοβαρότητα των εν λόγω αλλοιώσεων επηρεάζονται από τη μέθοδο συγκομιδής (το χέρι έναντι της μηχανής) και τις ενέργειες διαχείρισης και μεταχείρισης της συγκομιδής. Φυσικές βλάβες πριν, κατά και μετά την κοπή συνεισφέρουν

σημαντικά στο μαύρισμα των ιστών, τη διαρροή των χυμών, καθώς και την ταχύτερη επιδείνωση των φρεσκοτεμαχισμένων προϊόντων.<sup>[24]</sup>

### 2.3.3 Αναπνοή

Τα φρούτα και τα λαχανικά είναι «ζωντανά» προϊόντα και ο ρυθμός αναπνοής τους είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της ποιότητάς τους. Έχει παρατηρηθεί ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός αναπνοής ενός προϊόντος, τόσο μικρότερη είναι η διάρκεια ζωής του.

Αναπνοή είναι η μεταβολική διεργασία κατά την οποία τα κύτταρα μετατρέπουν την ενέργεια από μία χημική δομή σε μία άλλη μορφή πιο χρήσιμη για το κύτταρο σε μεταβολικές αντιδράσεις. Υπό κανονικές συνθήκες, τα νωπά προϊόντα υπόκεινται σε αερόβια αναπνοή, κατά την οποία καταναλώνεται γλυκόζη και οξυγόνο, ενώ παράγεται διοξείδιο του άνθρακα, νερό και εκλύεται θερμότητα.

Ορισμένα είδη φρούτων, γνωστά ως κλιμακτηριακά, μπορούν να συλλεχθούν άγουρα και να ωριμάσουν τεχνητά σε μεταγενέστερο στάδιο (π.χ. αβοκάντο, μπανάνες, μάνγκο, ντομάτες). Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, ο ρυθμός αναπνοής στα φρούτα αυτά αυξάνεται δραματικά σε μικρό χρονικό διάστημα. Χωρίς προσεκτικό έλεγχο της θερμοκρασίας, τα φρούτα σύντομα θα υπερωριμάσουν και θα οδηγηθούν σε κατάρρευση των εσωτερικών ιστών και την εμφάνιση χαρακτηριστικών πτητικών ενώσεων υπερώριμων καρπών. Η αδυναμία αποτελεσματικού ελέγχου της αναπνοής μπορεί επίσης να αυξήσει την απώλεια νερού. Επιπλέον, τα αυξημένα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας τα οποία μπορεί να αναπτυχθούν κατά την αποθήκευση ευνοούν την ανάπτυξη βακτηρίων και μυκήτων.<sup>[24]</sup>

### 2.3.4 Θερμοκρασία και σχετική υγρασία

Η διατήρηση φρέσκων και κομμένων φρούτων και λαχανικών στις ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για τη διατήρησή τους και την ελαχιστοποίηση των μετασυλλεκτικών απωλειών. Πάνω από το σημείο ψύξης (για τα μη ευαίσθητα στο ψύχος προϊόντα) και πάνω από το ελάχιστο ασφαλές σημείο (για τα κρυοευαίσθητα προϊόντα), για κάθε 10°C

που αυξάνεται η θερμοκρασία επιταχύνεται η υποβάθμιση και το ποσοστό απωλειών σε διατροφική αξία κατά 2 ή 3 φορές. Οι οποιοσδήποτε καθυστερήσεις μεταξύ της συγκομιδής και της ψύξης ή την επεξεργασία μπορεί να οδηγήσουν σε ποσοτικές απώλειες (λόγω απώλειας νερού ή και σήψης) και ποιοτικές απώλειες (απώλειες σε γεύση, άρωμα και διατροφική αξία). Το μέγεθος αυτών των απωλειών εξαρτάται από την κατάσταση του προϊόντος κατά τη συγκομιδή και τη θερμοκρασία του, η οποία μπορεί να είναι αρκετά υψηλότερη από αυτή του περιβάλλοντος, ιδίως όταν αυτό βρίσκεται εκτεθειμένο σε άμεση ηλιακή ακτινοβολία.

Η αλυσίδα διανομής σπάνια διατηρεί τις εγκαταστάσεις της για την αποθήκευση των προϊόντων υπό ιδανικές συνθήκες και απαιτείται από τους χειριστές να κάνουν συμβιβασμούς ως προς την επιλογή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας. Αυτές οι επιλογές μπορεί να οδηγήσουν σε φυσιολογικό στρες και απώλειες στη διάρκεια ζωής και την ποιότητα. Οι δύο πιο αδύναμοι κρίκοι στη αλυσίδα της μετασυλλεκτικής διαχείρισης είναι το λιανικό εμπόριο και η οικιακή συντήρηση.<sup>[24]</sup>

### 2.3.5 Αφυδάτωση

Οι ιστοί των φυτών καλύπτονται με προστατευτικούς ιστούς οι οποίοι χρησιμεύουν για την προστασία τους από έντομα και παθογόνους μικροοργανισμούς, φυσικά χτυπήματα και υπερβολική απώλεια νερού. Το πρωτογενές προστατευτικό στρώμα είναι η επιδερμίδα αλλά εάν ο καρπός υπόκειται σε δευτερογενή ανάπτυξη, τότε αναπτύσσεται μία πολυεπίπεδη επιδερμίδα, όπως για παράδειγμα στα μήλα και τις πατάτες. Η επιδερμίδα είναι επικαλυμμένη με ένα «κηρώδες» υλικό, ενώ τα τοιχώματα των κυττάρων είναι επικαλυμμένα με μία υδροφοβική ουσία. Τόσο η κηρώδης επιδερμίδα όσο και τα υδροφοβικά κυτταρικά τοιχώματα μπορούν να μειώσουν την απώλεια νερού από την επιφάνεια του φυτού· ωστόσο κάποια απώλεια είναι αναπόφευκτη. Οι υδρατμοί μπορούν να διαπεράσουν την επιδερμίδα, ενώ επίσης ένα μέρος χάνεται μέσω των πόρων του περιδέρμιου που χρησιμοποιούνται για την αναπνοή. Αν η επιδερμίδα ή το περιδέρμιο έχουν υποστεί βλάβη, η απώλεια νερού μπορεί να επιδεινωθεί σημαντικά.

Τα ώριμα μέρη κάποιων φυτών, όπως μίσχοι, ρίζες και μερικά φρούτα αναπτύσσουν ενισχυμένους ιστούς, ξυλώδεις, προκειμένου να διατηρήσουν τη δομή τους. Η παρουσία όμως σκληρών ινών δεν είναι επιθυμητή σε πολλά νωπά προϊόντα, με αποτέλεσμα η συγκομιδή τους να γίνεται πριν ωριμάσουν. Η δομή και υφή των νωπών προϊόντων εξαρτάται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τη διατήρηση της εσωτερικής πίεσης των κυττάρων, της πίεσης, δηλαδή που ασκούν οι χυμοί του κυττάρου στα σχεδόν ανελαστικά τοιχώματά του. Εάν χαθεί σχετικά μεγάλη ποσότητα νερού από τους ιστούς, η πίεση αυτή θα μειωθεί οδηγώντας σε μααρασμό ή ξήρανση του προϊόντος.

Ο ρυθμός με τον οποίο χάνεται το νερό μετά τη συγκομιδή εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την εξωτερική τάση ατμών, ωστόσο, και άλλοι παράγοντες επηρεάζουν την κατάσταση. Προϊόντα με μεγάλη επιφάνεια σε αναλογία με τον όγκο τους, όπως τα φυλλώδη, χάνουν ένα μεγάλο μέρος του νερού τους πολύ πιο γρήγορα απ' ό,τι τα σφαιρικά φρούτα. Φρούτα με παχιά φλούδα μπορούν να χάσουν ένα σημαντικό ποσοστό της υγρασίας τους, χωρίς να διακυβεύεται το εδώδιμο μέρος τους, όπως τα εσπεριδοειδή και οι μπανάνες. Η εμφάνιση, ωστόσο, του καρπού επιδεινώνεται σταθερά όσο αυξάνεται η απώλεια υγρασίας. Από την άλλη, τα λεπτόδερμα φρούτα, όπως τα επιτραπέζια σταφύλια, είναι πιο ευαίσθητα στην απώλεια υγρασίας. Επιπλέον, το σύνολο των προϊόντων, όταν αφυδατώνονται παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες αιθυλενίου.<sup>[24]</sup>

### 2.3.6 Αιθυλένιο

Είναι ευρέως γνωστό ότι η φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών ελέγχεται από ενώσεις οι οποίες παράγονται από το ίδιο (αναφέρονται και ως ενδογενείς φυτικές ορμόνες).<sup>[25]</sup> Το αιθυλένιο ( $C_2H_4$ ) είναι μία ορμόνη φυτικής προέλευσης που παίζει καθοριστικό ρόλο στην ωρίμανση και τη γήρανση των φρούτων και των λαχανικών.<sup>[26-30]</sup> Όλα τα φυτικά κύτταρα παράγουν χαμηλά επίπεδα αιθυλενίου· ωστόσο, κάτι προκαλεί στρες στους ιστούς και τονώνει τη σύνθεση αιθυλενίου. Οι παράγοντες αυτοί που προκαλούν στρες μπορεί να είναι η υπερβολική απώλεια νερού, κάποιο χτύπημα ή προσβολή από κάποιο παθογόνο. Τα κλιμακτηριακά φρούτα παράγουν υψηλά επίπεδα αιθυλενίου κατά την έναρξη της ωρίμανσης και η ορμόνη αυτή πιστεύεται πως τονώνει και συντονίζει τις φυσικές και βιοχημικές μεταβολές που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Έκθεση σε εξωγενές αιθυλένιο μπορεί να οδηγήσει σε επιτάχυνση της ωρίμανσης και της

γήρανσης, για παράδειγμα, τα πράσινα λαχανικά χάνουν τη χλωροφύλλη τους πιο γρήγορα, οι ίνες των σπαραγγιών σκληραίνουν, παρουσιάζεται πρόωρη ωρίμανση σε άγουρα φρούτα και το λάχανο και το κουνουπίδι μπορεί να χάσουν τα φύλλα τους γρηγορότερα. <sup>[26]</sup>

Είναι γνωστό ότι ο τραυματισμός των ιστών των φυτών συνεπάγεται την παραγωγή αιθυλενίου, και το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την έναρξη αυτής της αντίδρασης κυμαίνεται από λίγα λεπτά έως και 6-12h μετά τον τραυματισμό. Οι πιθανές επιδράσεις του αιθυλενίου εξαρτώνται από το είδος και τη φυσιολογία του εκάστοτε ιστού. Σημαντική αύξηση στην παραγωγή αιθυλενίου, ως αποτέλεσμα τεμαχισμού του προϊόντος, έχει παρατηρηθεί σε ακτινίδια (*Actinidia deliciosa* L.), ντομάτες (*Lycopersicon esculentum* Mill.), κολοκύθες (*Cucurbita maxima* Duch.), παπάγια, και φράουλες (*Fragaria x ananassa* Duchesne). Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα προϊόντα που ανταποκρίνονται διαφορετικά στους τραυματισμούς. Για παράδειγμα, τα αχλάδια (*Pyrus communis* L.), δεν εμφανίζουν αύξηση της παραγωγής αιθυλενίου ως αντίδραση στον τεμαχισμό τους. Έχει επίσης παρατηρηθεί σε κομμένες φέτες αχλαδιών, μείωση της παραγωγής αιθυλενίου σε σχέση με τα ολόκληρα φρούτα.

Αντιφατικά αποτελέσματα σχετικά με τις επιπτώσεις των τραυματισμών στην παραγωγή αιθυλενίου έχουν αναφερθεί στις μπανάνες (*Musa* spp. AAA) και τα πεπόνια (*Cucumis melo* L., var. *reticulatus*). Υπάρχουν περιπτώσεις όπου ο τεμαχισμός της μπανάνας οδήγησε σε αύξηση της παραγωγής του αιθυλενίου, ενώ σε άλλες παρατηρήθηκε μείωση στην παραγωγή. Τα αντιφατικά αποτελέσματα μπορούν να εξηγηθούν λαμβάνοντας υπόψη τα διαφορετικά στάδια ωρίμανσης στα οποία βρίσκονται οι μπανάνες. Αν η κοπή γίνει πριν κιτρινίσει πλήρως η μπανάνα η κοπή έχει γίνει σε προ-κλιμακτηριακό στάδιο ενώ όταν κιτρινίσει πλήρως βρίσκεται σε μετα-κλιμακτηριακό στάδιο. Στη δεύτερη περίπτωση παρατηρείται και η αύξηση στην παραγωγή αιθυλενίου. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στο πεπόνι και εξηγείται με τον ίδιο τρόπο. Ως εκ τούτου η ωριμότητα του προϊόντος (κυρίως στα κλιμακτηριακά φρούτα) είναι σημαντικός παράγοντας στο ρυθμό παραγωγής αιθυλενίου.

Η παραγωγή αιθυλενίου εντοπίζεται στους ιστούς που βρίσκονται κοντά στο τραύμα ή το σημείο που πραγματοποιήθηκε κοπή. Σε κομμένες φέτες μπανάνας η παραγωγή αιθυλενίου παρατηρήθηκε ότι περιορίζεται σε λίγα χιλιοστά της κομμένης επιφάνειας. Η σημασία των δευτερογενών αντιδράσεων των ιστών που

συνορεύουν με τα κομμένα κύτταρα ενδεχομένως εξηγούν φαινόμενα όπως το μαύρισμα της κομμένης επιφάνειας.

Η θερμοκρασία αποθήκευσης έχει επίσης επιπτώσεις στην παραγωγή αιθυλενίου λόγω τραυματισμού. Έχει διαπιστωθεί ότι η αποθήκευση τεμαχισμένων πεπονιών σε θερμοκρασία 0-2,5°C καταστέλλει σχεδόν τελείως την παραγωγή αιθυλενίου σε σχέση με υψηλότερες θερμοκρασίες αποθήκευσης. Αντίστοιχη μείωση της παραγωγής αιθυλενίου ενδέχεται να παρατηρηθεί και σε άλλα τεμαχισμένα φρούτα και λαχανικά σε χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης.<sup>[30]</sup>

### 2.3.7 Γήρανση

Είναι η φυσική γήρανση των ιστών και υποκινείται από την παρουσία του αιθυλενίου και οτιδήποτε άλλο που επιταχύνει την αναπνοή. Επηρεάζει εν τέλει όλες της πτυχές της ποιότητας, τελειώνοντας με το θάνατο του προϊόντος. Ορισμένες αλλαγές που οφείλονται στη γήρανση επηρεάζουν ορισμένα επεξεργασμένα προϊόντα φρούτων και λαχανικών, όπως αλλαγές στη χημική και φυσική δομή του κυτταρικού τοιχώματος. Αν και στα νωπά προϊόντα η υφή είναι άκρως εξαρτημένη από την κυτταρική πίεση, η ακεραιότητα του κυτταρικού τοιχώματος είναι σημαντική για την υφή και ορισμένων επεξεργασμένων προϊόντων.<sup>[24]</sup>

### 2.3.8 Συμπληρωματικές μέθοδοι επεξεργασίας των προϊόντων

Αυτές περιλαμβάνουν επούλωση για τα ριζώδη λαχανικά, καθαρισμό, διαλογή για την αποφυγή ελαττωματικών προϊόντων, διαλογή κατά διάρκεια/φάση ωρίμανσης, μέγεθος, κήρωμα, χρήση μυκητοκτόνων ως αντισηπτικών, θέρμανση για τον έλεγχο σηπτικών παραγόντων ή εντόμων, ψεκασμοί για τα έντομα, χρήση ακτινοβολίας για την πρόληψη της βλάστησης και απεντόμωση, και έκθεση των φρούτων σε αιθυλένιο για ταχύτερη και ομοιόμορφη ωρίμανση. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτές οι τεχνικές είναι χρήσιμες για τη διατήρηση της ποιότητας και την παράταση της μετασυλλεκτικής διάρκειας ζωής του προϊόντος. Εντούτοις, είναι αναγκαίο να προσδιοριστεί η μέγιστη διάρκεια αποθήκευσης για κάθε προϊόν από τη στιγμή της συγκομιδής μέχρι και το στάδιο προετοιμασίας του ως ελαφρώς



επεξεργασμένο προϊόν. Σε γενικές γραμμές όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια αποθήκευσης ενός φρέσκου προϊόντος από τη συγκομιδή του έως την κοπή, τόσο συντομότερη θα είναι η διάρκεια ζωής του μετά την επεξεργασία.<sup>[24]</sup>

### 2.3.9 Μύκητες και παθογόνα βακτήρια

Οι πιο σημαντικοί από τους μικροοργανισμούς που προκαλούν φθορές και απώλειες μετά τη συγκομιδή των νωπών φρούτων και λαχανικών είναι οι μύκητες. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα φρούτα, όπου οι σχετικά όξινες συνθήκες τείνουν να καταστείλουν την ανάπτυξη βακτηρίων. Λαχανικά με υψηλότερο pH, ωστόσο, υποφέρουν περισσότερο από βακτηριακές μολύνσεις. Η πλειονότητα των παθογόνων βασίζονται σε κατεστραμμένους ιστούς για την πρόσβασή τους σε φρέσκα προϊόντα. Για παράδειγμα, το είδος *Penicillium* που προκαλεί τη μπλε και πράσινη μούχλα σε εσπεριδοειδή και άλλα φρούτα είναι ανίκανο να προσβάλει ένα ακέραιο φρούτο. Ένα ανέπαφο φρέσκο προϊόν είναι ανθεκτικό στην πλειονότητα των πιθανών παθογόνων παραγόντων. Η φλούδα και η παρουσία αντιμικροβιακών ουσιών σε αυτό και στο εσωτερικό είναι επαρκής προστασία.

Ορισμένοι παθογόνοι έχουν τη δυνατότητα να εισέλθουν μέσω φυσικών ανοιγμάτων, όπως τα στομάτια και οι πόροι. Τα βακτήρια συνήθως χρησιμοποιούν αυτό τον τρόπο για να διεισδύσουν. Η πιο κοινή ομάδα βακτηρίων που προκαλεί σημαντική μείωση της διάρκειας ζωής είναι το γένος *Erwinia*. Υπό τις κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και ενεργότητας νερού, τα βακτήρια μπορούν εύκολα να αναπτυχθούν σε προϊόντα όπως οι πατάτες μέσω των πόρων τους. Εκεί παράγουν μεγάλες ποσότητες εξοκτυαδικών ενζύμων που διαλύουν τους ιστούς. Μερικές φορές η σήψη συνοδεύεται και από την εμφάνιση και ανάπτυξη σαπροφυτικών βακτηρίων τα οποία προκαλούν εξαιρετικά δυσάρεστες οσμές.

Μόνο ένας μικρός αριθμός παθογόνων μυκήτων είναι σε θέση να μολύνει άμεσα ένα άθικτο προϊόν. Σε γενικές γραμμές, οι τελευταίοι αυτοί παθογόνοι είναι ιδιαίτερα προβληματικοί, λόγω του γεγονότος ότι ενδέχεται να μολύνουν την παραγωγή πριν τη συγκομιδή, αλλά παραμένουν σε αδράνεια μέχρι οι συνθήκες να ευνοήσουν την ανάπτυξή τους. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται σε μεγάλο βαθμό στα φρούτα. Το *Colletotrichum gloeosporioides* είναι ένα κοινό παθογόνο που εμφανίζει τη συμπεριφορά αυτή σε διάφορα τροπικά φρούτα όπως μάνγκο και παπάγια. Το *Colletotrichum musae* προκαλεί παρόμοια συμπτώματα στις μπανάνες,

ενώ ο *Botrytis cinerea* εμφανίζει τη συμπεριφορά αυτή σε φρούτα όπως οι φράουλες, όπου τα σπόρια του μύκητα μολύνουν αρχικά τα άνθη, αναπαράγονται και τα νήματα παραμένουν μέσα στο αναπτυσσόμενο φρούτο χωρίς να εμφανίζουν συμπτώματα έως ότου ο καρπός να ωριμάσει πλήρως. Η μετέπειτα εξέλιξη της μολύνσεως μπορεί να είναι εξαιρετικά γρήγορη και οι αποικίες να καλύψουν πλήρως ολόκληρα τα φρούτα σχηματίζοντας μία γκρι μούχλα σε ελάχιστες ημέρες σε θερμοκρασία 20°C.

Οι ασθένειες του φλοιού μπορεί να παραμείνουν επιφανειακές, αλλά προκαλούν μεγάλες απώλειες στην αγορά λόγω της αλλοιωμένης όψης. Η βιομηχανία πατάτας έχει μεγάλο πρόβλημα με μία σειρά μολύνσεων του φλοιού, όπως η μαύρη και η αργυρή λέπρωση (*Rhizoctonia solani* και *Helminthosporium solani* αντίστοιχα) και η κοινή ακτινομύκωση (*Streptomyces scabies*, πρόκειται για βακτήριο που προσβάλλει τους κονδύλους, προκαλώντας φλύκταινες και έλκη με ρωγμές) τα οποία εξαπλώνονται ταχύτατα μόλις η θερμοκρασία αυξηθεί.

Στ' ο σύνολό τους, οι μικροοργανισμοί ευνοούνται υπό συνθήκες υψηλής υγρασίας και ιδίως από την υψηλή ενεργότητα νερού. Οι παθογόνοι παράγοντες των φρούτων και των λαχανικών ποικίλουν όσον αφορά την ικανότητά τους να αναπτύσσονται και να αναπαράγονται σε διάφορες θερμοκρασίες· ωστόσο, οι περισσότεροι αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 6 °C και 35 °C. Μερικοί επιβιώνουν και μάλιστα αναπαράγονται με αργό ρυθμό σε χαμηλές θερμοκρασίες έως και 1 °C. Η συχνότητα εμφάνισης ορισμένων ειδών παθογόνων οργανισμών επηρεάζεται από τις συνθήκες τόσο πριν όσο και μετά τη συγκομιδή.

Ορισμένοι παθογόνοι παράγοντες επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τα επεξεργασμένα προϊόντα. Για παράδειγμα, η παρουσία λίγων μόνο εσπεριδοειδών που έχουν προσβληθεί από το μύκητα *Alternaria* μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την παρασκευή χυμού με άσχημο άρωμα. Η παρουσία ορισμένων ενζύμων που προκαλούν κατάρρευση του κυτταρικού τοιχώματος από μύκητες, μπορεί να προκαλέσουν διαρκές μαλάκωμα των κονσερβοποιημένων προϊόντων, ακόμη και αφού ο μύκητας έχει θανατωθεί κατά τη διάρκεια της αποστείρωσης.

### **2.3.10 Συμπληρωματικές τεχνικές που περιλαμβάνουν έλεγχο του περιβάλλοντος**

Η απόκριση σε οποιαδήποτε τροποποίηση της ατμόσφαιρας ποικίλει αρκετά μεταξύ των διαφόρων ειδών φυτών, οργανικό τύπο, στάδιο ανάπτυξης, και τη διάρκεια και τη θερμοκρασία έκθεσης. Η διατήρηση των βέλτιστων συγκεντρώσεων σε οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, καθώς και αιθυλένιο, γύρω από το προϊόν επεκτείνει τη μετασυλλεκτική διάρκεια ζωής του προϊόντος κατά 50-100% σε σχέση με τον απλό έλεγχο του αέρα. Γενικότερα, ατμόσφαιρες με χαμηλές συγκεντρώσεις σε  $O_2$  μειώνουν την υποβάθμιση και τις απώλειες σε ασκορβικό οξύ στα νωπά προϊόντα. Ατμόσφαιρες με αυξημένες συγκεντρώσεις σε  $CO_2$  έως και 10% επίσης μειώνουν τις απώλειες σε ασκορβικό οξύ, αλλά οι πολύ υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να επιταχύνουν τις απώλειες αυτές. Από την άλλη πλευρά εμπλουτισμένες με  $CO_2$  ατμόσφαιρες μπορεί να είναι επωφελείς ως προς την καθυστέρηση του μαυρίσματος και την ανάπτυξη μικροβίων σε ορισμένα κομμένα νωπά φρούτα και λαχανικά. Η έκθεση στο αιθυλένιο μπορεί να είναι ζημιογόνα για την ποιότητα των περισσότερων λαχανικών θα πρέπει να αποφεύγεται με διαχωρισμό των προϊόντων που παράγουν αιθυλένιο και των ευαίσθητων σε αυτό, χρησιμοποιώντας πλυντηρίδες αιθυλενίου ή/και με την εισαγωγή φρέσκου αέρα χωρίς αιθυλένιο στους αποθηκευτικούς χώρους. Η επεξεργασία των φρούτων και των λαχανικών ή των ελαφρώς επεξεργασμένων προϊόντων τους με 0,5 έως 1 ppm 1-methylcyclopropane για περίπου 6h προστατεύει από τη δράση του αιθυλενίου.

### **2.3.11 Γεύση και άρωμα εναντίον διάρκειας ζωής εμφάνισης ελαφρώς επεξεργασμένων προϊόντων φρούτων**

Ακόμη και υπό τις ιδανικές συνθήκες προετοιμασίας και μεταχείρισης, η μετασυλλεκτική διάρκεια ζωής ως προς τη γεύση και το άρωμα είναι μικρότερη απ' ό,τι ως προς την εμφάνιση. Απαιτούνται περισσότερα στοιχεία για να προσδιοριστούν οι λόγοι που προκαλούν απώλεια γεύσης και οι πιθανές τεχνικές που θα επιβραδύνουν και θα αποκαταστήσουν την ικανότητα των ιστών των φρούτων να παράγουν τους επιθυμητούς εστέρες και άλλες αρωματικές ενώσεις. Η χρήση του χλωριούχου ασβεστίου (calcium chloride) ή του γαλακτικού ασβεστίου (calcium lactate) σε συνδυασμό με το ασκορβικό οξύ και την κυστεΐνη, ως ενισχυτικού κατά την επεξεργασία (εμβάπτιση για 2 min), έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματική στη διατήρηση της σκληρότητας και καθυστερεί το μαύρισμα των

φρεσκο-τεμαχισμένων φρούτων. Η χρήση αιθυλενίου και συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας (διατήρηση 2-5% O<sub>2</sub> και 8-12% CO<sub>2</sub>) μπορεί να είναι χρήσιμα συμπληρώματα για την καλή διαχείριση της θερμοκρασία και της ποιότητας των νωπών τεμαχισμένων φρούτων. Επιπρόσθετη έρευνα απαιτείται για τη βελτιστοποίηση της προετοιμασίας και των περαιτέρω διεργασιών για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας του κάθε προϊόντος φρούτων.

## 2.4 Μετασυλλεκτική επεξεργασία

### 2.4.1 Ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά

Τα τελευταία χρόνια, η ζήτηση από τους καταναλωτές όλο και πιο φρέσκων και φυσικών προϊόντων, οδήγησε στην ανάπτυξη μίας νέας τεχνολογίας, αυτής των νωπών τεμαχισμένων λαχανικών. Οι γρήγοροι ρυθμοί ζωής, η ανάγκη για την παραγωγή έτοιμων για κατανάλωση λαχανικών χωρίς περαιτέρω διαδικασίες, είχαν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση στην αγορά προϊόντων με τέτοιες ιδιότητες.<sup>[31]</sup>

### 2.4.2 Ορισμός

Τα ελαφρώς επεξεργασμένα (minimally processed) οπωροκηπευτικά είναι τα προϊόντα που παράγονται και χειρίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε:

- να είναι έτοιμα για χρήση (ready-to-use)
- να είναι έτοιμα για κατανάλωση (ready-to-eat)
- να είναι όπως τα νωπά (fresh-like)
- να έχουν μακρά διάρκεια ζωής
- να είναι ασφαλή για την υγεία
- να διατηρούν ακέραιη τη θρεπτική και οργανοληπτική τους ποιότητα (φυσικά συστατικά)<sup>[31]</sup>

### 2.4.3 Ορολογία

Εκτός από την ορολογία που αναφέρθηκε άλλοι όροι που χρησιμοποιούνται για τα ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά είναι:

- ελαφρώς επεξεργασμένα (lightly processed)
- μερικώς επεξεργασμένα (partially processed)
- νωπά επεξεργασμένα (fresh processed)
- έτοιμα (pre-prepared)
- και νωπά τεμαχισμένα (fresh-cut) <sup>[31]</sup>

### 2.4.4 Ιστορικό

Τα πρώτα ελαφρώς επεξεργασμένα οπωροκηπευτικά προϊόντα εισήχθησαν στην αγορά των ΗΠΑ. Αρχικά οι μεγάλες αλυσίδες εστίασης όπως Burger King και McDonalds άρχισαν την παραγωγή ετοιμών για κατανάλωση σαλατών, για να εξυπηρετήσουν τα υποκαταστήματά τους. Μόλις το 1989, 62 προϊόντα άρχισαν να πωλούνται και από τις υπεραγορές τροφίμων. Σήμερα λόγω των τάσεων για εύκολη προετοιμασία φαγητού και υγιεινών και θρεπτικών τροφίμων, η ζήτηση των καταναλωτών για ελαφρώς επεξεργασμένα προϊόντα αυξάνεται συνεχώς και τα προϊόντα αυτά αποτελούν ένα ταχέως αναπτυσσόμενο τομέα της βιομηχανίας τροφίμων. <sup>[31]</sup>

### 2.4.5 Κατηγορίες προϊόντων

Υπάρχει πληθώρα από λαχανικά στα οποία εφαρμόζεται η τεχνική αυτή. Μερικά από τα προϊόντα που διατίθενται με αυτόν τον τρόπο είναι:

- Αποφλοιωμένες και κομμένες πατάτες
- Κομμένο μαρούλι και λάχανο
- Πλυμένο και χωρίς κοτσάνια σπανάκι
- Τεμαχισμένο καρότο και σέλινο
- Τεμαχισμένο κουνουπίδι και μπρόκολο
- Μικτές σαλάτες & λαχανικά για φούρνο μικροκυμάτων
- Καθαρισμένο και κομμένο κρεμμύδι σε δίσκους

- Τεμαχισμένο ροδάκινο, πεπόνι και ανανάς
- Καθαρισμένο πορτοκάλι

Όλα τα παραπάνω, κυκλοφορούν σε διάφορα μεγέθη και σχήματα, κάθε είδος χωριστά ή σε διάφορους συνδυασμούς. Τα προϊόντα αυτά συσκευάζονται σε σφραγισμένες σακούλες ή σε πλαστικούς δίσκους σφραγισμένους με διάφορα πολυμερή. Το κυριότερο κριτήριο που λαμβάνουν υπόψη οι καταναλωτές είναι η εμφάνιση και συγκεκριμένα το χρώμα. Δευτερεύοντα κριτήρια είναι η υφή και το άρωμα και ακολουθεί η διατροφική αξία.

Τα ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά, διατηρούν τη θρεπτική τους αξία, την εμφάνισή τους, ενώ είναι κομμένα σε διάφορα σχήματα και μεγέθη και μπορούν να συντηρηθούν για 7-14 ημέρες, ανάλογα με το είδος και σε κατάλληλες συνθήκες όπως θα αναφερθούν παρακάτω.<sup>[31]</sup>

#### 2.4.6 Ποιοτικά χαρακτηριστικά ελαφρώς επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών

Η ποιότητα των ελαφρώς επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών είναι ένας συνδυασμός παραμέτρων ιδιοτήτων και/ή χαρακτηριστικών που καθορίζουν την αξία τους για τον καταναλωτή. Οι ποιοτικές παράμετροι περιλαμβάνουν την εμφάνιση, την υφή, το άρωμα (flavor), και τη διατροφική αξία. Η σχετική αξία καθεμίας από αυτές τις παραμέτρους εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του προϊόντος και από το αν καταναλώνεται φρέσκο ή ωμό (με ή χωρίς γευστικά πρόσθετα, όπως σάλτσες και ντιπ) ή μαγειρεμένο. Οι καταναλωτές κρίνουν την ποιότητα των προϊόντων με βάση την εμφάνιση και τη φρεσκάδα (ημερομηνία «ανάλωσης κατά προτίμηση πριν από...») τη στιγμή της αγοράς. Ωστόσο, η επόμενη αγορά εξαρτάται κυρίως από την ικανοποίηση του καταναλωτή όσον αφορά την ποιότητα της υφής και του αρώματος (flavor) του προϊόντος. Οι καταναλωτές ενδιαφέρονται επίσης για τη θρεπτική αξία και την ασφάλεια των τεμαχισμένων νωπών προϊόντων.

Η ποιότητα των ανέπαφων φρούτων ή λαχανικών εξαρτάται από την ποικιλία, τις καλλιεργητικές πρακτικές και τις κλιματολογικές συνθήκες, την ωριμότητα κατά τη συγκομιδή καθώς και από τη μέθοδο με την οποία γίνεται η συγκομιδή. Οι διεργασίες διαχείρισης, οι συνθήκες, και το χρονικό διάστημα μεταξύ συγκομιδής

και προετοιμασίας ως ελαφρώς επεξεργασμένο προϊόν έχουν επίσης σημαντικό αντίκτυπο στην ποιότητα των ανέπαφων φρούτων και λαχανικών και, κατά συνέπεια, στην ποιότητα των επεξεργασμένων προϊόντων. Επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών περιλαμβάνουν τη μέθοδο προετοιμασίας (αιχμηρότητα των εργαλείων κοπής, το μέγεθος και η ελεύθερη επιφάνεια των κομματιών, το πλύσιμο, και η απομάκρυνση της επιφανειακής υγρασίας) και περαιτέρω συνθήκες διαχείρισης (συσκευασία, ρυθμός ψύξης, διατήρηση ενός βέλτιστου εύρους θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, ταχεία προώθηση στην αγορά, και σωστές πρακτικές υγιεινής). Ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα διασφάλισης ποιότητας πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλους του παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των πρώτων υλών και των κομμένων νωπών προϊόντων.<sup>[32]</sup>

## 2.5 Συντήρηση

### 2.5.1 Συντήρηση σε ψύξη (κοινά ψυγεία)

Τα οπωροκηπευτικά μετά τη συγκομιδή χάνουν εύκολα υγρασία, αναπνέουν έντονα, παράγουν αιθυλένιο (ορμόνη ωρίμανσης και γηρασμού), μαλακώνουν και επί πλέον αποτελούν κατάλληλο υπόστρωμα για τους μικροοργανισμούς (μύκητες και βακτήρια).

Η χαμηλή θερμοκρασία επιβραδύνει την αναπνευστική δραστηριότητα, τη δράση των ενζύμων, την παραγωγή αιθυλενίου, επιβραδύνει την ωρίμανση των καρπών, τον γηρασμό των ιστών και προϊόντων, τη διάσπαση της χλωροφύλλης και τη μικροβιακή δράση.

Τα οπωροκηπευτικά μετά τη συγκομιδή αναπνέουν πιο έντονα και παράγεται CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O και θερμότητα. Αν τα προϊόντα αποθηκευτούν σε θερμοκρασία χώρου σχετικά υψηλή (20 °C) και δεν αερίζονται επαρκώς τότε «υπερθερμαίνονται» και φυσικά καταστρέφονται.

Η παραγόμενη θερμότητα, σε συγκεκριμένη θερμοκρασία, υπολογίζεται από την ένταση της αναπνοής ή από την παραγόμενη ποσότητα CO<sub>2</sub>/kg προϊόντος/h

πολλαπλασιαζόμενη επί 440, εκφραζόμενη σε BTU/tn/day ή επί 122, εκφραζόμενη σε Kcal/tn/day.

Σε χαμηλές θερμοκρασίες αναστέλλεται η βλάστηση των σπορίων των μυκήτων και η ανάπτυξη των μυκηλιακών υφών.

Η θερμοκρασία είναι ο πιο βασικός περιβαλλοντικός παράγοντας που επηρεάζει τη διάρκεια συντήρησης των καρπών. Για κάθε 10 °C πάνω από την άριστη θερμοκρασία συντήρησης ο βαθμός ακαταλληλότητας των προϊόντων αυξάνει κατά 2 – 3 φορές.

### 2.5.2 Απώλεια νερού και συντήρηση οπωροκηπευτικών (αφυδάτωση)

Τα νωπά οπωροκηπευτικά χαρακτηρίζονται από την υψηλή περιεκτικότητα σε νερό (>80%). Όταν αυτά απομακρύνονται από το φυσικό τους περιβάλλον, από το μητρικό φυτό ή από το δένδρο τότε σταματά η παροχή νερού και επομένως αρχίζουν οι απώλειες (μαρασμός), που οφείλονται στην εξάτμιση ή και στη διαπνοή. Έτσι τα νωπά οπωροκηπευτικά χάνουν γρήγορα τη σπαργή τους και τη φρεσκάδα τους. Μερικά είναι πολύ ευαίσθητα, άλλα λιγότερο, ενώ άλλα είναι ανθεκτικά.

Κατά τη συντήρηση των προϊόντων η ταχύτητα του ανέμου μέσα στα ψυγεία μπορεί να επηρεάσει την απώλεια νερού. Όσο μεγαλύτερη είναι ταχύτητα του αέρα εντός του ψυγείου ή στην ατμόσφαιρα, τόσο μεγαλύτερες είναι οι απώλειες σε νερό.

Η ικανότητα του αέρα να συγκρατεί υδρατμούς είναι αντιστρόφως ανάλογη με τη θερμοκρασία. Έτσι, καθώς η θερμοκρασία του ψυγείου μειώνεται μέρος των υδρατμών υγροποιείται και απομακρύνεται ως νερό. Η παραμονή της σχετικής υγρασίας σε υψηλά επίπεδα μέσα στα ψυγεία είναι δύσκολη και επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους και μέσα.

Προκειμένου τα νωπά προϊόντα να μην αφυδατώνονται πρέπει η σχετική υγρασία του ψυγείου να είναι πολύ υψηλή (>90%) ή τα προϊόντα να τυλίγονται με φύλλα πολυαιθυλενίου, μεμβράνη ή άλλα μέσα. Για παράδειγμα, μήλα ποικιλίας Golden Delicious και οι καρποί μερικών ποικιλιών αχλαδιάς, τα καρότα και άλλα προϊόντα τυλίγονται με ειδικό χαρτί ή τοποθετούνται σε σάκους πολυαιθυλενίου,



προκειμένου να μην αφυδατώνονται κατά τη συντήρησή τους. Τα αγγουράκια και άλλα λαχανικά καλύπτονται με λεπτές μεμβράνες.<sup>[33]</sup>

### 2.5.3 Τροποποιημένη ατμόσφαιρα

Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα αναπτύχθηκε από επιστήμονες χρησιμοποιώντας διαπερατές μεμβράνες από πολυμερή στη συντήρηση των φρούτων και λαχανικών. Η μεμβράνη που χρησιμοποιήθηκε επέτρεπε τη διαφυγή του διοξειδίου του άνθρακα περισσότερο από ότι του οξυγόνου. Η υπόθεση στην οποία στηρίχθηκε ήταν ότι, αν η αναπνοή είναι ταχύτερη από ότι η απώλεια του οξυγόνου διά της διάχυσης από τα ανοίγματα της μεμβράνης τότε η συγκέντρωση του οξυγόνου θα μειωνόταν γρήγορα εξαιτίας της αναπνοής και η χαμηλότερη συγκέντρωση του οξυγόνου θα περιόριζε την αναπνοή. Έτσι η διαφορετική διαπερατότητα της μεμβράνης οδηγεί σε μία σχετικά σταθερή ατμόσφαιρα στην οποία το διοξείδιο του άνθρακα είναι σε υψηλότερη συγκέντρωση και το οξυγόνο σε χαμηλότερη από ότι στην κανονική ατμόσφαιρα.

Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στην τροποποιημένη είναι πολυμερή (προπυλενίου, αιθυλενίου, χλωριούχου βινυλίου), έχουν ορισμένο πάχος και διαφορετικές ιδιότητες όσον αφορά τη διαπερατότητα στα αέρια ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $C_2H_4$ ), κεριά και κάποιες είναι και εδώδιμες.

Έτσι ένα παθητικό σύστημα τροποποιημένης έχει τη δική του ατμοσφαιρική σύνθεση και αυτή εξαρτάται: α) από την ποσότητα του προϊόντος, β) από τη διαπερατότητα της μεμβράνης στα αέρια και γ) από τη θερμοκρασία συντήρησης.

Το προϊόν που εσωκλείεται σε μία διαπερατή μεμβράνη συνεχίζει να αναπνέει οπότε και καταναλίσκει το υπάρχον οξυγόνο και παράγεται διοξείδιο του άνθρακα. Ταυτόχρονα αν το προϊόν παράγει αιθυλένιο, τότε και αυτό συσσωρεύεται. Επίσης, το περιβάλλον επειδή κορέννυται γρήγορα με υδρατμούς αναστέλλεται η απώλεια υγρασίας.

Σήμερα κυκλοφορούν πολλές μεμβράνες με διάφορες ιδιότητες όσον αφορά τη συντήρηση των προϊόντων. Μερικές έχουν εκλεκτική διαπερατότητα στο αιθυλένιο, οπότε περιορίζουν την γήρανση των προϊόντων, βρίσκουν δε όλο και μεγαλύτερη

εφαρμογή ιδιαίτερα στα φρεσκο-τεμαχισμένα ή ελάχιστα επεξεργασμένα προϊόντα (έτοιμες λαχανοσαλάτες και φρουτοσαλάτες).

Η κάλυψη του προϊόντος μπορεί να είναι ατομική ή και συλλογική (κιβώτιο συσκευασίας, κλούβα, κεσεδάκι). Προϊόντα ευαίσθητα στην αφυδάτωση συνήθως τοποθετούνται σε σάκους από πολυαιθυλένιο, όπως τα αχλάδια, τα μήλα Golden Delicious, τα αγγουράκια. Επίσης, χρησιμοποιείται δισκάκι σε συνδυασμό με μεμβράνη για καλύτερη εμφάνιση, προστασία από αφυδάτωση και μολύνσεις (τομάτα, σπαράγγι, μπρόκολο, μαρούλι, κichώριο, μήλα, δαμάσκηνα ιαπωνικά και πολλά άλλα).

Η τροποποιημένη εκτός από παθητική μπορεί να γίνει και ενεργητική. Σ' αυτή την περίπτωση κατά το κλείσιμο της μεμβράνης, που γίνεται μηχανικά με θερμοκόλληση ή άλλα μέσα, μπορεί ταυτόχρονα να προστίθεται και ορισμένο μίγμα αερίων (άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα), έτσι ώστε να αναστέλλεται η αναπνοή, αφενός, και, αφετέρου, η βλάστηση των σπορίων ή η ανάπτυξη των μυκηλίων μυκήτων που φέρουν τα προϊόντα. Η εφαρμογή της τροποποιημένης ατμόσφαιρας βελτιώνει τη διάρκεια συντήρησης των προϊόντων κατά 21% σε θερμοκρασία δωματίου (20-25 °C), ενώ κατά 33% σε άριστη θερμοκρασία συντήρησης.

Προσοχή χρειάζεται σε προϊόντα που είναι ευαίσθητα σε υψηλές συγκεντρώσεις του CO<sub>2</sub>. Σε τέτοια προϊόντα συχνά παρατηρούνται εγκαύματα από το υπερβολικό διοξείδιο του άνθρακα, που συγκεντρώνεται στο εσωτερικό του σάκου ή της μεμβράνης.

Τελευταία όλο και περισσότερα, φρούτα και λαχανικά, ολόκληρα ή τεμαχισμένα (φρεσκοτεμαχισμένα ή ελάχιστα επεξεργασμένα προϊόντα) συσκευάζονται σε κεσεδάκι διαφανές με καπάκι ή καλυμμένο από διαφανή μεμβράνη, προκειμένου τα προϊόντα να προστατεύονται από αφυδάτωση, μολύνσεις, σκόνη κλπ, αλλά και να είναι ορατά από τον καταναλωτή, για να μπορεί να διαλέξει το προϊόν που επιθυμεί να αγοράσει. Αυτά τα προϊόντα συντηρούνται σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία (4-6°C) αλλά για βραχέα χρονικά διαστήματα, προκειμένου να αποφευχθεί η αλλοίωσή τους. Επίσης, μεγάλες συσκευασίες, όπως παλέτες ολόκληρες με προϊόντα (φράουλα), εσωκλείονται σε φύλλο πολυαιθυλενίου και εισάγεται CO<sub>2</sub> για την αποφυγή προσβολής από βοτρυτή και στη συνέχεια μεταφέρονται με ψυγείο αυτοκίνητο. Κεράσια, μπανάνες και πολλά λαχανικά μεταφέρονται σε συσκευασίες με τροποποιημένη παθητική ή ενεργητική.

Συσκευασία υπό κενό: το προϊόν τοποθετείται σε πλαστική σακούλα και εισάγεται σε χώρο συσκευής στον οποίο δημιουργείται κενό (αφαιρείται ο υπάρχων αέρας). Στη συνέχεια η σακούλα σφραγίζεται με θερμοκόλληση. Με τον τρόπο αυτό το προϊόν συντηρείται σε ατμόσφαιρα με μειωμένο οξυγόνο. Με την ίδια τεχνολογία μπορεί μετά τη δημιουργία του κενού να εισαχθεί στη σακούλα κάποιο αέριο (π.χ. άζωτο ή CO<sub>2</sub>) για να τροποποιηθεί η σύνθεση της ατμόσφαιρας.

#### 2.5.4 Εδώδιμες μεμβράνες (Edible coatings)

Η εδώδιμη μεμβράνη είναι μία επικάλυψη που αποτελείται από λιπο- υδατο- κολλοειδή γαλακτώματα, τα οποία εφαρμόζονται στα φρούτα με εμβάπτιση, ψεκασμό ή βούρτσισμα μετά τη συγκομιδή και πριν την αποθήκευση και καταναλίσκεται μαζί με το τρόφιμο.

Η εδώδιμη μεμβράνη χρησιμοποιείται συνήθως για να βελτιώσει την ευκολία μεταχείρισης των προϊόντων, ή να εμποδίσει την αφυδάτωση (επικάλυψη με κερί στα φρούτα και λαχανικά). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προσκολλητικό σε σνακ (αλάτισμα ψημένων φιστικιών) ή ως γυαλιστικό σε ψημένα τρόφιμα (σε αντικατάσταση του ψημένου αυγού για την αποφυγή ανάπτυξης μικροβίων).

Η μεμβράνη παρατείνει τη ζωή στο ράφι, αφενός, και, αφετέρου, μειώνει την ανάγκη συσκευασίας. Η ζωή στο ράφι παρατείνεται, διότι η μεμβράνη ενεργεί ως εμπόδιο στην απώλεια ύδατος ή/και ελαίων. Οι εδώδιμες μεμβράνες παρεμποδίζουν αποτελεσματικά τη δίοδο του οξυγόνου και των ελαίων σε συνθήκες χαμηλής ή μέσης σχετικής υγρασίας, διότι τα πολυμερή μπορούν να δεσμεύσουν υδρογόνο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον υπάρχει για τους κλιμακηρικούς καρπούς (μήλο, αχλάδι, μπανάνα), διότι κατά τη μεταφορά τους σε μακρινές αποστάσεις υφίστανται αφυδάτωση και επί πλέον ο περιορισμός της αναπνοής και η καθυστέρηση της ωρίμανσης συμβάλλουν σημαντικά στη διατήρηση της ποιότητας και της εμπορευσιμότητας των προϊόντων αυτών.

Ορισμένες ποικιλίες αχλαδιών κατά τη συντήρησή τους χάνουν υγρασία και παρατηρείται συρρίκνωση της σάρκας πλησίον του ποδίσκου, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας και της εμπορευσιμότητας των φρούτων αυτών.<sup>[33]</sup>

#### 2.5.4.1 Ιδιότητες εδώδιμων μεμβρανών

Μία εδώδιμη μεμβράνη πρέπει να έχει καλές ιδιότητες.

- ήτοι αποδεκτό χρώμα, οσμή, γεύση, άρωμα και φυσική κατάσταση,
- να προσκολλάται στο τρόφιμο, αλλά (στις περισσότερες περιπτώσεις) να μην κολλά στα υλικά συσκευασίας,
- να επιτρέπει την επιλεκτική κίνηση των αερίων, δηλαδή να περιορίζει την έξοδο του CO<sub>2</sub>, την είσοδο του O<sub>2</sub>, την αναστολή απώλειας υγρασίας, ενώ να επιτρέπει την κανονική αναπνοή,
- το υδρόφοβο τμήμα της μεμβράνης να καθορίζει σε ποιο βαθμό θα περιορίζει την απώλεια υγρασίας, ενώ η μορφή της πρωτεΐνης να μην επηρεάζεται με την εναλλαγή της θερμοκρασίας,
- η μεμβράνη επίσης θα πρέπει να παρεμποδίζει την προσβολή των καρπών από μικρόβια,
- η μεμβράνη πρέπει να αντέχει κατά τη συντήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες, να μην αλλοιώνει το χρώμα ή τη γεύση των προϊόντων και να μην προσδίδει δυσάρεστες οσμές.

Οι εδώδιμες μεμβράνες μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες: α) Βασικό συστατικό τα βιοπολυμερή (πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες) και β) τα λίπη. Παραδείγματα βιοπολυμερών είναι η γλουτένη (gluten), οι πρωτεΐνες γάλακτος, η ζελατίνη, το άμυλο, οι πηκτίνες και αιθέρες της κυτταρίνης (cellulose-ethers). Αυτά τα βιοπολυμερή είναι συνήθως υδρόφιλα και ως εκ τούτου καλοί παρεμποδιστές ενάντια σε υδρόφοβες ουσίες, όπως λίπη, οξυγόνο και μερικές γεύσεις. Τα λίπη, όπως έλαια και κηροί, είναι υδρόφοβα και σχηματίζουν καλά εμπόδια ενάντια στο νερό και σε υδατοδιαλυτές ουσίες. Συνήθως ένα εμπόδιο ενάντια σε υδρόφιλες και υδρόφοβες ουσίες επιζητείται, π.χ. ενάντια στο νερό και στο οξυγόνο. Σε αυτή την περίπτωση λίπη και βιοπολυμερή μπορούν να συνδυαστούν. Οι μεμβράνες που κατασκευάζονται από συνδυασμό υδρόφιλων και υδρόφοβων ουσιών μπορούν να έχουν δύο μορφές, διπλή στοιβάδα ή γαλάκτωμα.

Η περισσότερη έρευνα στις εδώδιμες μεμβράνες έχει πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας κυτταρίνη, άμυλο, υδροξυπροπυλιωμένο άμυλο, ζεΐνη (καλαμπόκι), γλουτένη (σιτάρι), πρωτεΐνη σόγιας και πρωτεΐνες γάλακτος.

Μία κοινή εδώδιμη μεμβράνη μπορεί να σχηματιστεί από τη ζεΐνη (πρωτεΐνη καλαμποκιού που είναι άφθονη), στερεοποιώντας με εξάτμιση ένα υδοτοαλκοολικό

διάλυμα ζεϊνης. Πλαστικοποιητές είναι απαραίτητο να προστεθούν για να αυξηθεί η πλαστικότητα της μεμβράνης, διότι διαφορετικά είναι πολύ εύθραυστη. Ένα μειονέκτημα χρήσης πλαστικοποιητών είναι ότι κάνουν τη μεμβράνη περισσότερο διαπερατή στους υδρατμούς και στο οξυγόνο.

Κατά την παρασκευή των μεμβρανών μπορεί να προστεθούν και αντιοξειδωτικές ουσίες για την προστασία των ελαφρώς επεξεργασμένων οπωροκηπευτικών (σαλάτες, φρουτοσαλάτες), προκειμένου στα προϊόντα αυτά να αναστέλλεται η οξείδωση και να μην μαυρίζουν. Επίσης, μπορεί να προστεθούν διάφορα υλικά που προσδίδουν γυαλάδα, ή παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για επικάλυψη ζαχαρωτών και άλλων προϊόντων. Τέλος, για ορισμένα προϊόντα (εσπεριδοειδή) μπορεί να ενσωματωθούν διάφορα μυκητοκτόνα για την προστασία τους από τις σήψεις.

Η βάση κατασκευής των εδώδιμων μεμβρανών είναι λίπη, πολυσακχαρίτες (μαστίχα φυσική ή και συνθετική- οξικό πολυβινύλιο), πρωτεΐνες (από σόγια ή σόργο), νερό και προσκολλητικό (ομογενοποιητής – emulsifier).<sup>[33]</sup>

## 2.6 Ποιοτικές παράμετροι

Οι ειδικές ποιότητες που απαιτούνται στα φρούτα και τα λαχανικά εξαρτώνται από τη χρήση για την οποία προορίζονται και η επιλογή των κατάλληλων ποικιλιών είναι υψίστης σημασίας για συγκεκριμένα προϊόντα. Η ποιότητα ενός μεμονωμένου νωπού προϊόντος επηρεάζεται επίσης από το προσυλλεκτικό του ιστορικό. Για παράδειγμα, η θέση του φρούτου στο δέντρο θα καθορίσει τη σύσταση των θρεπτικών του και την έκθεσή του σε άλλους παράγοντες όπως ηλιακή ακτινοβολία, παράσιτα και ασθένειες. Αυτοί οι παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν τη μετασυλλεκτική διάρκεια ζωής του προϊόντος.

Τα φρέσκα φρούτα και λαχανικά δεν θεωρούνται προϊόντα υψηλού κινδύνου, όσον αφορά την ασφάλεια των τροφίμων που συνήθως γίνονται ανεπιθύμητα για τον καταναλωτή, αρκετά πριν αναπτυχθούν επικίνδυνοι μικροοργανισμοί ή τοξίνες. Υπάρχουν, ωστόσο, ενδείξεις ότι η συσκευασία νωπών λαχανικών σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα μπορεί να παρατείνει τη διάρκεια ζωής, ενώ επιτρέπει την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών, όπως *Listeria spp.* και *Escherichia Coli*. Για τα περισσότερα νωπά προϊόντα, ως διάρκεια ζωής ορίζεται καλύτερα η

περίοδος κατά την οποία το προϊόν διατηρεί αποδεκτή για τον καταναλωτή ποιότητα. Είναι αναγκαίο, επομένως, να προσδιοριστεί τι σημαίνει αποδεκτής ποιότητας, πριν αποφασιστεί σε ποιο σημείο το προϊόν δε πληροί πλέον τις προδιαγραφές αυτές.

Για την αγορά νωπών προϊόντων, ειδικές ελάχιστες ποιοτικές προδιαγραφές υπάρχουν σε πολλές χώρες. Η ευρωπαϊκή επιτροπή ήταν ένας από τους πρώτους οργανισμούς που ασχολήθηκε με την ανάπτυξη διεθνών προτύπων για τα νωπά φρούτα και λαχανικά. Πολλά από αυτά τα πρότυπα έχουν υιοθετηθεί από τον οργανισμό οικονομικής συνεργασίας και ανάπτυξης (ΟΟΣΑ). Συνήθως, τα πρότυπα που απαιτούνται από πολλά καταστήματα λιανικής πώλησης είναι πολύ πιο αυστηρά από αυτές τις ελάχιστες προδιαγραφές και καθορίζονται για τον παραγωγό από τον πωλητή.<sup>[52]</sup>

### 2.6.1 Εμφάνιση – οπτικοί ποιοτικοί παράγοντες

Η εμφάνιση είναι ο βασικός παράγοντας για τους καταναλωτές κατά την πραγματοποίηση της αγοράς νωπών προϊόντων. Δεδομένου ότι ο τομέας πολλαπλού λιανικού εμπορίου έχει κυριαρχήσει στο λιανικό εμπόριο σε πολλές χώρες, οι καταναλωτές έχουν φτάσει σε σημείο να αναμένουν τα νωπά προϊόντα σχεδόν τέλεια σε εμφάνιση. Τα ράφια των φρούτων και των λαχανικών χαρακτηρίζονται από ομοιομορφία ως προς το μέγεθος, το σχήμα και το χρώμα. Ζωτικά στοιχεία της ποιότητας της εικόνας είναι το χρώμα και η ομοιομορφία του, το μέγεθος, το σχήμα, η στιλπνότητα και η έλλειψη αλλοιώσεων από χτυπήματα, αποσύνθεση ή ασθένειες.

Οι αλλοιώσεις ενδέχεται να έχουν προκληθεί πριν τη συλλογή από έντομα, ασθένειες, πουλιά, χαλάζι, χημικούς παράγοντες, και ποικίλες ατέλειες (όπως σχασίματα, πληγές, μελανιές ή κηλίδες στο φλοιό). Οι μετασυλλεκτικές αλλοιώσεις ενδέχεται να είναι μορφολογικής, φυσικής, φυσιολογικής ή παθολογικής φύσεως. Οι μορφολογικές αλλοιώσεις περιλαμβάνουν τη βλάστηση που εμφανίζεται σε πατάτες, κρεμμύδια και σκόρδα, η εμφάνιση ριζών σε κρεμμύδια, επιμήκυνση και κύρτωση των σπαραγγιών, βλάστηση των σπόρων μέσα σε φρούτα όπως λεμόνια, ντομάτες και πιπεριές, η παρουσία σπόρων στο μίσχο του λάχανου και των μαρουλιών, τα διπλά κεράσια, και το άνοιγμα του ανθού στα μπρόκολα. Φυσικές ατέλειες μπορεί να είναι η συρρίκνωση και ο μαρασμός όλων των πρώτων υλών, η

εσωτερική ξήρανση ορισμένων φρούτων, αλλοιώσεις λόγω μηχανικών καταπονήσεων όπως τρυπήματα, κοψίματα και βαθιές χαρακιές, σπασίματα και συνθλίψεις, αμυχές στο φλοιό και γδαρσίματα, παραμόρφωση (συμπίεση), μώλωπες, και ανάπτυξη ρωγμών (ακτινικών ή αξονικών). Παραδείγματα φυσιολογικών ελαττωμάτων τα οποία σχετίζονται με τη θερμοκρασία (κατάψυξη, ψύξη, εγκαύματα από τον ήλιο), τάπες στις ντομάτες, καμμένες άκρες στα μαρούλια, εσωτερικές ρωγμές στα πυρηνόκαρπα, αλλοιώσεις στον πυρήνα των μήλων, και μαύρισμα της καρδιάς στις πατάτες.

Παραδείγματα αλλοιώσεων που δεν επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής των νωπών προϊόντων μετά τη συγκομιδή περιλαμβάνουν ζημιές λόγω παγετού, σχισμές και πληγές που έχουν θεραπευτεί, τσιμπήματα εντόμων που έχουν επουλωθεί επαρκώς, ανωμαλίες στο σχήμα, και ανομοιομορφίες του βέλτιστου χρώματος και της έντασής του. Οι περισσότερες από τις άλλες αλλοιώσεις (που αναφέρθηκαν προηγουμένως) μειώνουν την αναμενόμενη διάρκεια ζωής των νωπών φρούτων και λαχανικών.

Το μαύρισμα του ιστού, που μπορεί να αποτελέσει μία σημαντική αλλοίωση των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων και λαχανικών, εξαρτάται από τη συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων, τη δραστηριότητα της πολυφαινολικής οξειδάσης (PPO), και τη συγκέντρωση αντιοξειδωτικών στον ιστό. Η διάρρηξη των κυτταρικών μεμβρανών, από ένα χτύπημα, που διαχωρίζει τις φαινολικές ενώσεις και την PPO (στο κυτταρόπλασμα) έχει ως αποτέλεσμα το μαύρισμα του ιστού το οποίο αυξάνεται με τη θερμοκρασία και την πίεση του νερού.

Η σημασία της εμφάνισης για τη μεταποιητική βιομηχανία εξαρτάται από το σημείο εκείνο του προϊόντος στο οποίο χρησιμοποιείται το νωπό προϊόν και κατά πόσο μπορεί να βελτιωθεί η εμφάνισή του, με χρήση για παράδειγμα χρωστικών. Στα περισσότερα προϊόντα ο φλοιός αφαιρείται, επομένως το αν η επιφάνεια έχει κηλίδες έχει μικρή σημασία. Το χρώμα τη σάρκας εσωτερικά είναι πιο σημαντικό από αυτό του φλοιού. Το μέγεθος και το σχήμα μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικά σε περιπτώσεις όπου η παραγωγή είναι αυτοματοποιημένη· ωστόσο για ορισμένα προϊόντα τα χαρακτηριστικά αυτά είναι λιγότερο σημαντικά, όπως για παράδειγμα για την παραγωγή χυμού.<sup>[32]</sup>

## 2.6.2 Υφή

Στη υφή περιλαμβάνεται η σκληρότητα, η τραγανότητα, το πόσο χυμώδες είναι το φρούτο, και η ανθεκτικότητα ανάλογα πάντα με το προϊόν. Η ποιότητα της υφής των φρούτων και των λαχανικών δεν είναι μόνο σημαντική για την ποιότητα του φαγητού και του μαγειρέματος, αλλά επίσης και για την ικανότητά τους να μεταφερθούν. Τα μαλακά φρούτα δε μπορούν να ταξιδέψουν σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς εκτεταμένες απώλειες λόγω φυσικών καταπονήσεων. Το γεγονός αυτό έκρινε απαραίτητη τη συλλογή φρούτων πριν ωριμάσουν πλήρως και από το ιδανικό σημείο όσον αφορά τη γεύση και το άρωμά τους σε πολλές περιπτώσεις, όπως τα πεπόνια τα οποία πωλούνται κατά τους χειμερινούς μήνες στην αγορά των ΗΠΑ. Το «χαλάρωμα» των ιστών και η συσχετιζόμενη απώλεια της ακεραιότητας και των χυμών πολλών φρεσκοτεμαχισμένων προϊόντων μπορεί να είναι η βασική αιτία για την κακή ποιότητα και τη μη αποδοχή αυτών από τους καταναλωτές. Η αυξανόμενη συγκέντρωση ασβεστίου στους ιστούς μπορεί να επιβραδύνει το «μαλάκωμα». Επίσης, η αρχική σκληρότητα, θερμοκρασία, και επιρροή από δονήσεις επηρεάζουν το ρυθμό με τον οποίο τα ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα χάνουν τη σταθερότητα και τους χυμούς τους.

Η υφή περιλαμβάνει μία σύνθετη ομάδα ιδιοτήτων που δεν μπορούν εύκολα να καθοριστούν ή να μετρηθούν. Οι τραγανοί ιστοί είναι γενικά επιθυμητοί στα λαχανικά, ωστόσο η ανάπτυξη σκληρών ινών κατά την αποθήκευση των βλαστών όπως τα σπαράγγια δεν είναι καθόλου αποδεκτή. Ορισμένες πτυχές της υφής μπορούν να κριθούν οπτικά όπως όταν το προϊόν έχει αρχίσει να μαραίνεται. Παρόλο που σε κάποιο βαθμό το μαλάκωμα απαιτείται για την καλύτερη δυνατή ποιότητα στα φρούτα, το υπερβολικό μαλάκωμα είναι ανεπιθύμητο και είναι ένδειξη γήρανσης ή εσωτερικής αποσύνθεσης. Η διατήρηση της ποιότητας της υφής είναι συχνά ζωτικής σημασίας σε ορισμένα είδη, όπως για παράδειγμα, στην παραγωγή κονσερβοποιημένων ή κατεψυγμένων προϊόντων.<sup>[32]</sup>

## 2.6.3 Γεύση (Flavor) και άρωμα (aroma)

Η γεύση αναφέρεται στη γλυκύτητα, τη στρυφνότητα (οξύτητα), τη στυπτικότητα, την πικράδα, και τη μετάγευση. Η ποιότητα της γεύσης περιλαμβάνει την αντίληψη των γεύσεων και των αρωμάτων πολλών ενώσεων. Ο αντικειμενικός, αναλυτικός προσδιορισμός των κρίσιμων στοιχείων πρέπει να συνδυάζεται με



υποκειμενικές αξιολογήσεις από ομάδα δοκιμαστών, ώστε να αποδώσει χρήσιμες και ουσιαστικές πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα της γεύσης και του αρώματος των νωπών φρούτων και λαχανικών. Η προσέγγιση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό μίας βάσης για την αποδοχή του προϊόντος. Για να αποκαλυφθούν οι προτιμήσεις των καταναλωτών σχετικά με τη γεύση ενός συγκεκριμένου προϊόντος, απαιτείται μία μεγάλης κλίμακας δοκιμή από ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα καταναλωτών. Η ποιότητα του αρώματος των περισσότερων φρούτων επηρεάζεται από το περιεχόμενό τους σε σάκχαρα (γλυκύτητα), οργανικά οξέα (οξύτητα), φαινολικές ενώσεις (στυπτικότητα), και ενεργές πτητικές αρωματικές ενώσεις (άρωμα). Περισσότερες πληροφορίες είναι απαραίτητες για τον προσδιορισμό των βέλτιστων συγκεντρώσεων αυτών συστατικών, ώστε να εξασφαλιστεί μία ικανοποιητική συνολικά γεύση (με βάση την οργανοληπτική αξιολόγηση) του εκάστοτε φρούτου (ώστε να ικανοποιεί την πλειοψηφία των καταναλωτών). Επίσης, μελλοντικές έρευνες και προσπάθειες για εξέλιξη θα πρέπει να περιλαμβάνουν μη-καταστροφικές μεθόδους διαλογής των φρούτων με βάση την περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, οξέα, φαινόλες, και αρωματικές πτητικές ενώσεις. Σε πολλές περιπτώσεις, οι καταναλωτές είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν υψηλότερες τιμές για φρούτα με καλή γεύση, και υπάρχει μία συνεχώς αυξανόμενη τάση για καταστήματα που εξυπηρετούν το συγκεκριμένο κοινό.

Το άρωμα μπορεί να καθοριστεί σε κάποιο βαθμό πριν από την αγορά του προϊόντος από τον καταναλωτή, αντίθετα με τη γεύση όπου απαιτείται η αγορά, ώστε να προσδιοριστεί, αλλά τείνει να είναι σημαντική ως θετικό στοιχείο παρά μόνο σε ιδιαίτερα αρωματικά προϊόντα, όπως ορισμένες ποικιλίες πεπονιών ή μάνγκο. Με την έμφαση να δίνεται στα οπτικά ποιοτικά χαρακτηριστικά τα οποία και κυριαρχούν στη λιανική πώληση, υποστηρίχθηκε η γεύση και το άρωμα έχουν χαθεί από πολλά νωπά προϊόντα καθώς η καλλιέργεια έχει επικεντρωθεί σε ποικιλίες που θα επιβιώσουν στις σκληρές συνθήκες διαχείρισης μετά τη συγκομιδή χωρίς εμφανισιακές αλλοιώσεις και απώλεια της υφής τους. Η ψύξη τείνει επίσης να περιορίζει την ανάπτυξη πτητικών αρωματικών ενώσεων κατά την ωρίμανση των φρούτων. Το προφίλ του αρώματος μπορεί να αλλάξει δραματικά κατά τη διάρκεια της ζωής των νωπών προϊόντων μετά τη συγκομιδή, ιδίως σε κλιμακτηριακά φρούτα στα οποία τα κυρίαρχα αρωματικά μπορεί να είναι αρκετά διαφορετικά στα άγουρα φρούτα, στα ώριμα και στα υπερώριμα. Ακόμη, δυσάρεστες οσμές μπορεί να αναπτυχθούν από μία σειρά από αιτίες. Ένα αφύσικο ή δυσάρεστο άρωμα μπορεί να κάνει ένα προϊόν μη εμπορεύσιμο, ακόμη και αν όλα τα υπόλοιπα ποιοτικά

χαρακτηριστικά είναι πλήρως αποδεκτά. Συνεπώς, το άρωμα είναι ένας σημαντικός παράγοντας κατά την αποθήκευση για τη διάρκεια ζωής των νωπών προϊόντων.<sup>[32]</sup>

#### 2.6.4 Διατροφική αξία

Τα φρέσκα φρούτα και λαχανικά παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή, ιδίως ως πηγή βιταμινών (βιταμίνη C, βιταμίνη A, βιταμίνη B6, θειαμίνη, νιασίνη), μεταλλικών στοιχείων και φυτικών ινών. Άλλα συστατικά αυτών που ενδέχεται να μειώνουν τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου, καρδιακών παθήσεων, και άλλων ασθενειών είναι τα φλαβονοειδή, καροτενοειδή, πολυφαινόλες και άλλα φυτοθρεπτικά συστατικά. Οι μετασυλλεκτικές απώλειες σε θρεπτικά συστατικά, κυρίως της βιταμίνης C, ενδέχεται να είναι σημαντικές, ενώ επιδεινώνονται από τις φυσικές και μηχανικές καταπονήσεις, τον παρατεταμένο χρόνο αποθήκευσης, τις υψηλές θερμοκρασίες, τη χαμηλή σχετική υγρασία, και τις ζημιές λόγω ψύξης των ευαίσθητων στο ψύχος προϊόντων. Η διατροφική αξία ποικίλει σημαντικά μεταξύ των διαφόρων προϊόντων καθώς και των διαφόρων ποικιλιών αυτών. Κάνοντας χρήση των τεχνικών αναπαραγωγής αυτών και βιοτεχνολογικών προσεγγίσεων, δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης γενοτύπων με αυξημένη διατροφική αξία και η βελτίωση της ποιότητας της γεύσης των φρούτων και των λαχανικών ενθαρρύνει τους καταναλωτές να τρώνε περισσότερα. Το γεγονός αυτό μπορεί να έχει θετικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και θα πρέπει να δοθεί υψηλή προτεραιότητα σε ερευνητικά προγράμματα σε όλο τον κόσμο.<sup>[34-36]</sup>

### 2.7 Προγράμματα διασφάλισης της ποιότητας

Ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα διασφάλισης της ποιότητας είναι απαραίτητο καθ' όλη τη διάρκεια της διεργασίας μεταξύ συγκομιδής και λιανικής πώλησης, προκειμένου να παρέχεται μία συνεχής, καλής ποιότητας ποσότητα νωπών τεμαχισμένων φρούτων και λαχανικών στους καταναλωτές και να πρωτεύει με αυτό τον τρόπο η φήμη μίας δεδομένης ετικέτας εμπορίας. Η διασφάλιση της ποιότητας ξεκινά στον τόπο καλλιέργειας με την επιλογή του κατάλληλου χρόνου συγκομιδής, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη ποιότητα. Η προσεκτική συγκομιδή είναι απαραίτητη για την ελαχιστοποίηση των τραυματισμών και τη διατήρηση της ποιότητας. Κάθε επόμενο βήμα μετά τη συγκομιδή έχει τη δυνατότητα να μειώσει είτε να διατηρήσει

την ποιότητα· ελάχιστες μετασυλλεκτικές διεργασίες μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα των επιμέρους μονάδων του είδους. Έκθεση του προϊόντος σε θερμοκρασία, σχετική υγρασία, συγκέντρωση οξυγόνου, διοξειδίου του άνθρακα και αιθυλενίου εκτός του βέλτιστου εύρους επιταχύνει την υποβάθμιση όλων των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Η απώλεια της γεύσης και της διατροφικής αξίας των νωπών ολόκληρων ή τεμαχισμένων φρούτων και λαχανικών συμβαίνει με ταχύτερο ρυθμό απ' ότι πραγματοποιείται η απώλεια της ποιότητας της υφής και της εμφάνισης. Για το λόγο αυτό, τα προγράμματα διασφάλισης της ποιότητας πρέπει να βασίζονται σε όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και όχι μόνο σε εμφανισιακούς παράγοντες όπως συχνά συμβαίνει. Ακολουθεί ένας κατάλογος με βήματα από τη συγκομιδή ως την επεξεργασία και την πώληση και συναφών λειτουργιών διασφάλισης της ποιότητας:

- i. Κατάρτιση των εργαζομένων σε θέματα επιλογής της κατάλληλης ωριμότητας και ποιότητας, προσεκτικής μεταχείρισης, και προστασίας των προϊόντων από την έκθεση στον ήλιο κατά τη διάρκεια της συγκομιδής
- ii. Έλεγχος της ωριμότητας του προϊόντος, της ποιότητας και της θερμοκρασίας κατά την άφιξη στη μονάδα μεταποίησης
- iii. Εφαρμογή ενός αποτελεσματικού προγράμματος εξυγίανσης για τη μείωση του μικροβιακού φορτιού
- iv. Έλεγχος των υλικών συσκευασίας και των δοχείων μεταφοράς ως προς το αν ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές
- v. Κατάρτιση των εργαζομένων σχετικά με την ορθή επεξεργασία και συσκευασία
- vi. Επιθεώρηση ενός τυχαίου δείγματος συσκευασμένου προϊόντος ώστε να εξασφαλιστεί ότι πληροί τις προδιαγραφές
- vii. Έλεγχος της θερμοκρασίας του προϊόντος ώστε να εξασφαλιστεί η ολοκλήρωση της διαδικασίας ψύξης πριν την αποστολή
- viii. Επιθεώρηση όλων των οχημάτων μεταφοράς πριν τη φόρτωση ως προς τη λειτουργικότητα και την καθαριότητα
- ix. Κατάρτιση των εργαζομένων σχετικά με την ορθή φόρτωση και την τοποθέτηση των θερμοστοιχείων για την καταγραφή της θερμοκρασίας σε κάθε φορτίο
- x. Τήρηση αρχείων όλων των μεταφορών στα πλαίσια του συστήματος «ανίχνευσης»

- xi. Έλεγχος της ποιότητας των προϊόντων κατά την παραλαβή και άμεση μεταφορά στους κατάλληλους αποθηκευτικούς χώρους
- xii. Μεταφορά των προϊόντων από τα κέντρα διανομής στις λιανικές αγορές χωρίς καθυστέρηση και σε μία first-in/first-out βάση εκτός και αν απαιτείται διαφορετική σειρά.<sup>[32]</sup>

## 2.8 Εδώδιμες μεμβράνες και επικαλυπτικά

### 2.8.1 Υλικά – Ιδιότητες – Αποτελεσματικότητα.

#### 2.8.1.1 Η Τεχνολογία των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων

Παρόλο που η χρήση των εδώδιμων μεμβρανών είναι μία σχετικά νέα μέθοδος συντήρησης τροφίμων, μία προσεκτικότερη ματιά στην ιστορία έρχεται να ανατρέψει τον παραπάνω ισχυρισμό. Ο Hardenberg το 1967 και οι Labuza, Contreras-Medellin το 1981 ανέφεραν τη χρήση κεριού και λίπους στην Κίνα του 12ου και Αγγλία του 16ου αιώνα, αντίστοιχα, σχετικά με τον περιορισμό απώλειας νερού από φρούτα και κέικ.

Στη σύγχρονη εποχή, οι εδώδιμες μεμβράνες, και ως προέκταση, οι επικαλύψεις (coatings) βρίσκουν εφαρμογή σε ευρύ φάσμα τροφίμων. Τα τελευταία χρόνια διεξάγονται επιστημονικές έρευνες με επίκεντρο την ανάπτυξη και χρήση εδώδιμων μεμβρανών που θα προστατεύουν ή θα βελτιώνουν την ποιότητα διαφόρων τροφίμων. Από την άλλη πλευρά και εμείς οι ίδιοι ως καταναλωτές γινόμαστε αποδέκτες της επιστήμης και τεχνολογίας εδώδιμων μεμβρανών στην καθημερινή μας ζωή, όταν αγοράζουμε φρούτα που επικαλύπτονται με μεμβράνες παραφίνης ή κεριού για τη διατήρηση της φρεσκάδας τους, όταν προτιμούμε προϊόντα με μικροεγκλεισμένες βιταμίνες, πτητικά συστατικά, χρωστικές, κ.α. για διατροφικούς - οργανοληπτικούς λόγους ή όταν καταναλώνουμε παγωτό που έχει εσωτερικά του κώνου στρώμα σοκολάτας για την αποφυγή της διαπότισής του με νερό.

Μία εδώδιμη μεμβράνη ορίζεται ως ένα λεπτό συνεχές στρώμα εδώδιμου υλικού διαμορφωμένου επάνω σε ένα τρόφιμο ως επικάλυψη ή τοποθετημένου

μεταξύ των συστατικών του τροφίμου, προσφέροντας κάποιο φραγμό στη μετανάστευση υγρασίας, οξυγόνου, διοξειδίου του άνθρακα, αρωματικών ενώσεων, λιπιδίων κ.α., ή/και να λειτουργήσει ως φορέας πρόσθετων χημικών ενώσεων (βιοενεργά συστατικά, αντιμικροβιακές ουσίες, κ.α.), ή/και να διευκολύνει το χειρισμό του τροφίμου στη συντήρηση και διακίνησή του.<sup>[37]</sup>

Για το σχηματισμό των εδώδιμων μεμβρανών χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη και διαλύτες είτε μόνα τους είτε σε συνδυασμό (π.χ. πολυστρωματικές μεμβράνες). Δυστυχώς, αν και η ιδέα είναι πολύ ελκυστική και μέχρι το 1973 σύμφωνα με τον Daniels (1973) υπήρχαν ήδη 120 πατέντες, η επίδοση και τα χαρακτηριστικά αρκετών μεμβρανών είναι επιστημονικά επισφαλής. Η διαφορά των εδώδιμων μεμβρανών με τις επικαλύψεις (coatings) είναι ότι τα πρώτα αποτελούν ανεξάρτητες μηχανικές σταθερές, δομές που προσθέτονται σε μετέπειτα φάση στο προϊόν, ενώ τα δεύτερα εφαρμόζονται και σχηματοποιούνται πάνω στο τρόφιμο. Η συσκευασία σε μορφή μεμβράνης ή επικάλυψης χαρακτηρίζεται ως εδώδιμη, αν σχηματίζει με το τρόφιμο ένα ενιαίο σώμα που καταναλώνεται ως έχει. Έτσι με αυτόν το διττό ρόλο οι εδώδιμες μεμβράνες και οι επικαλύψεις αδιαμφισβήτητα προσφέρουν μία πλειάδα πλεονεκτημάτων, αλλά θα πρέπει να ικανοποιούν και μία σειρά συνθηκών (ιδιοτήτων). Συγκεκριμένα, θα πρέπει να αποτελούνται από εύγεστα και ευδιάλυτα στο στόμα ή στο νερό ή στο έλαιο συστατικά. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν το τρόφιμο ή για να διαχωρίσουν ένα συστατικό του τροφίμου από κάποιο άλλο. Οι προστατευτικές και οι μηχανικές ιδιότητες μπορούν να ενισχυθούν με τη χρήση προσθέτων όπως οι πλαστικοποιητές, τα αντιοξειδωτικά, τα αντιμικροβιακά κ.α.

Η χρήση των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων κατά κανόνα απορρίπτει τη χρήση δευτερογενών συσκευασιών. Έτσι, στην περίπτωση αυτή καθίσταται δυνατή η χρήση οικονομικότερων και χαμηλότερης ποιότητας υλικών δευτερογενούς συσκευασίας. Η παραπάνω διαπίστωση τα τελευταία χρόνια διαμορφώνει συνειδήσεις και ορίζει νέες τάσεις του τύπου «πράσινη σκέψη» βασιζόμενη στην παγκόσμια ανάγκη για οικονομία και προστασία του περιβάλλοντος. Το χαμηλό κόστος και η βιοαποικοδόμηση των εδώδιμων συσκευασιών προβάλλει ως η οικολογική απάντηση στην πετρελαιοεξαρτώμενη βιομηχανία της πλαστικής συσκευασίας. Στην πραγματικότητα όμως, οι εδώδιμες μεμβράνες και οι επικαλύψεις έρχονται να διαδραματίσουν συμπληρωματικούς και ενίοτε πρωταγωνιστικούς ρόλους στη διαχείριση της ποιότητας και της σταθερότητας των τροφίμων.

### *2.8.1.2 Ιδιότητες και χρήσεις των εδώδιμων μεμβρανών.*

Αρκετές από τις ιδιότητες των εδώδιμων μεμβρανών είναι παρόμοιες με εκείνες των μη εδώδιμων μεμβρανών της συμβατικής συσκευασίας (φραγμό στη μετανάστευση νερού, αερίων και/ή διαλυτών ουσιών). Παρόλα αυτά η συνολική απόδοσή τους είναι κατώτερη και αυτό καθιστά απαραίτητο την επικέντρωση των λειτουργικών χαρακτηριστικών των εδώδιμων μεμβρανών προς μία συγκεκριμένη χρήση, γεγονός που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του τροφίμου και του τρόπου ποιοτικής υποβάθμισης του σε σχέση με εκείνα της εδώδιμης συσκευασίας .

Έτσι, για παράδειγμα, μία μεμβράνη με χαμηλή διαπερατότητα οξυγόνου μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τρόφιμα που απειλούνται από οξείδωση, ενώ αντιθέτως μεμβράνες με ορισμένο βαθμό διαπερατότητας στο οξυγόνο και πιο ειδικά στο διοξείδιο του άνθρακα κρίνονται κατάλληλες για επικάλυψη φρέσκων φρούτων και λαχανικών. Αυτή η παρακολούθηση της αναπνοής των φρούτων και των λαχανικών θα πρέπει να είναι εφικτή στο χαμηλότερο δυνατό κόστος κατά τη διάρκεια του συστήματος διανομής, αν οι εδώδιμες μεμβράνες στοχεύουν στη μερική ή ολική αντικατάσταση της συσκευασίας υπό ελεγχόμενη ατμόσφαιρα.

Οι μεμβράνες με καλές ιδιότητες φραγμού της υγρασίας είναι απαραίτητες σε πολλές εφαρμογές. Η διαχείριση του νερού και της ενεργότητας νερού ενός τροφίμου καθορίζει τη μικροβιολογική-φυσικοχημική σταθερότητα και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του. Η μείωση του ρυθμού μετανάστευσης της υγρασίας ενός τροφίμου στην ατμόσφαιρα επιτυγχάνεται με χρήση μεμβρανών που επιδεικνύουν υδροφοβική συμπεριφορά (π.χ. κερωμένη επικάλυψη). Η ίδια λογική βρίσκει πρόσφορο έδαφος και σε ετερογενή τρόφιμα όπως πίτσα, μπισκότα με κομμάτια φρούτων ή ανάμεσα στα συστατικά ενός μίγματος όπως τα δημητριακά πρωινού που η ενεργότητα νερού ποικίλει και είναι πολύ σημαντικό να διατηρηθεί ο τραγανός ή μαλακός χαρακτήρας. Η μόνη ρεαλιστική λύση που αποτρέπει τη μετανάστευση της υγρασίας ανάμεσα στα συστατικά ενός τροφίμου είναι οι εδώδιμες μεμβράνες (π.χ. με συσσωμάτωση λιπαρών ουσιών) που μπορούν να εφαρμοστούν είτε στη διεπιφάνεια είτε στην περιφέρεια του συστατικού.

Ακόμη, διάφορες ανεπιθύμητες καταστάσεις όπως της επιφανειακής ξήρανσης των φρέσκων ή καταψυγμένων τροφίμων ή της διείσδυσης ελαίου εντός των

τηγανητών τροφίμων, αποτρέπονται με τη χρήση των εδώδιμων επικαλύψεων. Επιπλέον, στην τεχνολογία τροφίμων, οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις χρησιμοποιούνται για λόγους μηχανικής υποστήριξης, αποφυγής συσσωματωμάτων, αύξησης βάρους (στα προϊόντα εξώθησης), ως συσκευαστικά μέσα για τη διάλυση συστατικών ή άλλων προσθέτων (π.χ. εδώδιμη συσκευασία γαλακτωματοποιητών για παρασκευή κέικ) κτλ.<sup>[38]</sup>

### *2.8.1.3 Παρασκευή εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων.*

Η παρασκευή εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων απαιτεί τη χρήση τουλάχιστον ενός συστατικού ικανού να σχηματίσει ένα δομικό πλέγμα επαρκούς συνέχειας και συνοχής. Αυτό επιτυγχάνεται με πολυμερή ή με συστατικά που κάτω από ανάλογες συνθήκες σχηματίζουν συνεχείς κρυσταλλικές ή άμορφες δομές (υδρόφιλα πολυμερή, λιπίδια, σάκχαρα). Στην περίπτωση των επικαλύψεων, των οποίων η εφαρμογή γίνεται απευθείας πάνω στο προϊόν δύο δυνάμεις παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο, οι δυνάμεις συνοχής και συνάφειας. Οι δυνάμεις συνοχής είναι αυτές που προσδίδουν στη μεμβράνη τις μηχανικές ιδιότητες και την ικανότητα του φραγμού. Σύμφωνα τον Banker, η υψηλή δομική συνοχή είναι υπεύθυνη για τη μείωση της ελαστικότητας, του πορώδους και της διαπερατότητας των αερίων και άλλων διαλυτών στη μεμβράνη ουσιών.

Ο βαθμός συνοχής εξαρτάται από τη χημική δομή των συστατικών της μεμβράνης, την παρουσία πλαστικοποιητών ή παραγόντων σταυροειδούς σύνδεσης (cross-linking agents), τη φύση του διαλύτη και του διαλύματος, τη μέθοδο εφαρμογής, τη διαδικασία απομάκρυνσης του διαλύτη και το τελικό πάχος της μεμβράνης. Υψηλότερη συνοχή επιτυγχάνεται από πολυμερή με μεγάλη αλυσίδα κανονικής διάταξης και πολικό χαρακτήρα τα οποία μπορούν να διαταχθούν τόσο σε άμορφη όσο και σε κρυσταλλική διάταξη. Ο βαθμός συνοχής κατά κανόνα αυξάνεται με το πάχος της μεμβράνης μέχρι ενός ορίου, πέραν του οποίου παραμένει αμετάβλητος. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει η ταχύτητα εξάτμισης του διαλύτη ή/και η υψηλή θερμοκρασία που ευθύνονται για τυχόν ασυνέχειες στην τελική δομή του πλέγματος.

Η παρασκευή των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων απαιτεί την επιλογή ενός από τους παρακάτω μηχανισμούς:

- Απλή συσσωμάτωση, όπου το υδροκολλοειδές στην υδατική φάση καθιζάνει ή αλλάζει φάση με εξάτμιση του διαλύτη. Προσθήκη άλλου διαλύτη στον οποίο το υδροκολλοειδές είναι αδιάλυτο (π.χ. αιθανόλη), προσθήκη ηλεκτρολύτη που προκαλεί εξαλάτωση ή δημιουργία γεφυρών ή ρύθμιση του pH.
- Σύνθετη συσσωμάτωση, όπου δύο υδροκολλοειδή διαλύματα αντίθετου φορτίου συνδυάζονται, προκαλώντας αντίδραση και καθίζηση του συμπλέγματος πολυμερών.
- Σχηματισμός πηκτής ή θερμικής πήξης, όπου με θέρμανση το μακρομόριο μετουσιώνεται και δημιουργείται η πηκτή.

Επιπλέον, η αδιαλυτότητα (αν είναι επιθυμητή), οι ιδιότητες φραγμού και η κατακράτηση διαλυτών ουσιών μπορεί να αυξηθούν με χρήση παραγόντων σταυροειδούς σύνδεσης (cross-linking agents), δι- ή τρισθενή ιόντων, ή με συνθήκες μετουσίωσης των μακρομορίων (π.χ. θέρμανση, ακτινοβολία κτλ).<sup>[37]</sup>

#### *2.8.1.4 Τεχνικές εφαρμογής και διαμόρφωσης μεμβρανών και επικαλύψεων.*

Οι τεχνικές εφαρμογής μεμβρανών και επικαλύψεων σε τρόφιμα χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Η μία κατηγορία σχετίζεται με τεχνικές άμεσης εφαρμογής όπου η μεμβράνη είναι ακόμη στην υγρή της φάση και με βούρτσισμα ή ψεκάσμο ή εμβάπτιση και εν συνεχεία αποστράγγιση ή φυγοκέντρηση εφαρμόζεται στα τρόφιμα όπου λαμβάνει χώρα και η τελική της διαμόρφωση. Η άλλη κατηγορία, του ανεξάρτητου σχηματισμού των μεμβρανών δεν απαιτεί το τρόφιμο ως μέσο στήριξης (σε αντίθεση με την προηγούμενη κατηγορία) και ακολουθεί τα μονοπάτια των συμβατικών παραγωγικών μεθόδων.

Μερικές από τις πιο δημοφιλείς τεχνικές εφαρμογής είναι:

- Η εμβάπτιση, όπου ανήκει στις μεθόδους που το τρόφιμο κρίνεται απαραίτητο για την τελική διαμόρφωση της μεμβράνης. Η τεχνική αυτή έχει ως σκοπό την επικάλυψη και εφαρμόζεται στα περισσότερα τρόφιμα (κρέας, ψάρι, φρούτα, λαχανικά, κ.α.). Πλεονεκτεί ως τεχνική από την άποψη ότι έχει τη δυνατότητα να επικαλύπτει τρόφιμα με ακανόνιστη επιφάνεια/σχήμα.



- Ο ψεκασμός, που ανήκει στην ίδια κατηγορία με την εμφάνιση και πλεονεκτεί αυτής λόγω: i) της δυνατότητας σχηματισμού μεμβράνης λεπτότερου πάχους, ii) της δυνατότητας εφαρμογής στη μία μόνο πλευρά του τροφίμου (π.χ. στο ζυμάρι της πίτσας που έρχεται σε επαφή με τη σάλτσα) και iii) της δυνατότητας να χρησιμοποιηθεί ως δεύτερο στρώμα μεμβράνης σε ένα τρόφιμο που θα επικάλυπτε το πρώτο για καλύτερη προστασία.
- Η έγχυση σε καλούπι/επιφάνεια, που ανήκει στις μεθόδους ανεξάρτητου σχηματισμού, δεν απαιτεί τη στήριξη κάποιου τροφίμου για να διαμορφωθεί. Η συγκεκριμένη τεχνική ανήκει στις συμβατικές μεθόδους σχηματισμού των μη εδωδιμων μεμβρανών και επιτυγχάνεται είτε με έγχυση ορισμένης ποσότητας σε καλούπι, είτε με χρήση ειδικού μηχανήματος (spreader) που απλώνει το διάλυμα της μεμβράνης στο επιθυμητό πάχος πάνω σε μία οριοθετημένη επιφάνεια.

#### *2.8.1.5 Μέθοδοι αξιολόγησης των ιδιοτήτων των εδωδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων.*

Οι κλασσικές μέθοδοι αξιολόγησης των μηχανικών ιδιοτήτων αλλά και των ιδιοτήτων διαπερατότητας των υλικών συσκευασίας μπορούν να εφαρμοστούν και στις εδωδιμες μεμβράνες, αν και οι τελευταίες είναι πιο ευαίσθητες σε μέσες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

Οι διάφορες μηχανικές ιδιότητες των εδωδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων αξιολογούνται με βάση ορισμένες δοκιμές χρησιμοποιώντας μηχανικούς αναλυτές. Αυτοί μπορεί να είναι μετρητές υφής (texture analyzer) ή μετρητές τάσης εφελκυσμού ή μετρητές συμπίεσης, ενώ για άλλες ιδιότητες, όπως η προσκόλληση, η εξέταση της μεμβράνης γίνεται μαζί με το τρόφιμο ως ένα ενιαίο σύστημα μεμβράνη-τρόφιμο.

Οι ιδιότητες φραγμού ή διαπερατότητας των εδωδιμων μεμβρανών αξιολογούνται με τη μέτρηση της διαπερατότητας τους (permeability) σε διάφορα αέρια, υγρασία και διαλυτές ουσίες. Η διαπερατότητα ορίζεται ως ο ρυθμός διαπερατότητας μέσα από το υλικό. Η διαπερατότητα (P) ισούται με το γινόμενο της διαχυτότητας (D) επί τη διαλυτότητας (S) της ουσίας που διαπερνά τη μεμβράνη. Έτσι :

$$P = D * S = Q * x / A * t \Delta p$$

όπου Q είναι το βάρος της ουσίας σε g που διαπερνά τη μεμβράνη πάχους x σε cm και επιφάνειας A σε m<sup>2</sup>, t είναι ο χρόνος σε μέρες και Δp η διαφορά μερικής πίεσης σε mmHg ανάμεσα στην ουσία και τη μεμβράνη.

Η διαδικασία της διάχυσης μέσω της μεμβράνης εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος, το σχήμα και την πολικότητα των μορίων που διαχέονται. Επιπλέον, η διάχυση εξαρτάται από το δομικό πλέγμα της μεμβράνης, δηλαδή τους δεσμούς μεταξύ των μορίων που σχηματίζουν το πλέγμα της μεμβράνης, την κρυσταλλικότητα, τις ομοιοπολικές γέφυρες μεταξύ μορίων (cross-linking), την παρουσία πλαστικοποιητών και διαφόρων προσθέτων κ.α.

Η διαπερατότητα δεν αποτελεί χαρακτηριστική ιδιότητα των μεμβρανών και επικαλύψεων, εκτός αν το D και S είναι ανεξάρτητα της συγκέντρωσης της ουσίας που διαπερνά τη μεμβράνη. Στην πραγματικότητα αυτό είναι δύσκολο επειδή και το D και το S εξαρτώνται από τη μεταβολή της μερικής πίεσης. Έτσι, η διαπερατότητα είναι μία ιδιότητα του συστήματος μεμβράνης και ουσίας που το διαπερνά, σε συνδυασμό πάντα με τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Εκτός από τη διαπερατότητα, οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις αξιολογούνται και από άλλες ιδιότητές τους, όπως είναι η διαλυτότητα, οι ιδιότητες ρόφησης νερού, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, και η φυσική/χημική/микροβιολογική σταθερότητα κ.α.<sup>[38]</sup>

#### *2.8.1.6 Προδιαγραφές εδώδιμων μεμβρανών*

Η αποτελεσματικότητα ενός εδώδιμου επικαλυπτικού, προκειμένου να καλύψει τις ειδικές ανάγκες του εκάστοτε νωπού ή επεξεργασμένου φρούτου ή λαχανικού, κρίνεται από τη διαπερατότητά του σε υγρασία, οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο με τη σειρά του εξαρτάται από τη χημική σύνθεση και τη δομή της επικάλυψης που σχηματίζουν τα πολυμερή, τα χαρακτηριστικά του προϊόντος και τις συνθήκες υπό τις οποίες αυτό αποθηκεύεται. Αρκετά εδώδιμα επικαλυπτικά, όπως η κυτταρίνη, η καζεΐνη, η ζεΐνη, η πρωτεΐνη σόγιας και η χιτοζάνη εμφανίζουν τέτοια επιθυμητά χαρακτηριστικά, έχουν για παράδειγμα χαμηλή διαπερατότητα σε υγρασία, είναι άοσμα, άγευστα και διαφανή. Ωστόσο, η εμπορική τους επιτυχία

είναι ακόμη περιορισμένη. Οι προκλήσεις που συναντούν οι εδώδιμες μεμβράνες είναι: α) ανεπαρκή εμπόδια απέναντι στην υγρασία, λόγω του υδρόφιλου χαρακτήρα των περισσότερων επικαλύψεων, β) μεταβλητή διαπερατότητα σε O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> λόγω ανεπαρκούς ελέγχου της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας κατά την αποθήκευση, τη μεταφορά και την εμπορία των φρούτων και των λαχανικών, γ) δυσμενές αποθηκευτικό περιβάλλον που προκαλείται από την ανεπαρκή διαπερατότητα σε αέρια ορισμένων επικαλυπτικών, δ) αναποτελεσματική κάλυψη ή κακή πρόσφυση της επικάλυψης στην επιφάνεια των φρούτων και των λαχανικών και ε) δυσμενείς οργανοληπτικές επιπτώσεις, όπως δυσμενείς γεύσεις και αρώματα που προσδίδουν ορισμένα επικαλυπτικά.<sup>[57]</sup>

Πίνακας 2.6 Σύγκριση της διαπερατότητας μερικών συνθετικών πολυμερών με εδώδιμες μεμβράνες (στους 25±2 οC, 50-70% RH).

Film/coating material	O <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> .m/m <sup>2</sup> .s.Pa)	Permeability	
		CO <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> .m/m <sup>2</sup> .s.Pa)	H <sub>2</sub> O vapor (g.m/m <sup>2</sup> .s.Pa)
<b>Synthetic polymer</b>			
Polyester	2.69 × 10 <sup>-19</sup>	2.61 × 10 <sup>-17</sup>	3.6 × 10 <sup>-13</sup>
Polypropylene (PP)	5.5 × 10 <sup>-17</sup>	—	6.5 × 10 <sup>-13</sup>
Polyvinyl chloride (PVC)	5.15 × 10 <sup>-19</sup>	1.35 × 10 <sup>-18</sup> – 2.7 × 10 <sup>-17</sup>	2.16 × 10 <sup>-11</sup>
Polyethylene terephthalate (PET)	2.15 × 10 <sup>-19</sup>	6.7 × 10 <sup>-19</sup> – 1.12 × 10 <sup>-18</sup>	—
Low-density polyethylene (LDPE)	2.25 × 10 <sup>-17</sup>	—	8.1 × 10 <sup>-13</sup>
High-density polyethylene (HDPE)	5.02 × 10 <sup>-18</sup>	—	2.52 × 10 <sup>-13</sup>
<b>Edible coating material</b>			
Methylcellulose (MC)	3.85 × 10 <sup>-6</sup>	6.9 × 10 <sup>-5</sup>	9.35 × 10 <sup>-11</sup>
Hydroxypropyl cellulose (HPC)	3.1 × 10 <sup>-6</sup>	1.13 × 10 <sup>-4</sup>	5.55 × 10 <sup>-7</sup>
Sucrose polyester	2.10 × 10 <sup>-18</sup>	—	4.2 × 10 <sup>-13</sup>
Zein	7.84 × 10 <sup>-19</sup>	2.67 × 10 <sup>18</sup>	1.17 × 10 <sup>-10</sup>
Chitosan	1.4 × 10 <sup>-21</sup>	—	4.9 × 10 <sup>-10</sup>
Wheat gluten	2.89 × 10 <sup>-17</sup>	2.13 × 10 <sup>-18</sup>	9.18 × 10 <sup>-11</sup>
Whey protein isolate (WPI)	1.13 × 10 <sup>-18</sup>	—	1.1 × 10 <sup>-9</sup>
Soy protein	3.14 × 10 <sup>-19</sup>	—	3.49 × 10 <sup>-10</sup>

\*Data presented in the table are summarized from Miller and Krochta (1997) and Park (1999).

## 2.8.2 Σύνθεση εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων.

Τα κύρια υλικά από τα οποία παρασκευάζονται οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις είναι οι πρωτεΐνες, οι πολυσακχαρίτες και τα λιπίδια. Συνεπώς, οι ίδιες χωρίζονται σε τρεις ομάδες, τα υδροκολλοειδή, τα λιπίδια και τους συνδυασμούς αυτών. Οι πρωτεΐνες που χρησιμοποιούνται συχνά ως συστατικά των εδώδιμων μεμβρανών συμπεριλαμβάνουν τη γλουτένη σίτου, το κολλαγόνο, τη ζελατίνη, τη ζεΐνη αραβοσίτου, τις πρωτεΐνες σόγιας, την καζεΐνη, και τις πρωτεΐνες του ορού του γάλακτος. Το άμυλο και τα παράγωγα της κυτταρίνης είναι οι πιο εκτενέστερα μελετημένοι πολυσακχαρίτες στην παραγωγή εδώδιμων μεμβρανών. Εκτός αυτών, χρησιμοποιούνται και άλλοι πολυσακχαρίτες όπως τα άλατα των αλγινικών οξέων, οι πηκτίνες, η χιτοζάνη, η πουλλουλάνη, η ζελατίνη, και οι καραγεννάνες. Επίσης, οι κηροί, τα μονο-, δι-, και τριγλυκερίδια και τα λιπαρά οξέα συμπεριλαμβάνονται στα

λιπίδια που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των εδώδιμων μεμβρανών. Τέλος, έχουν αναπτυχθεί και σύνθετες μεμβράνες που συνδυάζουν τα λιπίδια με τα υδροκολλοειδή σε μεμβράνες ή επικαλύψεις.

Οι μεμβράνες υδροκολλοειδών χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις που δεν είναι στόχος ο έλεγχος της μετανάστευσης των υδρατμών. Αυτές οι μεμβράνες έχουν καλές ιδιότητες φραγμού στο οξυγόνο, στο διοξείδιο του άνθρακα και στα λιπίδια. Οι περισσότερες μεμβράνες αυτού του είδους έχουν καλές μηχανικές ιδιότητες και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται από προϊόντα που παρουσιάζουν αδύναμη δομική στήριξη. Η διαλυτότητα των μεμβρανών από πολυσακχαρίτη χαρίζει ένα ιδιαίτερο πλεονέκτημα ειδικά στα τρόφιμα που θερμαίνονται πριν την κατανάλωση. Η μεμβράνη αυτή κατά τη διάρκεια της θέρμανσης λιώνει και έτσι δεν επηρεάζει οργανοληπτικά την ποιότητα του τροφίμου.

#### *2.8.2.1 Μεμβράνες πολυσακχαριτών.*

Τα υδροκολλοειδή, αναλόγως σύστασης, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους πολυσακχαρίτες και τις πρωτεΐνες. Τα παράγωγα κυτταρίνης, όπως η μεθυλοκυτταρίνη (MC), η υδροξυπροπυλο-μεθυλοκυτταρίνη (HPMC), η υδροξυπροπυλο-κυτταρίνη (HPC) και η καρβοξυμεθυλο-κυτταρίνη (CMC) είναι διαλυτά στο νερό ή σε μίγμα νερού-αιθανόλης κάτω από θέρμανση και από την ξήρανση αυτών των διαλυμάτων προκύπτουν οι αντίστοιχες εδώδιμες μεμβράνες.

Τα άμυλα που προορίζονται για το σχηματισμό μεμβρανών προέρχονται από βολβούς, όπως η πατάτα και η ταπιόκα ή από δημητριακά συμπεριλαμβανομένων του αραβόσιτου, του σίτου και του ρυζιού. Επίσης, άμυλα από λιγότερο συνηθισμένες πηγές όπως η μπανάνα, το μάγκο ή η γλυκοπατάτα έχουν μελετηθεί για τις ιδιότητές τους να σχηματίσουν μεμβράνες. Η κρυσταλλικότητα και η διαπερατότητα σε αέρια των μεμβρανών αμύλου επηρεάζεται από την πηγή του αμύλου, την περιεκτικότητα σε αμυλόζη και τα μοριακά χαρακτηριστικά του πλαστικοποιητή με την αμυλόζη να δίνει πιο ισχυρές και εύκαμπτες μεμβράνες από την αμυλοπηκτίνη (García et al., 2000a, b, Thunwall et al., 2006, Xu et al., 2005). Επίσης, η διαπερατότητα σε υδρατμούς των μεμβρανών αμύλου αυξάνεται με αύξηση της περιεκτικότητας σε αμυλοπηκτίνη (Phan The et al., 2005).

Οι μεμβράνες από άγαρ είναι διαφανείς και εύκαμπτες καθώς επίσης και πιο ισχυρές από αυτές του αμύλου που προέρχεται από ταπιόκα και από ρύζι. Μεμβράνες αραβινοξυλάνης πλαστικοποιημένες με γλυκερόλη έχουν παραχθεί από υδατικά διαλύματα παρουσία ή όχι, λιπαρών οξέων και μονοστεατικής γλυκερόλης. Επίσης, η κοηας γλυκομαννάνη (KGM) έχει μελετηθεί για την ικανότητα να σχηματίζει μεμβράνες. Εύκαμπτες KGM μεμβράνες χωρίς την ανάγκη χρήσης πλαστικοποιητών μπορούν να σχηματιστούν από υδατικά διαλύματα σε ουδέτερο pH ή παρουσία KOH για την εξουδετέρωση των ακετυλικών ομάδων που απαντούν στα μόρια της KGM. Οι ιονικοί πολυσακχαρίτες, όπως τα άλατα αλγινικού οξέος, οι πηκτίνες, η ζελάνη, η χιτοζάνη, κ.α., είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στις αλλαγές του pH λόγω του φορτίου τους. Επίσης, μερικοί από αυτούς απαιτούν την προσθήκη κατιόντων για να διευκολυνθεί ο σχηματισμός μεμβρανών. Έτσι, η χιτοζάνη που είναι ένας κατιονικός πολυσακχαρίτης, διαλυτοποιείται σε όξινο περιβάλλον π.χ. σε διάλυμα οξικού οξέος το οποίο χρησιμοποιείται πολύ συχνά για αυτό το σκοπό, ενώ η ζελάνη σχηματίζει μεμβράνες και πηκτές παρουσία μονο- και δι-σθενών κατιόντων.

Η πουλλουλάνη είναι ένας υδατοδιαλυτός μικροβιακός πολυσακχαρίτης, (όπως η χιτοζάνη, η ξανθάνη και η γελλάνη) που παράγεται εξωκυτταρικά από διαφορετικά στελέχη του *Aureobasidium pullulans* (Yuen, 1974). Η πουλλουλάνη σχηματίζει πολύ καλές εδώδιμες μεμβράνες οι οποίες είναι άχρωμες, άοσμες, διαφανείς, εύκαμπτες και ανθεκτικές στη διείδυση λιπαρών ουσιών και οξυγόνου (Yuen, 1974). Παρά τις ενδιαφέρουσες ιδιότητες, η πουλλουλάνη δεν έχει μελετηθεί εκτενώς, πιθανώς λόγου του έντονα υδρόφιλου χαρακτήρα της.<sup>[38]</sup>

#### **2.8.2.2 Μεμβράνες πρωτεΐνης.**

Ένας μεγάλος αριθμός πρωτεϊνών ζωικής και φυτικής προέλευσης συμπεριλαμβανομένης της πρωτεΐνης σόγιας, του ορού γάλακτος, της γλουτένης σίτου, της ζεΐνης αραβοσίτου, του κολλαγόνου, της ζελατίνης, και της καζεΐνης έχει χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή εδώδιμων μεμβρανών. Οι πρωτεΐνες παρουσιάζουν ενδιαφέρον, διότι εκτός από την ικανότητα να σχηματίζουν μεμβράνες, προσθέτουν θρεπτική αξία στο προϊόν και επίσης ενεργούν ως γαλακτωματοποιητές.

Διάφοροι μηχανισμοί εμπλέκονται στο σχηματισμό εδώδιμων μεμβρανών από πρωτεΐνες. Οι μοριακές αλληλεπιδράσεις στις πρωτεΐνες είναι εξαρτώμενες από το pH που επιδρά στη δομή και στις ιδιότητες της τελικής μεμβράνης. Για μερικές πρωτεΐνες, όπως του ορού του γάλακτος, του μπιζελιού και της σόγιας, της γλουτένης σίτου, του λευκώματος αυγού, απαιτείται μετουσίωση με θέρμανση των πρωτεϊνικών διαλυμάτων σε αλκαλικές ή όξινες συνθήκες για να σχηματιστεί το πλέγμα της μεμβράνης. Η θέρμανση αλλάζει τη δομή των πρωτεϊνών εκθέτοντας τις σουλφυδρικές ομάδες και τις υδρόφοβες πλευρικές αλυσίδες, που εμπλέκονται σε διαμοριακούς δεσμούς δισουλφιδίου, υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις και δεσμούς υδρογόνου, οι οποίοι είναι οι κύριοι δεσμοί που συμμετέχουν στη δημιουργία του δικτύου. Η γλουτένη σίτου διαλύεται συνήθως σε μίγμα νερού-αιθανόλης σε όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον για το σχηματισμό ομοιόμορφων μεμβρανών.

Οι καζεΐνες περιέχουν μεγάλο ποσοστό υδρόφοβων αμινοξέων (35-45% των συνολικών αμινοξέων), η ανομοιόμορφη κατανομή των οποίων οδηγεί σε υδρόφοβες περιοχές στην πολυπεπτιδική αλυσίδα. Οι καζεΐνες χαρακτηρίζονται επίσης από υψηλή περιεκτικότητα σε προλίνη και χαμηλή περιεκτικότητα σε κυστεΐνη. Το τελευταίο έχει ως αποτέλεσμα ότι δεν δημιουργείται μεγάλος αριθμός δισουλφιδικών δεσμών και επομένως τα μόρια των καζεϊνών χαρακτηρίζονται από μία ανοικτή - τυχαία διαμόρφωση. Τα καζεϊνικά παράγονται εμπορικά μετά από διαλυτοποίηση με αλάλα σε pH 6.7 των όξινα-καταβυθιζόμενων καζεϊνών. Τα καζεϊνικά είναι γενικώς αποδεκτά ως πολυμερή με τυχαία διαμόρφωση. Συνεπώς, το καζεϊνικό νάτριο σχηματίζει με ευκολία μεμβράνες λόγω της υψηλής διαλυτότητας στο νερό, της τυχαίας διαμόρφωσής του και της ικανότητας να σχηματίζει συσσωματώματα αλυσίδων μέσω των δεσμών υδρογόνου όπως και ηλεκτροστατικών και υδρόφοβων αλληλεπιδράσεων. Λόγω των γαλακτωματοποιητικών τους ιδιοτήτων, οι καζεΐνες και τα καζεϊνικά γενικότερα μπορούν να δημιουργήσουν σταθερά γαλακτώματα με διάφορα λιπίδια τα οποία επίσης μπορούν να εφαρμοστούν ως επικαλύψεις στα τρόφιμα.<sup>[38]</sup>

### *2.8.2.3 Μεμβράνες λιπιδίων.*

Οι λιπιδικές μεμβράνες συχνά χρησιμοποιούνται για τις ιδιότητες φραγμού που έχουν στους υδρατμούς και τη λάμψη που δίνουν στα προϊόντα ζαχαροπλαστικής, καθώς επίσης και για την αντιοξειδωτική τους δράση. Η χρήση τους ως ανεξάρτητες

μεμβράνες είναι περιορισμένη, διότι υπολείπονται δομικής ακεραιότητας και αντοχής.

Οι κηροί συχνά χρησιμοποιούνται ως εδώδιμες επικαλύψεις στα φρούτα και στα λαχανικά για μείωση της αναπνοής και καθυστέρηση στην απώλεια υγρασίας, προσδίδοντας παράλληλα στιλπνότητα. Η σύνθεση των επικαλύψεων από κηρούς ποικίλει και συνήθως η προσθήκη ακετυλιωμένων μονογλυκεριδίων κρίνεται απαραίτητη για την καλή εφαρμογή τους στα τρόφιμα. Η αποφυγή των αναερόβιων συνθηκών όμως κρίνεται επιτακτική, διότι οδηγεί στη σήψη των φυτικών ιστών. Από την άλλη πλευρά, όταν οι επικαλύψεις των λιπιδίων εφαρμόζονται σε επεξεργασμένα τρόφιμα (κρέατα, καρύδια, αποξηραμένα φρούτα, ξηροί καρποί, και ζαχαρωτά) είναι απαραίτητο να προσφέρουν προστασία από υγρασία και οξυγόνο, ώστε να παρεμποδίζουν τη μεταφορά υγρασίας και την οξείδωση των προϊόντων.

Πολλά λιπίδια βρίσκονται σε κρυσταλλική κατάσταση και οι κρύσταλλοί τους είναι αδιαπέραστοι από αέρια και υδρατμούς (Fox, 1958). Έτσι, από τη στιγμή που μία ουσία διαπερνά την επικάλυψη σημαίνει ότι μεγάλο ρόλο έχει η ενδοκρυσταλλική μοριακή διάταξη. Για παράδειγμα, τα λιπίδια με κλειστή ή κανονική διαμόρφωση κρυστάλλων έχουν καλύτερες ιδιότητες φραγμού από κάποιο λιπίδιο με διαφορετική διαμόρφωση. Τα λιπίδια στην υγρή κατάσταση ή τα λιπίδια που έχουν μεγάλο ποσοστό συστατικών στην υγρή κατάσταση προσφέρουν περιορισμένη προστασία από τη μετανάστευση των υδρατμών και των αερίων, γεγονός που καταδεικνύει ότι η κινητικότητα των λιπιδικών μορίων υποβαθμίζει σημαντικά τις ιδιότητες φραγμού τους.

Εν κατακλείδι, λόγω του υδρόφοβου χαρακτήρα τους, τα λιπίδια παρουσιάζουν πολύ χαμηλή διαπερατότητα σε υδρατμούς, αλλά στερούνται ικανοποιητικής μηχανικής αντοχής και δομικής συνοχής. Συνεπώς, τα λιπίδια χρησιμοποιούνται συχνά μαζί με υδροκολλοειδή σε μίγματα ή δίφυλλες μεμβράνες και επικαλύψεις που συνδυάζουν την υψηλή αντίσταση στην υγρασία των λιπαρών συστατικών με τις καλές μηχανικές ιδιότητες και τη χαμηλή διαπερατότητα σε αέρια των πολυσακχαριτών ή/και των πρωτεϊνών.<sup>[39]</sup>

### 2.8.3 Χιτίνη/Χιτοζάνη

Το όνομα χιτίνη (chitin) προέρχεται από την ελληνική «χιτώνας» και χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά από τον Bradconnot το 1811. Είναι το δεύτερο πιο άφθονο βιοπολυμερές στη γη μετά την κυτταρίνη και αποτελείται από 2-ακετο-αμιδο-2-δεοξυ-γλυκόζη (N-ακετυλογλυκοζαμίνη), έναν από τους πιο άφθονους πολυσακχαρίτες.

Η χιτίνη είναι το κύριο δομικό συστατικό του εξωσκελετού των ασπόνδυλων και των τοιχωμάτων των κυττάρων τους. Επειδή η βιοδιάσπαση της χιτίνης είναι πολύ αργή στα απόβλητα των οστρακοειδών, η συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων απόβλητων από την επεξεργασία των καρκινοειδών έχει ανησυχήσει τον κλάδο της μεταποίησης θαλασσινών. Από το σύνολο των στερεών αποβλήτων στις ΗΠΑ το 50% προέρχεται από την επεξεργασία οστρακοειδών, και η συνολική παραγωγή εκτιμάται σε 5εκατ. tn. Από τα διάφορα είδη καρκινοειδών, για την απομόνωση της χιτίνης χρησιμοποιούνται ευρέως τα κελύφη γαρίδων και καβουριών. Η απόρριψη των αποβλήτων οστρακοειδών, ως εκ τούτου, είναι μία πρόκληση για τις περισσότερες από τις χώρες που τα παράγουν. Επομένως, η παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας όπως η χιτίνη, η χιτοζάνη και τα παράγωγά τους και η εφαρμογή των προϊόντων αυτών σε διάφορους τομείς είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσα.

Ωστόσο η χιτίνη και η απακετυλιωμένη της μορφή, η χιτοζάνη, έχουν βρεθεί στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος τις τελευταίες δεκαετίες, λόγω των πιθανών δυνατοτήτων τους σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών εφαρμογών. Ωστόσο, ελάχιστη προσοχή έχει δοθεί στην εφαρμογή αυτών των βιοπολυμερών στα τρόφιμα.<sup>[39]</sup>

#### 2.8.3.1 Αντιμικροβιακή δράση χιτίνης, χιτοζάνης και παραγώγων τους

Η χρήση βιοενεργών ουσιών, όπως η χιτοζάνη για τον έλεγχο των ασθενειών που οφείλονται σε μύκητες μετά τη συγκομιδή έχει προσελκύσει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω των επικείμενων προβλημάτων που συνδέονται με τους χημικούς παράγοντες, τα οποία περιλαμβάνουν την αντίδραση των καταναλωτών απέναντι στη χρήση μυκητοκτόνων στα προϊόντα, καθώς και την αύξηση της ανεκτικότητας πολλών παθογόνων απέναντι σε μυκητοκτόνα και μίας σειράς μυκητοκτόνων που βρίσκονται υπό επιτήρηση.



Η χιτοζάνη μειώνει την *in vitro* ανάπτυξη πολυάριθμων μυκήτων, εξαιρουμένων αυτών που η χιτοζάνη αποτελεί βασικό συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων τους (ζυγομύκητες). Εκτός από τη διαμόρφωση μιας διαπερατής από αέρια μεμβράνη, η χιτοζάνη έχει διπλή λειτουργία, δηλαδή παρεμβαίνει άμεσα στην ανάπτυξη των μυκήτων και ενεργοποιεί διάφορες αμυντικές διεργασίες. Αυτοί οι αμυντικοί μηχανισμοί περιλαμβάνουν συσσώρευση χιτινάσης, σύνθεση αναστολέων προτεΐνάσης, και παραγωγή λιγνίνης.

### *2.8.3.2 Χρήσεις στη βιομηχανία τροφίμων*

Η χιτοζάνη βρίσκει πολλές εφαρμογές στη γεωργία, την ιατρική, το περιβάλλον και τα τρόφιμα. Ωστόσο, σε ορισμένους τομείς, ιδιαίτερα στην ιατρική και τη βιομηχανία τροφίμων, η εφαρμογή του παρόντος πολυσακχαρίτη περιορίζεται από το υψηλό μοριακό του βάρος, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη μικρή διαλυτότητά του σε υδατικά διαλύματα. Η χιτοζάνη χρησιμοποιείται σε τρόφιμα ως συντηρητικό και αναστολέας του ενζυμικού μαυρίσματος σε πολλά φρούτα και λαχανικά, και ως αντιοξειδωτικό σε λουκάνικα. Η χιτοζάνη μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και ως αντιμικροβιακή επικάλυψη σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά.  
[40]

Η χρήση εδώδιμων μεμβρανών και επικαλυπτικών για την επέκταση της διάρκειας ζωής και τη βελτίωση της ποιότητας των νωπών, κατεψυγμένων και παρασκευασμένων τροφίμων έχει εξεταστεί κυρίως τα τελευταία χρόνια, λόγω της φιλικότητάς τους προς το περιβάλλον και το βιοαποικοδομήσιμο χαρακτήρα τους. Αυτά τα εξωτερικά στρώματα αποτελούν συμπληρωματικό και μερικές φορές απαραίτητο μέσο για τον έλεγχο των φυσιολογικών, μορφολογικών και φυσικοχημικών μεταβολών στα τρόφιμα. Το υψηλής πυκνότητας φύλλο πολυαιθυλενίου, ένα κοινό υλικό συσκευασίας που χρησιμοποιείται για την προστασία των τροφίμων, έχει μειονεκτήματα όπως η ζύμωση λόγω εξάντλησης του οξυγόνου και συμπύκνωση των υδρατμών που οφείλεται σε διακυμάνσεις της θερμοκρασίας αποθήκευσης το οποίο ευνοεί την παραγωγή μυκήτων. Υπάρχουν πολλοί μηχανισμοί που εμπλέκονται στην παράταση του χρόνου ζωής των τροφίμων από τα επικαλυπτικά. Αυτοί περιλαμβάνουν ελεγχόμενη μεταφορά υγρασίας μεταξύ τροφίμων και περιβάλλοντος, ελεγχόμενη απελευθέρωση χημικών παραγόντων όπως αντιμικροβιακές ουσίες, αντιοξειδωτικά, μείωση της μερικής

πίεσης του οξυγόνου στη συσκευασία που μειώνει το μεταβολισμό, ελέγχει το ρυθμό αναπνοής, τη θερμοκρασία και ενισχύει δομικά τα τρόφιμα.

*Πίνακας 2.7 Παραδείγματα εφαρμογών εδώδιμων επικαλυπτικών σε φρούτα και λαχανικά τα οποία έχουν μελετηθεί.*

Commodity	Coating material	Primary functions	References
Apple	Caseinate; whey protein	O <sub>2</sub> barrier; carrier (antioxidant)	Le Tien and others (2001)
Apple (fresh-cut)	HPMC	O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Cisneros-Zevallos and Krochta (2003)
	Alginate; gelatin, CMC	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Moldão-Martins and others (2003)
	Polysaccharide/lipid bilayer	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> barrier, gloss	Wong and others (1994a, 1994b)
	Zein	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier, gloss	Bai and others (2003a)
	Wax; shellac	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> barrier	Bai and others (2003b)
	Carrageenan; WPC	O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Lee and others (2003)
	WPI-BW emulsion	O <sub>2</sub> barrier	Perez-Gago and others (2003b)
	WPI; WPC, HPMC; wax		Perez-Gago and others (2005)
Avocado	Methylcellulose	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Maftoonazad and Ramaswamy (2005)
Carrot (peeled)	Xanthan gum	H <sub>2</sub> O barrier; Ca <sup>2+</sup> , Vit. E carrier	Mei and others (2002)
	Calcium caseinate; WPI; pectin; CMC	H <sub>2</sub> O barrier	Lafortune and others (2005)
Celery	Alginate	H <sub>2</sub> O barrier; microbial barrier	Amanatidou and others (2000)
	Caseinate	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier; carrier (antimicrobial)	Avena-Bustillos and others (1997)
Cherry	Semperfresh™	O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Yaman and Bayoindirli (2002)
	Caseinate; milk protein	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Certel and others (2004)
Corn	Zein	Microbial barrier	Carlin and others (2001)
Green bell pepper	Lipid-based	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Conforti and Ball (2002)
			Conforti and Zinck (2002)
Kiwifruit	Pullulan (bacterial polysaccharide from starch)	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Diab and others (2001)
Lettuce	Alginate-based	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> barrier	Tay and Perera (2004)
Litchi fruit (peeled)	Chitosan	O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Dong and others (2004)
	Chitosan	O <sub>2</sub> barrier	Jiang and others (2005)
Mango fruit	Wax; shellac; zein; cellulose derivative	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Hoa and others (2002)
Mushroom	Alginate	O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Hershko and Nussinovitch (1998)
Citrus	Chitosan	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Fornes and others (2005)
Peach	Wax; CMC	H <sub>2</sub> O barrier	Toğrul and Arslan (2004)
Pear (cut wedges)	Methylcellulose-based	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier, carrier (antioxidant)	Guadalupe and others (2003)
	Methylcellulose	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Olivas and others (2003)
Plum	HPMC/lipid composite	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Perez-Gago and others (2003a)
Potato	Caseinate; whey protein	O <sub>2</sub> barrier; carrier (antioxidant)	Le Tien and others (2001)
Quince	Semperfresh™	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Yurdugül (2005)
Raspberry	Chitosan	H <sub>2</sub> O barrier; Ca <sup>2+</sup> , Vit. E carrier	Han and others (2004b)
Strawberry	Cactus mucilage	O <sub>2</sub> barrier	Del-Valle and others (2005)
	Caseinate-whey protein	microbial barrier	Vachon and others (2003)
	Chitosan	H <sub>2</sub> O barrier; Ca <sup>2+</sup> , Vit. E carrier	Han and others (2004a, 2004b)
	Chitosan; HPMC	H <sub>2</sub> O barrier; carrier (antimicrobial)	Park and others (2005)
	Pullulan (bacterial polysaccharide from starch)	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Diab and others (2001)
	Starch-based	H <sub>2</sub> O barrier, carrier (antimicrobial)	Garcia and others (1998)
	Wheat gluten-based	O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Tanada-Palmu and Grosso (2005)
Water chestnut (fresh-cut)	Chitosan	O <sub>2</sub> barrier	Pen and Jiang (2003)
Zucchini	Semperfresh™	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O barrier	Kaynas and Ozelkok (1999)

### 2.8.3.3 Επίδραση επικαλυπτικού από χιτοζάνη στη διατήρηση και την ποιότητα νωπών φρούτων

Έχει παρατηρηθεί σε έρευνες επέκταση της διάρκειας αποθήκευσης και έλεγχο της φθοράς σε ροδάκινα, αχλάδια και kiwi με την εφαρμογή μεμβράνης χιτοζάνης. Ομοίως, αγγούρια, πιπεριές, φράουλες και ντομάτες θα μπορούσαν να αποθηκευτούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μετά την επικάλυψη με χιτοζάνη. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να αποδοθούν στη μείωση του ρυθμού αναπνοής,

την αναστολή ανάπτυξη μυκήτων, και την καθυστέρηση της ωρίμανσης, λόγω της μείωσης του αιθυλενίου και του διοξειδίου του άνθρακα.<sup>[41]</sup>

#### 2.8.4 Κυτταρίνη - HPMC (hydroxypropylmethylcellulose)

Η κυτταρίνη είναι το πιο άφθονο φυσικό πολυμερές στη γη. Αν και πολύ φθηνή είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί ως επικάλυψη, λόγω της αδιαλυτότητάς της στο νερό και της ισχυρής κρυσταλλικής δομής. Ωστόσο, ορισμένα προϊόντα κυτταρίνης που παράγονται εμπορικά, όπως η καρβόξυμεθυλοκυτταρίνη (CMC), η μεθυλοκυτταρίνη (MC), η υδροξυπροπυλοκυτταρίνη (HPC), και η υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HPMC), μπορούν να ξεπεράσουν τους περιορισμούς που σχετίζονται με την αυτούσια κυτταρίνη. Λόγω της γραμμικής δομής της κυτταρίνης, τα παράγωγα αυτά τείνουν να σχηματίζουν ικανοποιητικές μεμβράνες, αν και οι ιδιότητες της μεμβράνης θα εξαρτηθούν από τη δομή και το μοριακό βάρος της κυτταρίνης. Οι Agranci et al. διαπίστωσαν ότι η διαπερατότητα της υγρασίας των μεμβρανών από HPMC μειώθηκε με την αύξηση του μοριακού βάρους του HPMC, ενώ οι Park et al. (1993) παρατήρησαν το αντίθετο αποτέλεσμα για μεμβράνες από MC και HPC, όπου η διαπερατότητα αυξανόταν με την αύξηση του μοριακού βάρους. Σύγκριση μεταξύ των MC, HPC, και CMC ως επικαλυπτικών σε καρύδια χωρίς κέλυφος έδειξε ότι το CMC είναι το καλύτερο υλικό για αυτή την εφαρμογή. Η επικάλυψη από CMC προσδίδει γυαλάδα και καθυστερεί τον ταγγισμό· ωστόσο, η υφή δεν διατηρήθηκε. Η διαπερατότητα στην υγρασία των μεμβρανών από HPMC και MC επίσης παρατηρήθηκε να μειώνεται με αύξηση του μοριακού βάρους του πολυμερούς. Περαιτέρω, το MC έχει χρησιμοποιηθεί, προκειμένου να διατηρηθεί το πράσινο χρώμα και η υφή του αβοκάντο και να μειωθεί ο ρυθμός αναπνοής κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η επικάλυψη των βερίκοκων και των πράσινων πιπεριών με μία σύνθετη μεμβράνη από MC και στεατικό οξύ μειώνει ουσιαστικά την απώλεια υγρασίας, ενώ και όταν είναι επικαλυμμένα με μία μεμβράνη που περιέχει κιτρικό ή ασκορβικό οξύ, βιταμίνη C, η απώλεια είναι επίσης μειωμένη.<sup>[42]</sup>

### 2.8.5 Ορός γάλακτος – WPI (whey protein isolate)

Το 20% των πρωτεϊνών του γάλακτος είναι πρωτεΐνες ορού γάλακτος της οποίας η β-γαλακτογλοβουλίνη είναι το κυριότερο συστατικό. Η πρωτεΐνη ορού γάλακτος είναι υδατοδιαλυτή, αλλά η β-γαλακτογλοβουλίνη μετουσιώνεται, όταν θερμανθεί, σχηματίζοντας μία αδιάλυτη μεμβράνη. Η πρωτεΐνη ορού γάλακτος έχει μελετηθεί διεξοδικά ως επικαλυπτικό σε διάφορα τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένων των ολόκληρων και ελαφρώς επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών. Η πρωτεΐνη ορού γάλακτος φαίνεται να σχηματίζει μία διαφανή και ευέλικτη μεμβράνη με εξαιρετικές ιδιότητες όσον αφορά τη διαπερατότητα του οξυγόνου και των αρωμάτων σε συνθήκες χαμηλής σχετικής υγρασίας. Αν και κάποιος έχει διαπιστώσει ότι η μεμβράνη από πρωτεΐνη ορού γάλακτος αποτελεί ένα ανεπαρκές φράγμα για την υγρασία, άλλοι αναφέρουν ότι η ενσωμάτωση λιπιδίων στη μεμβράνη μειώνει τη διαπερατότητα της υγρασίας. Μία άλλη μελέτη έδειξε ότι η επικάλυψη πρωτεΐνης ορού γάλακτος εμποδίζει ικανοποιητικά τα αέρια, αλλά επηρεάζεται από την υγρασία του περιβάλλοντος, επηρεάζοντας τη διαπερατότητα του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα. Καθώς μειώνεται η σχετική υγρασία, η αντίσταση της επικάλυψης στη μεταφορά αερίων μειώνεται. Σε χαμηλές σχετικές υγρασίες, το οξυγόνο μειώθηκε και το διοξείδιο του άνθρακα αυξήθηκε σε επικαλυμμένα φρούτα. Σε RH από 70 έως 80%, προκλήθηκε αναερόβιος μεταβολισμός λόγω των χαμηλών επιπέδων οξυγόνου.

Τα επικαλυπτικά από πρωτεΐνη ορού γάλακτος ήταν πιο αποτελεσματικά ενάντια στο ενζυμικό μαύρισμα του μήλου Golden Delicious σε φέτες απ' ό,τι τα επικαλυπτικά με βάση το HPMC – πιθανά λόγω της αντιοξειδωτικής δράσης των αμινοξέων, όπως η κυστεΐνη. Δεν διαπιστώθηκαν διαφορές στη αμαύρωση μεταξύ των επικαλύψεων από WPI και WPC (συμπυκνωμένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος). Η ενσωμάτωση λιπιδίων επηρέασε επίσης το βαθμό του μαυρίσματος (όπως μετρήθηκε με χρωματόμετρο), αλλά οι διαφορές ήταν λιγότερο εμφανείς στο τέλος του χρόνου αποθήκευσης, όπως εκτιμήθηκε κατά την οργανοληπτική εξέταση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προσθήκη ουσιών κατά του ενζυμικού μαυρίσματος σε επικαλύψεις πρωτεΐνης ορού γάλακτος, σε συνδυασμό με κατάλληλες συνθήκες συντήρησης, η διάρκεια ζωής των φρεσκοκομμένων μήλων μπορεί να επεκταθεί σημαντικά.<sup>[42]</sup>

## 2.9 Φράουλα – Μεταβολές – Συντήρηση

### 2.9.1 Βοτανική

Η φράουλα είναι πολυετές, δικότυλο, έρπον κυρίως αλλά και αναρριχώμενο ποώδες φυτό με τριχωτά σύνθετα φύλλα που αποτελούνται από 3 φυλλάρια που τα περιθώριά τους είναι πριονωτά. Τα άνθη της είναι λευκά, μονογενή ή και ερμαφρόδιτα και φύονται σε μικρές ταξιανθίες που ξεκινούν από τις μασχάλες των φύλλων. Όσο ο χρόνος περνά οι ρίζες του φυτού γίνονται ξυλώδεις και αναπτύσσονται παραφυάδες που ριζώνουν αναπτύσσοντας νέα φυτά. Ο καρπός της φράουλας είναι σύνθετος και αποτελείται από μία ανθοδόχη που έχει στην επιφάνεια της πολλά μικρά σπόρια. Γενικά, είναι φυτό των ψυχρών περιοχών, απαντάται όμως σε όλα τα γεωγραφικά μήκη και πλάτη της γης, διότι διαθέτει πολύ μεγάλη γενετική ποικιλομορφία που της επιτρέπει να εγκλιματίζεται σε ποικίλες συνθήκες, ανήκει στην τάξη «ροδώδη» και την οικογένεια «ροδίδες».

Ο καρπός της φράουλας έχει τη μορφή μιμαΐκυλου. Μετά τη γονιμοποίηση του άνθους ο ανθικός άξονας καθίσταται σαρκώδης, παίρνει σχήμα σφαιρικό και επάνω σε αυτό βρίσκονται τα σπέρματα που είναι μικρά κάρυα. Προέρχεται από πολλές απόκαρπες ωοθήκες και θεωρείται σαν συγκάρπιο, αποτελούμενο από κάρυα.

### 2.9.2 Η φράουλα ως τρόφιμο

Είναι ιδιαίτερα θρεπτική καθώς έχει άφθονη βιταμίνη C, βιταμίνη E, βιταμίνη A (καροτίνη), ασβέστιο, φώσφορο, κάλιο, ιώδιο, μαγνήσιο, σελήνιο, τανίνες, και αρκετές φυτικές ίνες. Η θερμιδική της αξία είναι 46 kcal/100 g. Η οικογένεια των ροδίδων είναι πλούσια σε πολυφαινόλες, κατεχίνες, λευκοανθοκυανίνες, φλαβονογλυκοζίδια, σαπωνίνες, αμυγδαλέλαιο και βιταμίνη C. Είναι ιδιαίτερα ευάλωτη σε ρυπαντικές ουσίες, λιπάσματα και φυτοφάρμακα.

Η σύνθεσή της ποικίλει ανάλογα με το στάδιο συγκομιδής της.

- |             |        |
|-------------|--------|
| • Νερό      | 91 %   |
| • Πρωτεΐνες | 0,61 % |
| • Λίπη      | 0,37 % |

- Υδατάνθρακες 7,02 %
- Ίνες 2,3 %
- Τέφρα 0,43 %

Η περιεκτικότητα της σε μεταλλικά στοιχεία σε 100 g φράουλας είναι:

- Ασβέστιο 14,0 mg
- Φώσφορος 19,0 mg
- Σίδηρος 0,38 mg
- Μαγνήσιο 10 mg
- Κάλιο 166 mg
- Νάτριο 1,0 mg

Η περιεκτικότητά της σε βιταμίνες είναι:

- Βιταμίνη C 56,7 mg
- Θιαμίνη 0,2 mg
- Ριβοφλαβίνη 0,066 mg
- Νιασίνη 0,23 mg
- Βιταμίνη B-6 0,059 mg
- Βιταμίνη A 27,0 mg
- Βιταμίνη E 0,14 mg

Επίσης, λόγω της Βιταμίνης C και του Καλίου που περιέχονται σε μεγάλες ποσότητες, οι φράουλες προσδίδουν επιπλέον οφέλη για την προστασία από τη σιωπηρή νόσο της οστεοπόρωσης, ενώ παρέχουν προστασία κατά της στεφανιαίας νόσου, πρόληψη κατά του καρκίνου, των καρδιαγγειακών παθήσεων, της αρθρίτιδας, και είναι ευεργετικές για την ισορροπία των υγρών του σώματος και της αρτηριακής πίεσης.

### 2.9.3 Συντήρηση

Η φράουλα είναι ένα εξαιρετικά αλλοιώσιμο μη-κλιμακτηριακό φρούτο, με σύντομη μετασυλλεκτική ζωή. Η συγκομιδή της θα πρέπει να γίνεται σε πλήρη ωρίμανση, προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη ποιότητα από άποψη εμφάνισης (χρώμα, φρεσκάδα, απουσία φθορών ή φυσιολογικών διαταραχών), υφής

(σκληρότητα, τραγανότητα και αν θα είναι χυμώδεις), γεύση και θρεπτική αξία (βιταμίνες, ανόργανα άλατα, φυτικές ίνες και φυτοθρεπτικά συστατικά). Η γκρίζα μούχλα, που προκαλείται από τον *Botrytis cinerea Pers. Fr.*, είναι η πιο σημαντική, από οικονομική άποψη, μετασυλλεκτική αλλοίωση που οφείλεται σε παθογόνο παράγοντα για τη φράουλα. Η αλλοίωση της φράουλας μετά τη συγκομιδή, μπορεί επίσης να προκύψει από μηχανική καταπόνηση ή αφυδάτωση.<sup>[44]</sup>

Η διάρκεια ζωής των νωπών φραουλών σε χαμηλές θερμοκρασίες (0-4 °C) είναι συνήθως 5 ημέρες. Οι χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης και οι τροποποιημένες ατμόσφαιρες με υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> είναι κοινές τεχνικές για την αποφυγή, τουλάχιστον εν μέρει, την ανάπτυξη μούχλας και τη γήρανση, καθώς και την επέκταση της διάρκειας ζωής των φρούτων. Ωστόσο, η παρατεταμένη έκθεση των φρούτων σε υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> μπορεί να προκαλέσει την ανάπτυξη δυσάρεστης γεύσης.<sup>[45]</sup>



Εικόνα 2-1 Μεταβολή εμφάνισης φράουλας αποθηκευμένες για 8 ημέρες στους 5oC. Το χρώμα διατηρήθηκε σε αποδεκτά επίπεδα για 6 ημέρες. Μετά την 4η ημέρα

το χρώμα γίνεται πιο σκούρο ενώ μικρά ελαττώματα όπως κηλίδες γίνονται εμφανείς.<sup>[50]</sup>

#### 2.9.4 Βοτρύτης (γκρίζα μούχλα)

Η γκρίζα μούχλα, η οποία προκαλείται από το μύκητα *Botrytis cinerea*, είναι μία από τις πιο κοινές και σοβαρές ασθένειες που προκαλεί το σάπισμα των φρούτων. Η ανάπτυξη του μύκητα ευνοείται σε δροσερό και υγρό περιβάλλον. Κατά τη διαλογή η μόλυνση μπορεί να μεταδοθεί από τα μολυσμένα σε υγιή φρούτα (φράουλες). Για τον έλεγχο του προτείνεται απομάκρυνση των μολυσμένων τεμαχίων και καλή αποστράγγιση.

#### 2.9.5 Εφαρμογές εδώδιμων επικαλυπτικών σε φράουλες

Η χρήση χιτοζάνης σε φράουλες είχε ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση της αλλοίωσης του φρούτου το οποίο είχε εκ των πρότερων μολυνθεί από τους μύκητες *Botrytis cinerea* και *Rhizopus stolonifer*. Δεν παρατηρήθηκε μείωση του ρυθμού σήψης, όταν η συγκέντρωση αυξήθηκε από 10 σε 15mg/mL.<sup>[53]</sup> Σε άλλη μελέτη, η εφαρμογή επικάλυψης χιτοζάνης σε φράουλες σε συγκέντρωση 1%, σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα με 5 και 80% O<sub>2</sub> και σε θερμοκρασίες 4, 8, 12 και 15 °C, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του μικροβιακού φορτίου και την αύξηση της διάρκειας ζωής των προϊόντων. Ακόμη ο συνδυασμός ατμόσφαιρας υψηλής συγκέντρωσης σε O<sub>2</sub> και χιτοζάνης είχε θετική επίδραση στο χρώμα. Συμπερασματικά, προτείνεται η εφαρμογή επικάλυψης χιτοζάνης για τον έλεγχο του μαυρίσματος και τη σήψης της φράουλας σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους, όπως χαμηλές θερμοκρασίες και κατάλληλη συσκευασία.<sup>[58]</sup> Γενικά, η αντιμικροβιακή δράση της χιτοζάνης έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον αρκετών ερευνητών, εφαρμόζοντάς τη σε πολλά φρούτα και λαχανικά. Διαπιστώθηκε, ωστόσο, ότι η αντιμικροβιακή δράση της χιτοζάνης περιορίζεται σε τρόφιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και NaCl. Σε δοκιμές που έγιναν σε μαρούλια και φράουλες, η αντιμικροβιακή δράση της χιτοζάνης διήρκεσε για 4 ημέρες στα μαρούλια και 12 στις φράουλες.<sup>[59]</sup> Φράουλες που επικαλύφθηκαν με 1,5% χιτοζάνη και διατηρήθηκαν για 4 ημέρες στους 20°C δεν εμφάνισαν σημάδια ανάπτυξης μούχλας στην επιφάνειά τους, μείωσαν το ρυθμό υπερωρίμανσής τους και διατήρησαν την υφή και το χρώμα σε πιο αποδεκτά επίπεδα σε σχέση με τα τυφλά



δείγματα. Η προσθήκη γλυκονικού ασβεστίου δεν επέφερε καμιά βελτίωση στη διάρκεια ζωής των φρούτων, παρά μόνο στη διατροφική τους αξία.<sup>[54]</sup> Η επικάλυψη με μεμβράνη με βάση την κυτταρίνη, των φρούτων της φράουλας, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού απώλειας βάρους.<sup>[55]</sup> Η εφαρμογή επικαλύψεων χιτοζάνης και καραγεννάνης σε άλλη μελέτη δεν έδειξε ουσιαστική διατήρηση του χρώματος στις φράουλες, αλλά ελαχιστοποίησε την απώλεια της υφής σε φράουλες επικαλυμμένες με καραγεννάνη σε συνδυασμό με χλωριούχο ασβέστιο. Ακόμη παρατηρήθηκε μείωση του ρυθμού απώλειας βάρους, όταν αυτές επικαλύφθηκαν με χιτοζάνη και καραγεννάνη και στις δύο περιπτώσεις σε συνδυασμό με χλωριούχο ασβέστιο.<sup>[56]</sup>

## 2.10 Σπαράγγια – Μεταβολές – Συντήρηση

### 2.10.1 Πράσινα σπαράγγια και η παραγωγή τους

Τα πράσινα σπαράγγια, έχουν χρώμα πράσινο, σ' όλο το βλαστό. Καλλιεργούνται στην Αμερική και προτιμούνται, ενώ στην Ευρώπη καλλιεργούνται σε μικρή έκταση, γιατί η ευρωπαϊκή αγορά προτιμά και είναι συνηθισμένη στα λευκά σπαράγγια.

Το μεγαλύτερο μήκος των βλαστών, για μεν τα λευκά σπαράγγια είναι μέχρι 22cm, για τα πράσινα σπαράγγια είναι 27cm.

Διακρίνονται τρεις τρόποι παραγωγής πράσινων σπαραγγιών:

- Καλλιέργεια με επιταχυνόμενη παραγωγή, με θερμαινόμενη κάλυψη.
- Καλλιέργεια πρώιμη, με κάλυψη (τζάμια ή πλαστικό).
- Καλλιέργεια εποχής.

Οι ποικιλίες που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό είναι ειδικές για πράσινους βλαστούς, διαλογής και προέλευσης Γαλλίας ή Αμερικής. Επίσης σήμερα τα Ινστιτούτα Γεωργικών Ερευνών, όπως η INRA της Γαλλίας, ασχολούνται και με τη δημιουργία ειδικών ποικιλιών παραγωγής πράσινων βλαστών.

### 2.10.2 Βοτανική

Το σπαράγγι «*Asparagus Officinalis*» είναι ζωηρό μονοκοτυλήδονο της οικογένειας *Liliaceae*», και η διάρκεια ζωής του κυμαίνεται από 10 έως 20 έτη ανάλογα με τους όρους καλλιέργειας. Είναι γνωστά δύο άλλα είδη συγγενικά, που δεν καλλιεργούνται, το *Asparagus Tenuifolius* και το *Asparagus Acutifolius*. Είναι δίοικο, δηλαδή υπάρχουν φυτά με άνθη αρσενικά και φυτά με άνθη θηλυκά. Η σταυρογονιμοποίηση είναι υποχρεωτική. Ο καρπός είναι ράγα κόκκινη, όταν ωριμάσει, και χονδρός σαν λεπτό σπόρο αρακά. Περικλείει 3-6 σπόρους με παρέκκλιση 1-9.

Μερικές φορές παρουσιάζονται σε μερικά φυτά, άνθη ερμαφρόδιτα, που φέρουν καρπούς. Το χαρακτηριστικό αυτό χρησιμοποιείται στη γενετική. Το ριζικό σύστημα αποτελείται από δύο τύπους ριζών, τις αρχικές και τις μόνιμες. Οι αρχικές ρίζες αναπτύσσονται στη στάθμη του ριζώματος (εδαφικά στελέχη) που ονομάζεται δίσκος. Το σύνολο δίσκου – ριζών ονομάζεται ρίζωμα.<sup>[46]</sup>

### 2.10.3 Το σπαράγγι ως τρόφιμο

Το σπαράγγι ως τρόφιμο είναι προικισμένο με εξαιρετικές ιδιότητες. Έχει διαιτητικές και ιδιαίτερα διουρητικές ιδιότητες. Το σπαράγγι δεν συνιστάται για ανθρώπους που έχουν ρευματισμούς, αρθριτικά, ποδάγρα και κυστίτιδες. Είναι υδατώδες λαχανικό και όταν είναι φρεσκοκομμένο περιέχει 90-95% νερό. Η σύνθεση του ποικίλει ανάλογα με το στάδιο συγκομιδής του.

• Νερό	93,7 - 94,5%
• Πρωτεΐνες	1,62 - 1,79%
• Λίπη	0,11 - 0,25%
• Μη αζωτούχες ουσίες	2,26 - 2,33%
• Ίνες	0,81 - 1,04%
• Τέφρα	0,54 - 0,70%

Η περιεκτικότητά του σε μεταλλικά στοιχεία σε 100 g φρέσκου σπαραγγιού είναι:

- Ασβέστιο 20mg
- Φώσφορος 60mg
- Σίδηρος 1mg

Η περιεκτικότητά του σε βιταμίνες είναι:

- Βιταμίνη B1 0,16 - 1,25mg
- Βιταμίνη B2 0,19 - 2,17mg
- Βιταμίνη B7 1,40mg
- Βιταμίνη C 30 - 33mg

Η κορυφή των βλαστών είναι πάντοτε πλούσια σε βιταμίνη C. Η συμπύκνωση στα παρακάτω συστατικά, στο βλαστό, ελαττώνεται πηγαίνοντας προς τη βάση του. Η φλούδα του σπαραγγιού είναι επίσης πιο πλούσια από την καρδιά. Κατά το βράσιμο η απώλεια των βιταμινών κυμαίνεται από 27-40%. Όσον αφορά τη θερμιδική αξία του προϊόντος θεωρείται χαμηλή και είναι 26 cal/100g σπαραγγιού.

*Πίνακας 2.8 Η σύσταση g/100 g σπαραγγιού κατά INRA*

Συστατικά	Λευκό	Βιολέ	Πράσινο
<b>Βάρος ξηρό</b>	5,00	7,50	5,00
<b>Τέφρα</b>	0,68	0,71	0,74
<b>Κάλιο</b>	0,38	0,40	0,42
<b>Νάτριο</b>	0,01	0,01	0,01
<b>Ασβέστιο</b>	0,03	0,04	0,05
<b>Μαγνήσιο</b>	0,24	0,26	0,26

*Πίνακας 2.9 mg ασκορβικού οξέος/100g φρέσκου σπαραγγιού*

Στάδιο συγκομιδής	Κορυφή βλαστού	Μέσον βλαστού	Βάση βλαστού
<b>Πράσινο</b>	121	68	60
<b>Βιολέ</b>	52	31	24
<b>Λευκό</b>	21	17	16

#### 2.10.4 Ποιότητα

Η ποιότητα των βλαστών σπαραγγιών είναι σύνθετη και πολύπλοκη έννοια. Περιλαμβάνει συνδυασμό χαρακτηριστικών, με βάση τα οποία οι βλαστοί κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες ποιότητας. Τα σπουδαιότερα ποιοτικά

χαρακτηριστικά του σπαραγγιού σχετίζονται με την εμφάνιση των βλαστών, την υφή και τη σύστασή τους.

Η εμφάνιση των βλαστών, αναφέρεται σε χαρακτηριστικά που παίζουν το σημαντικότερο ρόλο στη διαμόρφωση της ποιότητάς τους. Με βάση το χρώμα της κορυφής τα σπαραγγια κατατάσσονται σε: λευκά, βιολέ, πράσινα. Ποιοτικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με το μέγεθος των βλαστών είναι το μήκος και η διάμετρος. Με βάση το μήκος κατατάσσονται σε κοντά και επιμήκη, ενώ με βάση τη διάμετρο σε ψιλά και χοντρά. Οι βλαστοί θα πρέπει να είναι ίσιοι, χωρίς παραμορφώσεις με καλά κλειστά τα βράκτια φύλλα της κορυφής και κάθετη τομή στο σημείο κοπής. Τα χαρακτηριστικά της υφής και της σύστασης των βλαστών γίνονται αντιληπτά από τον καταναλωτή, αφού καταναλώσει το προϊόν. Τα τελευταία χρόνια, οι καταναλωτές δείχνουν ιδιαίτερη προτίμηση σε χαρακτηριστικά, που σχετίζονται με την υφή (σκληρότητα, τρυφερότητα), τη σύσταση (θρεπτική και διαιτητική αξία) και τέλος την υγιεινή κατάσταση (υπολείμματα φυτοφαρμάκων).<sup>[46]</sup>

#### 2.10.5 Μετασυλλεκτικές αλλαγές

Οι μεταβολές που παρατηρούνται στους βλαστούς σπαραγγιού μετά τη συγκομιδή και προκαλούν υποβάθμιση της ποιότητας, σχετίζονται με την εμφάνιση, την υφή και τη σύσταση των βλαστών, οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι:

- Απώλειες νερού, λόγω διαπνοής, με αποτέλεσμα την αφυδάτωση των βλαστών που οδηγεί σε απώλεια βάρους και αύξηση της σκληρότητας.
- Σύνθεση ανθοκυανινών με αποτέλεσμα την εμφάνιση βιολέ χρωματισμών στην κορυφή των βλαστών και απώλεια του λευκού χρώματος.
- Αλλαγές στην υφή, που περιλαμβάνουν σύνθεση λιγνίνης και απόθεσής της στις αγγειώδεις δεσμίδες, με αποτέλεσμα τη σκλήρυνση των βλαστών.<sup>[46]</sup>

### 2.10.6 Συντήρηση

Το σπαραγγί είναι από τα πλέον ευαλλοιώτα οπωροκηπευτικά προϊόντα και οι μεταβολικές διεργασίες που προκαλούν τη γήρανση, εξελίσσονται ταχύτατα μετά τη συγκομιδή, περιορίζονται έτσι τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής ζωής σε λίγες μόνο ημέρες.

Όλα τα στάδια διακίνησης του σπαραγγιού είναι ιδιαίτερα κρίσιμα στην προσπάθεια για περιορισμό της υποβάθμισης της ποιότητας των βλαστών και επιμήκυνση της ζωής τους. Όμως ιδιαίτερα κρίσιμες είναι οι πρώτες ώρες μετά τη συγκομιδή των βλαστών καθώς οι φυσιολογικές και βιοχημικές μεταβολές που παρατηρούνται βλαστούς κατά την περίοδο αυτή είναι εντονότερες σε σύγκριση με τις μεταβολές που παρατηρούνται κατά τη διατήρησή τους για μερικές ημέρες σε χαμηλές θερμοκρασίες. Οι έντονες αυτές μεταβολές είναι αποτέλεσμα της καταπόνησης που προκαλείται από τον τραυματισμό κατά τη συγκομιδή των βλαστών και της παραμονής τους στο φως και σε υψηλές θερμοκρασίες. Έτσι, η προστασία από την έκθεση στο φως και η γρήγορη πρόψυξη του προϊόντος, αμέσως μετά τη συγκομιδή, επιβραδύνουν αυτές τις μεταβολές και αποτελούν το κυριότερο μέσο για τον περιορισμό της υποβάθμισης της ποιότητας των βλαστών.

Η θερμοκρασία ασκεί σημαντική επίδραση στις μεταβολικές διεργασίες που παρατηρούνται στους βλαστούς κατά τις πρώτες ώρες μετά τη συγκομιδή και συντελούν στην υποβάθμιση της ποιότητας. Οι διαδικασίες αυτές εξελίσσονται αργά στις χαμηλές θερμοκρασίες και η σημασία της διατήρησης των βλαστών σε χαμηλή θερμοκρασία αμέσως μετά τη συγκομιδή είναι καλά τεκμηριωμένη. Έτσι προκύπτει επιτακτική η ανάγκη για άμεση πρόψυξη των βλαστών αμέσως μετά τη συγκομιδή τους.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, όταν οι βλαστοί σπαραγγιού τοποθετούνται στους ψυκτικούς θαλάμους κατά την παράδοσή τους στο συσκευαστήριο, απαιτούνται περισσότερες από 8h μέχρι να αποκτήσουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Αντίθετα, κατά την πρόψυξη με εμβάπτιση σε νερό, οι βλαστοί αποκτούν τη θερμοκρασία του νερού (2,5 °C) μέσα σε 15 min. Έτσι, η πρόψυξη συμβάλλει στη μείωση του χρόνου παραμονής των βλαστών σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες σε σύγκριση με την τοποθέτηση των βλαστών σε ψυκτικούς θαλάμους.

Η σημασία της θερμοκρασίας θα πρέπει να κατανοηθεί από όλους όσους ασχολούνται με τη διακίνηση του σπαραγγιού, γιατί είναι ο παράγοντας που

επηρεάζει όλες τις φυσιολογικές και βιοχημικές μεταβολές που παρατηρούνται στους βλαστούς του σπαραγγιού μετά τη συγκομιδή και συντελούν στην υποβάθμιση της ποιότητάς του. Έχει βρεθεί αρνητική συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας των θερμομονάδων που συσσωρεύονται στη διάρκεια των μετασυλλεκτικών χειρισμών και της ζωής των βλαστών σπαραγγιού.

Έτσι, έχει ιδιαίτερη σημασία η προσπάθεια για μείωση της διάρκειας εκείνων των σταδίων διακίνησης, που οι βλαστοί είναι εκτεθειμένοι σε υψηλές θερμοκρασίες και στο φως. Τα στάδια αυτά, αν και αντιπροσωπεύουν πολύ μικρό ποσοστό του συνολικού χρόνου διακίνησης του σπαραγγιού, συντελούν σημαντικά στην υποβάθμιση της ποιότητάς του.

Κατά τη διατήρηση των βλαστών σπαραγγιού, οι συνιστώμενες συνθήκες περιλαμβάνουν θερμοκρασίες 0-2,5 °C και RH>95%. Ωστόσο, θερμοκρασίες πολύ κοντά στους 0 °C θα πρέπει να αποφεύγονται, όταν η περίοδος διατήρησης είναι μεγαλύτερη από μία εβδομάδα, καθώς υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης ζημιών από χαμηλές θερμοκρασίες στην κορυφή των βλαστών. Σε θερμοκρασίες 2,5-5 °C για μικρής διάρκειας διατήρηση η υποβάθμιση της ποιότητας των βλαστών είναι περιορισμένη.

Σε όλα τα στάδια διακίνησης του σπαραγγιού, ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στη διατήρηση της σχετικής υγρασίας στο περιβάλλον των βλαστών σε επίπεδα >95%, ώστε να περιορίζονται σημαντικά οι απώλειες νερού από τους βλαστούς, λόγω της διαπνοής.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι, προσπάθεια για περιορισμό της υποβάθμισης της ποιότητας του σπαραγγιού, θα πρέπει να εφαρμόζεται στο χωράφι με πρόψυξη και προστασία των βλαστών από το φως, αμέσως μετά τη συγκομιδή. Στη συνέχεια οι βλαστοί θα πρέπει να μεταφέρονται το ταχύτερο δυνατό στο συσκευαστήριο και να διατηρούνται σε όλα τα στάδια διακίνησης σε περιβάλλον με χαμηλή θερμοκρασία και υψηλή σχετική υγρασία. Ωστόσο η πρακτική εφαρμογή των παραπάνω αποδεικνύεται ότι παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες.<sup>[46-47]</sup>

### 2.10.7 Συντήρηση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα

Ευνοϊκότερη συντήρηση των σπαραγγιών στο ψυγείο (+2°C ή +3°C γίνεται, σε μία ατμόσφαιρα του θαλάμου συντήρησης εμπλουτισμένη με άνυδρο διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Στην ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, τα σπαράγγια, διατηρούν ικανοποιητικά τη τρυφερότητα και φρεσκάδα τους, χωρίς αλλοιώσεις στη βάση και στις κεφαλές των σπαραγγιών. Η μέγιστη περιεκτικότητα σε CO<sub>2</sub>, θα πρέπει να κυμαίνεται από 18-15%.

Για να είναι ικανοποιητική η συντήρηση, πρέπει τα σπαράγγια να είναι φρέσκιας συγκομιδής. Η συντήρηση των σπαραγγιών στις αναφερόμενες συνθήκες μπορεί να διαρκέσει για πολλές ημέρες. Με αυτή τη μέθοδο συντήρησης τα σπαράγγια διατηρούν εξαιρετική εμπορική ποιότητα. Συμπερασματικά, τα σπαράγγια, πρέπει να εναποθηκεύονται σε δροσερό κρύο μέρος το ταχύτερο δυνατό μετά τη συγκομιδή, για να διατηρήσουν την ποιότητά τους.<sup>[33]</sup>

### 2.10.8 Ειδικές πληροφορίες συντήρησης

Το σπαράγγι, μετά τη συγκομιδή, παρουσιάζει έντονη αναπνοή και διαπνοή, με αποτέλεσμα την αφυδάτωση και συρρίκνωση των βλαστών, αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο απώλειας υγρασίας ανέρχεται στο 8%.

Επίσης, το λευκό σπαράγγι μόλις έρθει σε επαφή με το φως αναπτύσσει ανθοκυάνες - μωβ χρώμα (βιολέ σπαράγγι), το οποίο χρώμα καθιστά το σπαράγγι υποδεέστερης ποιότητας.

Το πράσινο σπαράγγι μετά τη συγκομιδή παρουσιάζει κύρτωση (αρνητική γεωτροπισμική κλίση), η οποία βρέθηκε ότι αναστέλλεται με τη σύντομη έκθεση του σπαραγγιού σε θερμό νερό. Ειδικότερα, το σπαράγγι τοποθετείται σε νερό θερμοκρασίας 47,5° επί 2-5 min και στη συνέχεια ψύχεται σε θερμοκρασία συντήρησης όσο πιο γρήγορα γίνεται. Η θερμοκρασία του νερού μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 45° για περισσότερο από 5 min και 50° επί 2,5 min ή και λιγότερο. Η θερμοκρασία και η διάρκεια ρυθμίζονται ανάλογα με το πάχος του σπαραγγιού. Μικρής διαμέτρου σπαράγγια χρειάζονται συντομότερη έκθεση ή χαμηλότερη θερμοκρασία συγκριτικά με μεγαλύτερης διαμέτρου σπαράγγια.

Μετά τη συγκομιδή ο βλαστός συνεχίζει να σχηματίζει λιγνίνη, με αποτέλεσμα τη σκλήρυνση των ιστών του βλαστού, γεγονός που οδηγεί στην υποβάθμιση της ποιότητας του σπαραγγιού.

Η μείωση της περιεκτικότητας σε βιταμίνης C είναι ένα άλλο χαρακτηριστικό της μετασυλλεκτικής ζωής του σπαραγγιού.

Για όλα τα παραπάνω οι βλαστοί μετά τη συγκομιδή πρέπει να προψύχονται και να μεταφέρονται όσο πιο γρήγορα γίνεται υπό συνθήκες σκότους, χαμηλής θερμοκρασίας και υψηλής σχετικής υγρασίας (1-2 °C και RH > 95%).

Συνθήκες ελεγχόμενης ατμόσφαιρας ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας με συγκέντρωση 19% O<sub>2</sub> και 5-8% CO<sub>2</sub> περιορίζουν την υποβάθμιση της ποιότητας του λευκού σπαραγγιού.<sup>[33]</sup>

#### **2.10.9 Εφαρμογές εδώδιμων επικαλύψεων σε σπαράγγια**

Έχει μελετηθεί η επίδραση των εδώδιμων επικαλύψεων στην ποιότητα των λευκών σπαραγγιών κατά τη συντήρησή τους σε ψύξη (4°C). Οι επικαλύψεις που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν το HPMC, εστέρες λιπαρών οξέων, το WPI μόνο του ή σε συνδυασμό με στεατικό οξύ και πολουλάνη. Η χρήση των εδώδιμων επικαλυπτικών είχε θετικό αντίκτυπο στην ποιότητα των σπαραγγιών, επιβραδύνοντας την απώλεια υγρασίας, μειώνοντας τη σκληρότητα και επιβραδύνοντας την ανάπτυξη κόκκινου χρώματος. Ο συνδυασμός συσκευασίας και εδώδιμων μεμβρανών δεν προσέφερε κανένα πρόσθετο πλεονέκτημα στα σπαράγγια, εκτός από το γεγονός ότι το προϊόν ήταν φωτεινότερο στο μεσαίο τμήμα του κορμού σε σχέση με τα συσκευασμένα σπαράγγια χωρίς επικάλυψη.<sup>[52]</sup>

Επίσης, μελετήθηκε η επίδραση του συνδυασμού νανοσωματιδίων αργυρού και PVP, ως επικάλυψη σε σπαράγγια, στην απώλεια βάρους, το ασκορβικό οξύ, την ολική χλωροφύλλη, το χρώμα, την υφή και το μικροβιακό φορτίο, αποθηκευμένα στους 2 και 10 °C. κατά τη διάρκεια των 25 ημερών που αποθηκεύτηκαν τα σπαράγγια, τα επικαλυμμένα σπαράγγια εμφάνισαν χαμηλότερη απώλεια βάρους, πιο πράσινο χρώμα και διατήρηση της υφής τους σε σχέση με τα τυφλά δείγματα.<sup>[60]</sup>



## 3 Πειραματικό μέρος

### 3.1 Σκοπός

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της υποβάθμισης των ποιοτικών χαρακτηριστικών της φρέσκιας, ολόκληρης και τεμαχισμένης φράουλας και των φρέσκων σπαραγγιών κατά τη συντήρηση με χρήση εδώδιμων επικαλυπτικών σε συνδυασμό με ψύξη.

### 3.2 Υλικά και μέθοδοι

#### 3.2.1 Πρώτες ύλες

Χρησιμοποιήθηκαν φράουλες ελληνικής παραγωγής, ποικιλίας *Fragaria X ananassa*. Οι φράουλες χρησιμοποιήθηκαν αμέσως μετά την αγορά τους και ελάχιστες ημέρες μετά τη συλλογή τους.

Χρησιμοποιήθηκαν πράσινα σπαράγγια εισαγωγής τα οποία αγοράστηκαν από τοπικό κατάστημα. Τα σπαράγγια χρησιμοποιήθηκαν αμέσως μετά την αγορά τους. Από τα σπαράγγια αφαιρέθηκε το κατώτερο (λευκό) τμήμα των σπαραγγιών το οποίο και συνήθως δεν καταναλώνεται. Η μελέτη χωρίστηκε σε δύο μέρη το άνθος και τον κορμό.

Για τη συσκευασία των δειγμάτων φράουλας για τη μελέτη της συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα χρησιμοποιήθηκε το υλικό συσκευασίας PET/Alu/PE (12μm/7μm/80μm).

Τα επικαλυπτικά που χρησιμοποιήθηκαν και οι πρόσθετες σε αυτά ουσίες είναι τα εξής:

- Χιτοζάνη (ALDRICH, Chitosan high molecular weight)
- HPMC – υδρόξυ-προπυλομέθυλο-κυτταρίνη (DOW Methocel, F4MFG(464))

- Οξικό οξύ (PANCREAC, Acetic Acid glacial)
- Κιτρικό οξύ (PANCREAC, Citric Acid 1-hydrate)
- Αιθανόλη (εμπορίου καθαρής μορφής)

### 3.2.2 Πειραματική διαδικασία

Οι φράουλες και τα σπαράγγια πλένονται επιμελώς και κάποιες από τις φράουλες κόβονται στη μέση κατά μήκος του άξονα του φρούτου, για τη μελέτη της κομμένης φράουλας. Ζυγίζονται ανά 3 τεμάχια για τις ολόκληρες φράουλες ή τα σπαράγγια και ανά 6 για τις κομμένες. Οι φράουλες και τα σπαράγγια που προορίζονται για τυφλά δείγματα ξεπλένονται με απιονισμένο νερό και αφού στεγνώσουν τοποθετούνται πλαστικά κεσεδάκια και κλείνονται με μεμβράνη για τρόφιμα, ή σε ειδική συσκευασία όταν πρόκειται για συνδυασμό μελέτης με τροποποιημένη ατμόσφαιρα ή σε κενό. Ακολουθεί η εμφύσηση των υπόλοιπων δειγμάτων. Τα δείγματα εμφυπίζονται για 30s και αφήνονται σε λεία επιφάνεια ή σε σχάρα για 1-2 h μέχρι να στεγνώσουν όσο το δυνατόν περισσότερο. Όταν τα δείγματα είναι έτοιμα να τοποθετηθούν στην εκάστοτε συσκευασία ζυγίζονται πάλι, με ακρίβεια 2 δεκαδικών ψηφίων, για να προσδιοριστεί η ποσότητα του υγρού που απορροφήθηκε. Τοποθετούνται 4 δείγματα κάθε φορά. Τα δείγματα τοποθετούνται στο ψυγείο. Η έξοδος των δειγμάτων γίνεται κάθε μέρα για τις κομμένες φράουλες και σε αραιότερα διαστήματα για τις ολόκληρες και τα σπαράγγια και πραγματοποιούνται μετρήσεις για χρώμα, ενεργότητα, υγρασία, βιταμίνη C, pH και οργανοληπτική ανάλυση για τις φράουλες και βάρος, χρώμα, υφή και οργανοληπτική ανάλυση για τα σπαράγγια.

### 3.2.3 Παρασκευή επικαλυπτικών

Για τις φράουλες παρασκευάστηκαν 4 επικαλυπτικά η σύσταση των οποίων είναι η εξής:

- 1% χιτοζάνη + 1% HPMC
- 1,5% χιτοζάνη διαλυμένη σε υδατικό διάλυμα οξικού οξέος 1,5%
- 1,5% χιτοζάνη διαλυμένη σε υδατικό διάλυμα κιτρικού οξέος 1,5%
- 2% HPMC διαλυμένο σε υδατικό διάλυμα αιθυλικής αλκοόλης

Για τα σπαραγγια παρασκευάστηκαν 4 επικαλυπτικά η σύσταση των οποίων είναι η εξής:

- 1,5% χιτοζάνη διαλυμένη σε υδατικό διάλυμα οξικού οξέος 1,5%
- 2% HPMC διαλυμένο σε υδατικό διάλυμα αιθυλικής αλκοόλης
- Μείγμα χιτοζάνης – HPMC σε αναλογία 7:3
- Μείγμα χιτοζάνης – HPMC σε αναλογία 3:7

#### *3.2.3.1 Χιτοζάνη 1,5% (οξικό οξύ 1,5%)*

Διάλυμα 1,5% χιτοζάνης παρασκευάσθηκε ύστερα από προσθήκη χιτοζάνης σε υδατικό διάλυμα 1,5-2% οξικού οξέος. Η ανάμιξη έγινε υπό έντονη ανάδευση για τουλάχιστον 4h, ενώ στη συνέχεια το μείγμα τοποθετήθηκε στο ψυγείο μέχρι το επόμενο πρωί, προκειμένου να διαλυθούν και τα τελευταία ίχνη χιτοζάνης, οπότε και ήταν έτοιμο προς χρήση.

#### *3.2.3.2 Χιτοζάνη 1,5% (κιτρικό οξύ 1,5%)*

Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία όπως και προηγουμένως, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιήθηκε υδατικό διάλυμα κιτρικού οξέος 1,5-2%.

#### *3.2.3.3 HPMC 2%*

Παρασκευάστηκε υδατικό διάλυμα αιθυλικής αλκοόλης 50% το οποίο θερμάνθηκε και η θερμοκρασία του διατηρήθηκε σταθερή στους ~60°C. Υπό έντονη ανάδευση, προστέθηκε σταδιακά ποσότητα HPMC και η ανάδευση συνεχίστηκε μέχρι πλήρους διάλυσης του HPMC. Το διάλυμα τοποθετήθηκε, στη συνέχεια, στο ψυγείο μέχρι την επόμενη ημέρα. Πριν τη χρήση του το διάλυμα αφήνεται να αποκτήσει θερμοκρασία περιβάλλοντος.

#### 3.2.3.4 1% χιτοζάνη και 1%HPMC

Παρασκευάστηκαν διαλύματα χιτοζάνης 2% (σε διάλυμα οξικού οξέος 2%) και HPMC 2% ακολουθώντας τις παραπάνω διαδικασίες. Τα δύο διαλύματα αναμείχθηκαν υπό έντονη ανάδευσης έως ότου προκύψει ένα ομογενοποιημένο μείγμα.

#### 3.2.4 Μέθοδος ψύξης

Για την ψύξη χρησιμοποιήθηκε κοινό ψυγείο οικιακής χρήσης. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε θερμοκρασία  $2\pm 1$  °C.

### 3.3 Αναλύσεις – μετρήσεις

#### 3.3.1 Μεταβολή βάρους

Η απώλεια βάρους των εξεταζόμενων δειγμάτων προέκυψε ύστερα από ζύγιση αυτών σε αναλυτικό ζυγό ακριβείας,  $\pm 0,0001g$ . Τα αποτελέσματα σε κάθε περίπτωση εκφράστηκαν ως % μεταβολή βάρους, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα δύο δεκαδικά ψηφία της μέτρησης ως σημαντικά (αξιοπιστία). Στην περίπτωση των επικαλυμμένων δειγμάτων, η % μεταβολή του βάρους εκφράστηκε ως προς το αρχικό βάρος των δειγμάτων μετά την επικάλυψη.

#### 3.3.2 Χρώμα

Για τη μέτρηση του χρώματος της επιφάνειας ή του εσωτερικού των φραουλών χρησιμοποιήθηκε χρωματόμετρο Minolta Chromatometer CR-200, Japan. Από την ανάλυση προκύπτουν τρεις συντεταγμένες  $L^*$ ,  $a^*$  και  $b^*$  του τρισδιάστατου χρωματικού χώρου CIE 1978. Το χρωματόμετρο ρυθμίστηκε με μία λευκή πρότυπη πλάκα ( $L^*= 97.47$ ,  $a^*= -0.20$ ,  $b^*= +1.73$ ) πριν τις μετρήσεις. Το  $L^*$  αντιστοιχεί στη φωτεινότητα, το  $a^*$  στη κόκκινη προς πράσινη χρωματική και  $b^*$  στην κίτρινη προς τη μπλε χρωματική παράμετρο. Αντικείμενο μελέτης αποτέλεσε και το χρώμα

$(C=(a^2+b^2)^{1/2})$ . Τρία δείγματα εξετάζονται εξωτερικά, οπότε καθορίζεται ο μέσος όρος τριών μετρήσεων

Μετρήθηκε η μεταβολή του συνολικού χρώματος του δείγματος σε σχέση με το χρόνο και αντίστοιχα η μεταβολή του συνολικού χρώματος του τυφλού δείγματος.

### 3.3.3 Υγρασία

Σε φιαλίδια ζύγισης τοποθετούνται δείγματα φράουλας ( $\approx 3,00$  g), τοποθετούνται σε φούρνο ξήρανσης στους  $103^\circ\text{C}$  μέχρι σταθερού βάρους (24 h πρακτικά). Η υγρασία δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Υγρασία (\%)} = \frac{m_0 - m_x \times 100}{m_0}$$

όπου:  $m_0$ : η αρχική μάζα σε g του δείγματος

$m$ : η τελική μάζα σε g

Μετρήθηκε επίσης η μεταβολή της υγρασίας του δείγματος συγκριτικά με τη μεταβολή της υγρασίας του τυφλού δείγματος.

### 3.3.4 Υφή

Για την εκτίμηση της σκληρότητας των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής υφής Texture Analyser XT2 Stable Microsystems στον οποίο προσαρμόστηκε λεπίδα κοπής. Τα δείγματα τοποθετούνται στο κέντρο της υποδοχής του οργάνου και τέμνονται εγκάρσια.

Μετρήθηκε η μεταβολή της σκληρότητας του δείγματος συγκριτικά τη μεταβολή της σκληρότητας του τυφλού δείγματος με την πάροδο του χρόνου.

### 3.3.5 Ενεργότητα νερού

Η μέτρηση της ενεργότητας του νερού πραγματοποιήθηκε με το μετρητή ενεργότητας νερού AquaLab Pa<sub>w</sub>kit. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η προσθήκη μικρής ποσότητας του δείγματος σε ένα μεταλλικό μικρό δοχείο και ακολούθησε καταγραφή της ενεργότητας του ατμού στην οθόνη του οργάνου. Πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις για κάθε δείγμα και η τελική τιμή της ενεργότητας του νερού υπολογίστηκε ως ο αριθμητικός μέσος των τριών τιμών. Καταγράφηκε επίσης η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (η τιμή της ήταν επίσης καταγεγραμμένη στην οθόνη του μηχανήματος).

### 3.3.6 pH

Οι φράουλες κόβονται σε μικρά κομμάτια και ομογενοποιούνται σε έναν μύλο. Περίπου 5g φράουλας διαλύονται σε 50ml απιονισμένου νερού. Το pH μετράται με χρήση ηλεκτρονικού πεχαμέτρου.

### 3.3.7 Βιταμίνη C

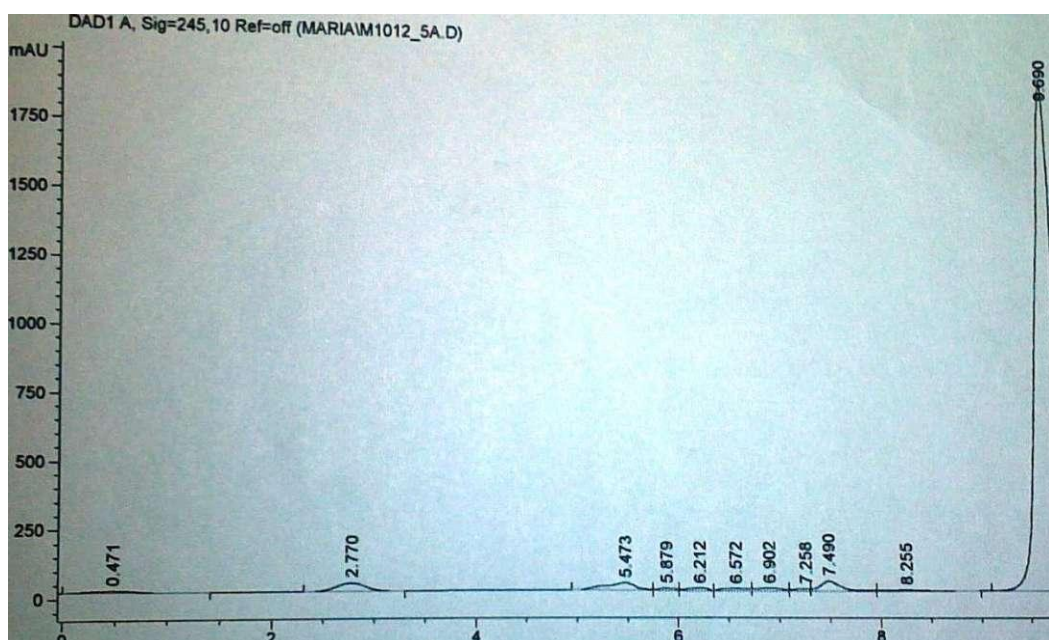
Η βιταμίνη C προσδιορίστηκε με τη βοήθεια της χρωματογραφικής μεθόδου με υγρή χρωματογραφία HPLC [Oruna-Concha and others (1998)].

Πιο συγκεκριμένα, 5 g του ομογενοποιημένου δείγματος αναδεύονται μηχανικά με μαγνητικό αναδευτήρα σε 15 mL διαλύματος 4.5% κ.β. μεταφωσφορικού οξέος για 15 min. Το μίγμα στη συνέχεια διηθείται υπό κενό και αραιώνεται με νερό HPLC (Merck, Darmstadt, Germany). Ο τελικός ολικός όγκος του αραιωμένου μίγματος μετριέται και σημειώνεται, ενώ ένα μικρό δείγμα διηθείται με φίλτρα Acrodisc 0,45 μm, προκειμένου να εισαχθεί, με τη βοήθεια κατάλληλης σύριγγας (σύριγγα των 50μL, Agilent, Australia) στη χρωματογραφική στήλη. Όσον αφορά στο χρωματογραφικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε, αυτό ανήκει στη σειρά HP series 1100 (με βαθμωτή αντλία τεσσάρων καναλιών, απαερωτή κενού, στήλη Hypersil ODS, C-18 ανάστροφης φάσης με 5 μm μέγεθος σωματιδίων, βρόγχο όπου πραγματοποιείται η «ένεση» Rheodyne 20 μL injection loop, ανιχνευτή Diode Array) και συνεργάζεται με αντίστοιχο λογισμικό της HP, το HPChemStation. Για τη συγκεκριμένη ανάλυση, η κινητή φάση που χρησιμοποιήθηκε ήταν νερό HPLC

(Merck, Darmstadt, Germany) με προσθήκη ελάχιστων κρυστάλλων μεταφωσφορικού οξέος (Merck, Darmstadt, Germany), μέχρι το pH να φτάσει την τιμή 2.2, ενώ η ανίχνευση του L-ασκορβικού οξέος γίνεται στα 245 nm. Για τον ποσοτικό προσδιορισμό του L-ασκορβικού οξέος, κατασκευάστηκε καμπύλη βαθμονόμησης με πρότυπα διαλύματα L-ασκορβικού οξέος (Merck, Darmstadt, Germany) και η γραμμική εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε ήταν η εξής:

$$\gamma \text{ (mAU)} = 108.1516 \cdot x \text{ (mg/L)}$$

Στο σχήμα δίνεται ένα ενδεικτικό χρωματογράφημα, όπου φαίνεται η έκλυση του L- ασκορβικού οξέος στα 9.690 min και η ανίχνευση του στα 245 nm από τον ανιχνευτή Diode Array.



Εικόνα 3-1 Χαρακτηριστικό χρωματογράφημα HPLC για την ανίχνευση και την ποσοτικοποίηση L- ασκορβικού οξέος (έκλυση του L-ασκορβικού οξέος στα 9.69 min).

### 3.3.8 Οργανοληπτική εξέταση

Η οργανοληπτική εξέταση, βασίστηκε στη γενικότερη οπτική εμφάνιση, χρώμα και εμφανισιακή ακεραιότητα, και αξιολογήθηκε σε μία κλίμακα 1-10. Η βαθμολογία ήταν με βάση την αρέσκεια: (10) πολύ καλό, (7) καλό, (5)

μέτριο/ικανοποιητικό, (3) κακό, (1) πολύ κακό. Η βάση για ένα αποδεκτό φρούτο ήταν το (5). Η οργανοληπτική εξέταση του κάθε δείγματος γινόταν από τουλάχιστον 3 άτομα κάθε φορά. Αξιολογήθηκαν μόνο φρούτα που δεν εμφάνιζαν σημάδια αποσύνθεσης. Τα έντυπα οργανοληπτικού ελέγχου που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία παρουσιάζονται παρακάτω.



Έντυπο οργανοληπτικής εξέτασης φράουλας.

Χαρακτηριστικό		Κωδικοί δειγμάτων						
		A	B	Γ	Δ	Ε	Z	H
Εμφάνιση - Σχήμα	κανονικό							
	ανώμαλη επιφάνεια							
	Γυαλάδα/ στιλπνότητα							
	ανίχνευση επικαλυπτικού							
	στίγματα							
	συρρίκνωση							
Χρώμα	κανονικό							
	αλλοιωμένο							
Υφή (με το χέρι)	σκληρή							
	υγρασία							
	διαχωρισμός φλοιού - σάρκας							
Υφή (στο στόμα)	σκληρή							
	νωπή							
	διαχωρισμός φλοιού - σάρκας							
Γεύση	ικανοποιητική							
	ανίχνευση επικαλυπτικού							
	πικρή							
	αλλοιωμένη							
	όξινη							
Άρωμα	ικανοποιητικό							
	αλλοιωμένο							
	ανίχνευση επικαλυπτικού							
Αλλοίωση	εμφανής							
Σύνολο	αρέσκεια							
Παρατηρήσεις								

ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ - ΣΠΑΡΑΓΓΙ							
Χαρακτηριστικό		A ωμό	A μαγειρ	B ωμό	B μαγειρ	C ωμό	C μαγειρ
Εμφάνιση Σχήμα (άκρο)	ικανοποιητικό						
	ανίχνευση επικαλυπτικού						
	συρρίκνωση						
Εμφάνιση Σχήμα (στέλεχος)	ικανοποιητικό						
	ανίχνευση επικαλυπτικού						
	συρρίκνωση						
Χρώμα (άκρο)	πράσινο						
	μαύρο						
Χρώμα (στέλεχος)	πράσινο						
	μαύρο						
Υφή (μαχαίρι)	εγκάρσια						
	κατά μήκος						
Υφή (χέρι)	νωπότητα						
Οσμή	ικανοποιητική						
	αλλοιωμένη						
	ανίχνευση επικαλυπτικού						
Υφή (στόμα) (άκρο)	σκληρότητα						
	νωπότητα						
Υφή (στόμα) (στέλεχος)	σκληρότητα						
	νωπότητα						
Γεύση (άκρο)	ικανοποιητική						
	αρωματική						
	ξινή						
	ανίχνευση επικαλυπτικού						
	αλλοιωμένη						
	πικρή						
Γεύση (στέλεχος)	ικανοποιητική						
	αρωματική						
	ξινή						
	ανίχνευση επικαλυπτικού						
	αλλοιωμένη						
	πικρή						
Άρωμα	ικανοποιητικό						
	αλλοιωμένο						
	ανίχνευση επικαλυπτικού						
Αλλοίωση	(άκρο)						
	(στέλεχος)						
Σύνολο	(άκρο)						
	(στέλεχος)						
Παρατηρήσεις							

10: Πάρα πολύ, 5: Μέτριο, 1: Πολύ λίγο

### 3.3.9 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με χρήση μονόδρομης ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA), με χρήση της εφαρμογής STATISTICA (StatSoft. Inc).

## 3.4 Σχεδιασμός πειραμάτων

Πραγματοποιήθηκαν 9 σειρές πειραμάτων: τα τέσσερα από αυτά περιελάμβαναν την ταυτόχρονη μελέτη μίας ή δύο ξεχωριστών επικαλύψεων σε φράουλες σε συνδυασμό με ένα δείγμα ελέγχου, ενώ αντίστοιχα, άλλα τρία αφορούσαν τη μελέτη σπαραγγιών.

Για την πραγματοποίηση των προαναφερθεισών μετρήσεων ποιότητας (καταστροφικές και μη), τα δείγματα τοποθετούνταν όλα μαζί την αρχική ημέρα 0 σε ψύξη, και εξέρχονταν από την αποθήκευση το καθένα χωριστά την ημέρα που είχε προγραμματιστεί.

Ως σειρές πειραμάτων ονομάζονται τα είδη επεξεργασίας των τεμαχίων φράουλας και σπαραγγιών που εξετάστηκαν ταυτόχρονα.

Για τις φράουλες:

- Σειρά 1. Επικάλυψη χιτοζάνης, συγκέντρωσης 1,5%, διαλυμένη σε υδατικό διάλυμα οξικού οξέος, συγκέντρωσης 1,5%.
- Σειρά 2. Επικάλυψη χιτοζάνης, συγκέντρωσης 1,5%, διαλυμένη σε υδατικό διάλυμα κιτρικού οξέος, συγκέντρωσης 1,5%.
- Σειρά 3. Επικάλυψη ΗΡΜC, συγκέντρωσης 2%.
- Σειρά 4. Επικάλυψη μείγματος χιτοζάνης-ΗΡΜC, συγκέντρωσης 1% έκαστο.

Για τα σπαραγγια:

- Σειρά 1. Επικάλυψη χιτοζάνης, συγκέντρωσης 1,5%, διαλυμένη σε υδατικό διάλυμα οξικού οξέος, συγκέντρωσης 1,5%.
- Σειρά 2. Επικάλυψη ΗΡΜC, συγκέντρωσης 2%.
- Σειρά 3. Επικάλυψη χιτοζάνης, συγκέντρωσης 2%, διαλυμένη σε υδατικό διάλυμα οξικού οξέος, συγκέντρωσης 2%.
- Σειρά 4. Επικάλυψη μείγματος χιτοζάνης-ΗΡΜC, συγκέντρωσης 1% έκαστο, σε αναλογία 7:3.
- Σειρά 5. Επικάλυψη μείγματος χιτοζάνης-ΗΡΜC, συγκέντρωσης 1% έκαστο, σε αναλογία 3:7.

#### 4 Αποτελέσματα – Επεξεργασία – Συζήτηση

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων, όσον αφορά την υποβάθμιση της ποιότητας των τεμαχίων φράουλας και σπαραγγιών με την πάροδο του χρόνου, κατά την αποθήκευση του υπό ψύξη. Μεγαλύτερη σπουδαιότητα δόθηκε στα εξής τρία ποιοτικά χαρακτηριστικά: 1) τη μεταβολή του βάρους, 2) τη μεταβολή του χρώματος (φωτεινότητα και ολικό χρώμα) και 3) οργανοληπτική αξιολόγηση. Τα υπόλοιπα μετρούμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά (pH, ενεργότητα κλπ) παρουσίασαν πολύ μικρές διακυμάνσεις ως προς το χρόνο αποθήκευσης, καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων, που εμπίπτουν εντός της περιοχής διακύμανσης του ίδιου δείγματος την αρχική ημέρα, πράγμα που έκανε αδύνατη την οποιαδήποτε επεξεργασία τους. Ίσως το πρόβλημα λυνόταν με ένα πολύ μεγαλύτερο πλήθος δειγμάτων, το οποίο όμως δεν έγινε για πρακτικούς λόγους. Έτσι κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται αναφορά μόνο στο εύρος τιμών στο οποίο κυμάνθηκε η καθεμία από τις παραμέτρους, για κάθε εξεταζόμενη κατηγορία δειγμάτων και καθ' όλη τη χρονική διάρκεια συντήρησης.

Η σύγκριση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των διαφορετικά επεξεργασμένων δειγμάτων, μέσα στις σειρές πειραμάτων, την ίδια χρονική στιγμή γίνεται με τη βοήθεια της στατιστικής ανάλυσης και συγκεκριμένα με χρήση της ανάλυσης διακύμανσης. Όσον αφορά το βάρος, καλύτερο θεωρείται το δείγμα που έχει τη μικρότερη απώλεια βάρους, την ίδια χρονική στιγμή με τα υπόλοιπα και γενικότερα εκείνη η κατηγορία δειγμάτων που παρουσιάζει συγκεκριμένη απώλεια βάρους όσο το δυνατόν αργότερα. Επίσης η απώλεια υγρασίας οδηγεί σε μαλάκωμα της υφής των προϊόντων και επομένως μείωση της σκληρότητάς τους. Στο χρώμα εξετάζονται δύο παράμετροι όπως προαναφέρθηκε: α) η φωτεινότητα ( $L^*$ ), η οποία μειώνεται με την πάροδο του χρόνου καθώς το προϊόν υποβαθμίζεται (σκουραίνει).

Στη συνέχεια ακολουθεί η αναλυτική παρουσίαση των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε όλες τις σειρές πειραμάτων, εκτός της σειράς με επικάλυψη πρωτεΐνης ορού γάλακτος σε φράουλες, η οποία παρουσίασε ταχύτατη αλλοίωση των κομμένων και ολόκληρων δειγμάτων, και διακόπηκε η μελέτη τους και η περαιτέρω ανάλυση.

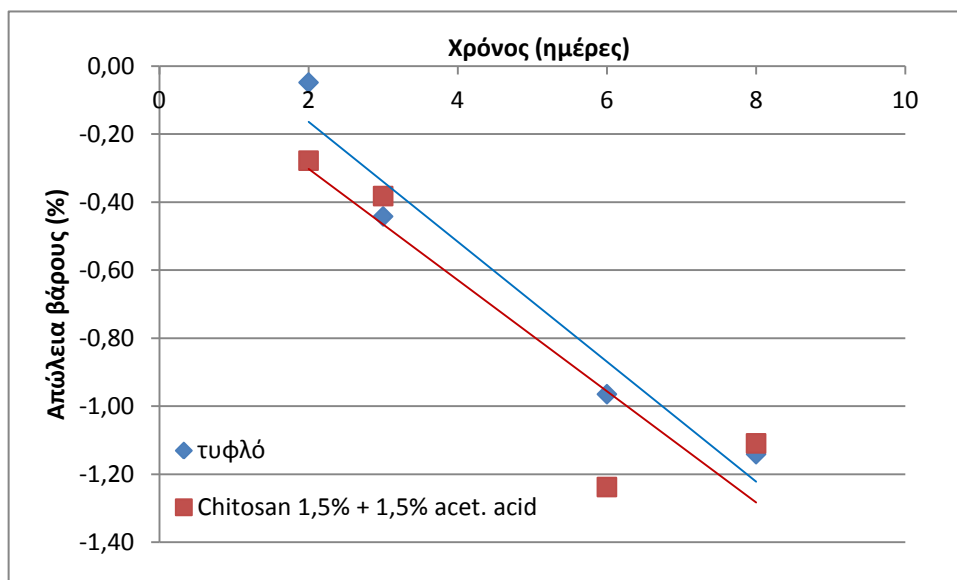
## 4.1 Φράουλα

### 4.1.1 Μεταβολή βάρους

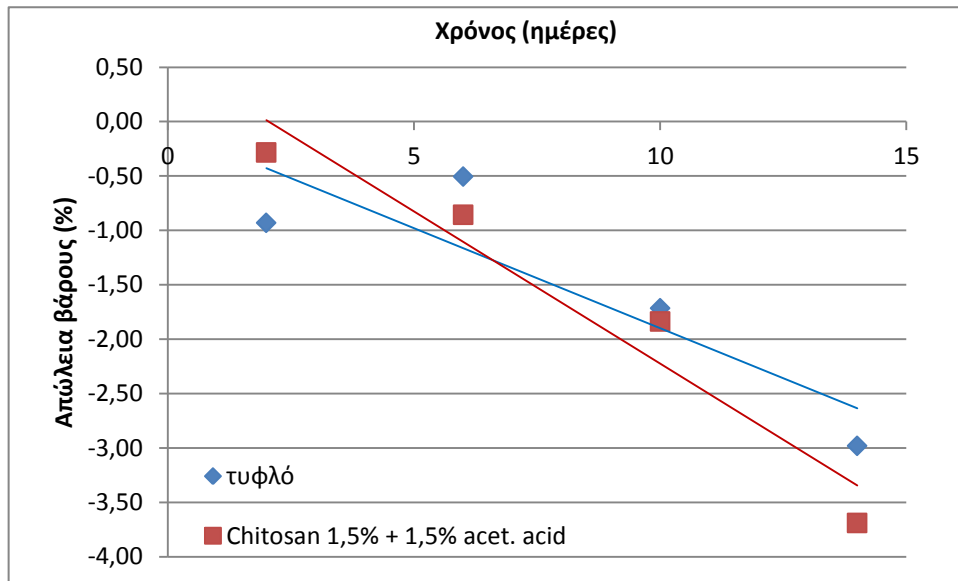
Στην ενότητα αυτή γίνεται σύγκριση της μεταβολής βάρους των τυφλών και των επικαλυμμένων δειγμάτων φράουλας, ολόκληρων και τεμαχισμένων.

#### 4.1.1.1 Χιτοζάνη 1,5% (οξικό οξύ 1.5%)

Διάγραμμα 4.1 Απώλεια βάρους ολόκληρων δειγμάτων φράουλας, επικαλυμμένα με χιτοζάνη, συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.

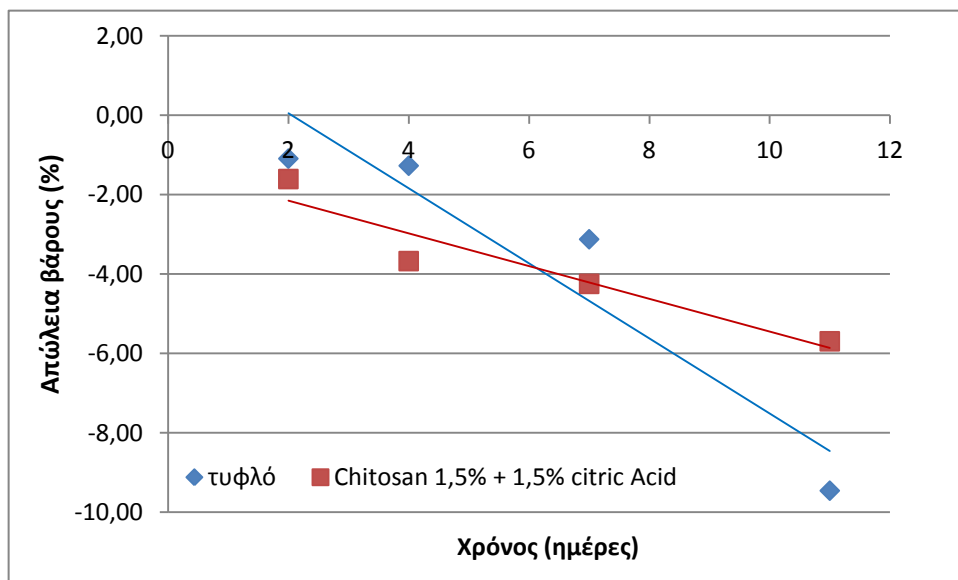


Διάγραμμα 4.2 Απώλεια βάρους τεμαχισμένων δειγμάτων φράουλας, επικαλυμμένα με χιτοζάνη, συναρτήσεϊ του χρόνου αποθήκευσης.

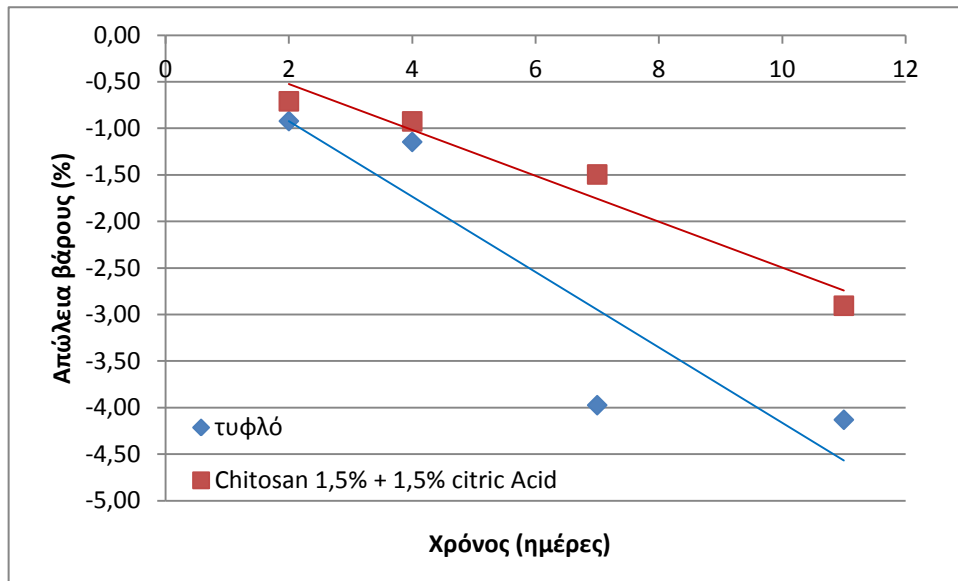


#### 4.1.1.2 Χιτοζάνη 1.5% (κιτρικό οξύ 1,5%)

Διάγραμμα 4.3 Απώλεια βάρους ολόκληρων δειγμάτων φράουλας, επικαλυμμένα με χιτοζάνη, συναρτήσεϊ του χρόνου αποθήκευσης.

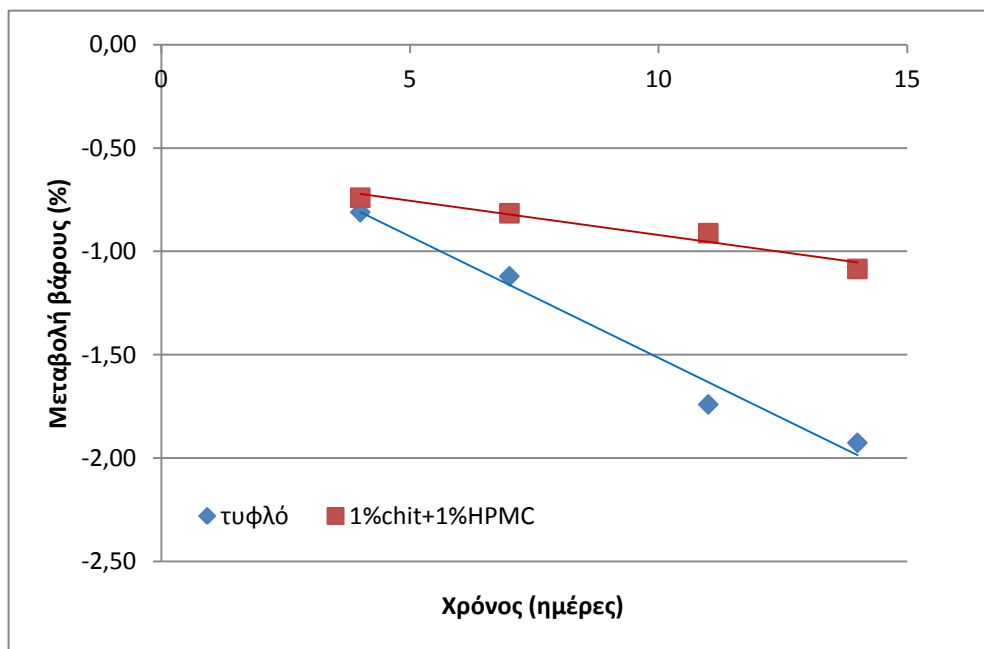


Διάγραμμα 4.4 Απώλεια βάρους τεμαχισμένων δειγμάτων φράουλας, επικαλυμμένα με χιτοζάνη, συναρτήσεσι του χρόνου αποθήκευσης.



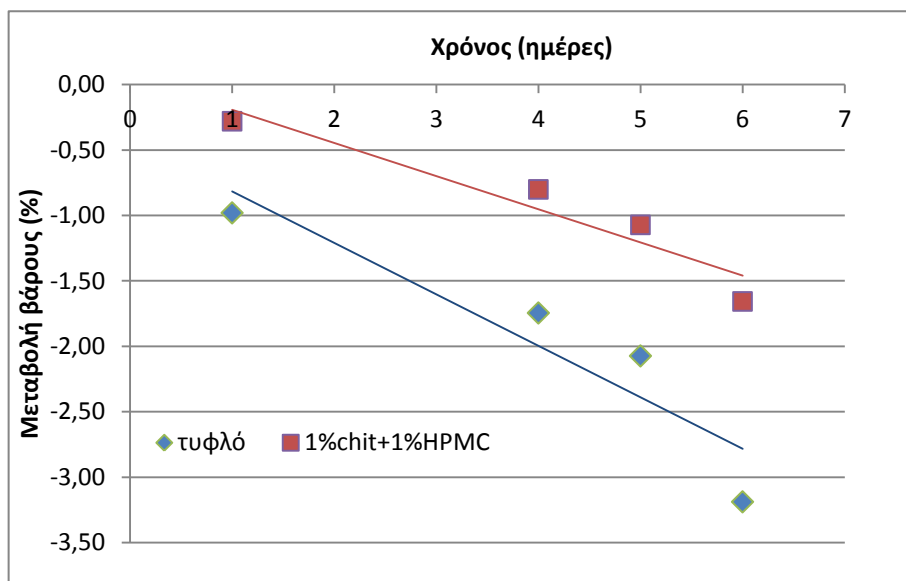
#### 4.1.1.3 Χιτοζάνη 1% + HPMC 1%

Διάγραμμα 4.5 Απώλεια βάρους ολόκληρων δειγμάτων φράουλας, επικαλυμμένα με χιτοζάνη, συναρτήσεσι του χρόνου αποθήκευσης.





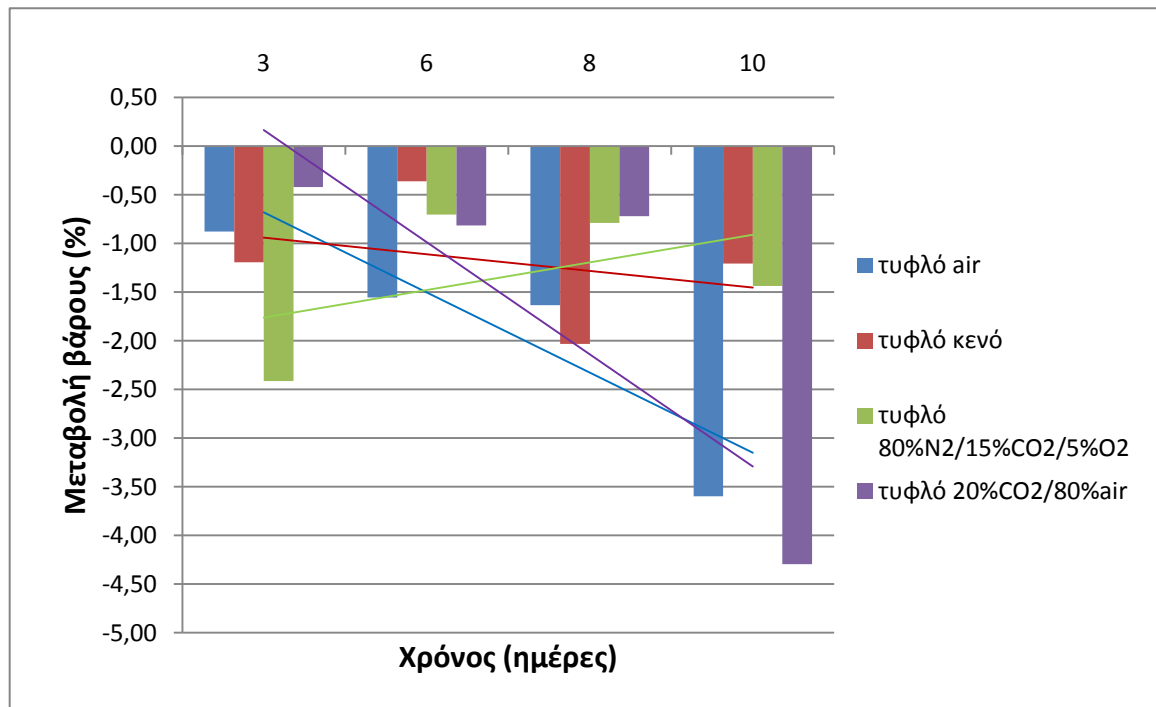
Διάγραμμα 4.6 Απώλεια βάρους τεμαχισμένων δειγμάτων φράουλας, επικαλυμμένα με χιτοζάνη, συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.



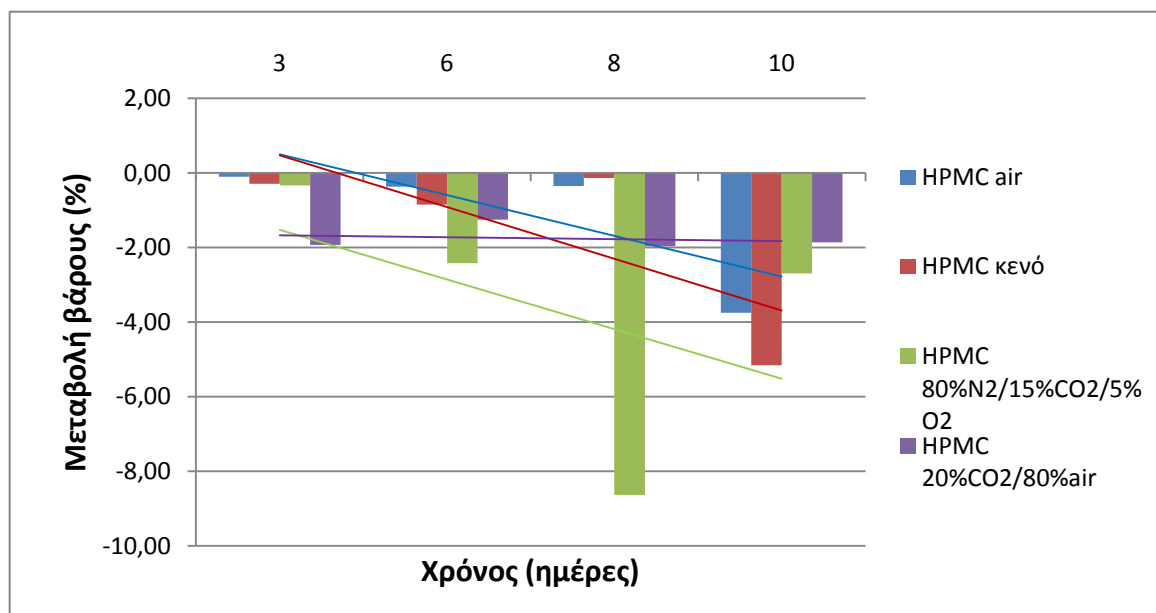
Παρατηρώντας τα διαγράμματα 4.1 έως 4.6 προκύπτει, κατά κανόνα, ότι η απώλεια βάρους στις επικαλυμμένες φράουλες είναι μικρότερη από ότι στα τυφλά δείγματα. Ειδικότερα, διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των τεμαχισμένων δειγμάτων καθώς τα επικαλυμμένα δείγματα εμφανίζουν σαφώς μικρότερο ρυθμό απώλειας βάρους (διαγράμματα 4.4 και 4.6). Απώλεια βάρους παρατηρείται στο συνδυασμό χιτοζάνης - κιτρικού οξέος, τόσο στα τυφλά όσο και στα επικαλυμμένα δείγματα, με τη μεγαλύτερη να εμφανίζεται εντέλει στα τυφλά δείγματα. Ικανοποιητικά αποτελέσματα προκύπτουν στα διαγράμματα 4.5 και 4.6 όπου ο συνδυασμός των ΗΡΜC και χιτοζάνη, είχε ως αποτέλεσμα σημαντική μείωση στο ρυθμό απώλειας βάρους στις κομμένες φράουλες. Όπως προκύπτει και από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, στις ολόκληρες φράουλες δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ τυφλών δειγμάτων και επικαλυμμένων (βλ. παράρτημα, πίνακες 7.1-7.4).

#### 4.1.1.4 HPMC 2%

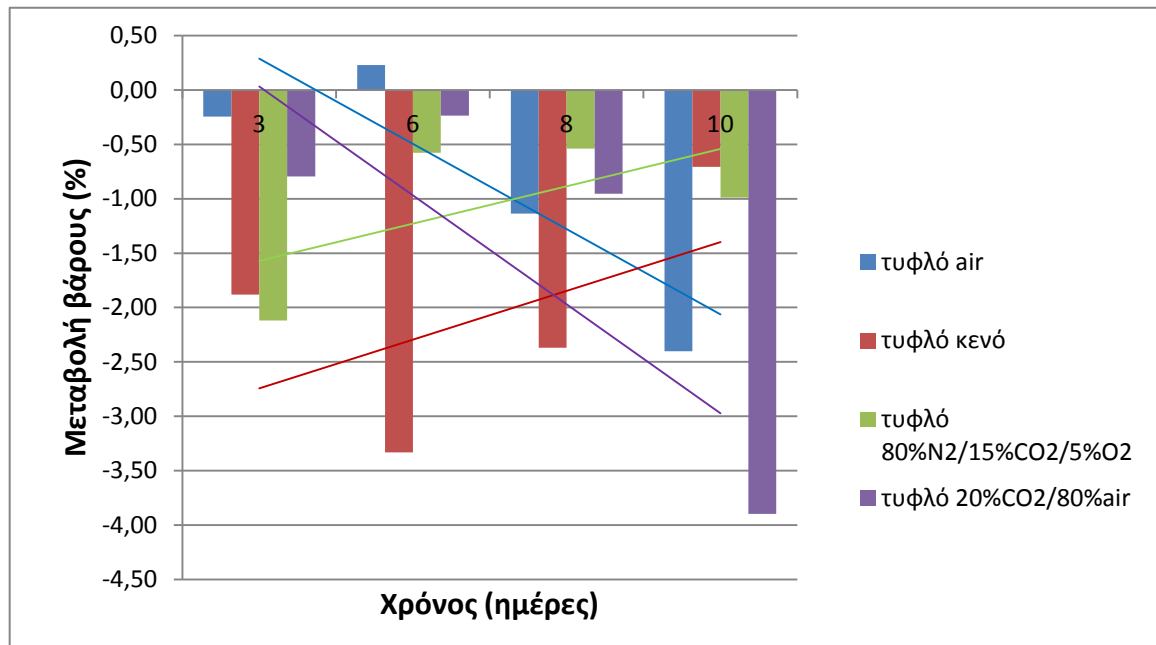
Διάγραμμα 4.7 Απώλεια βάρους ολόκληρων δειγμάτων φράουλας, επικαλυμμένα με χιτοζάνη, συναρτησί του χρόνου αποθήκευσης.



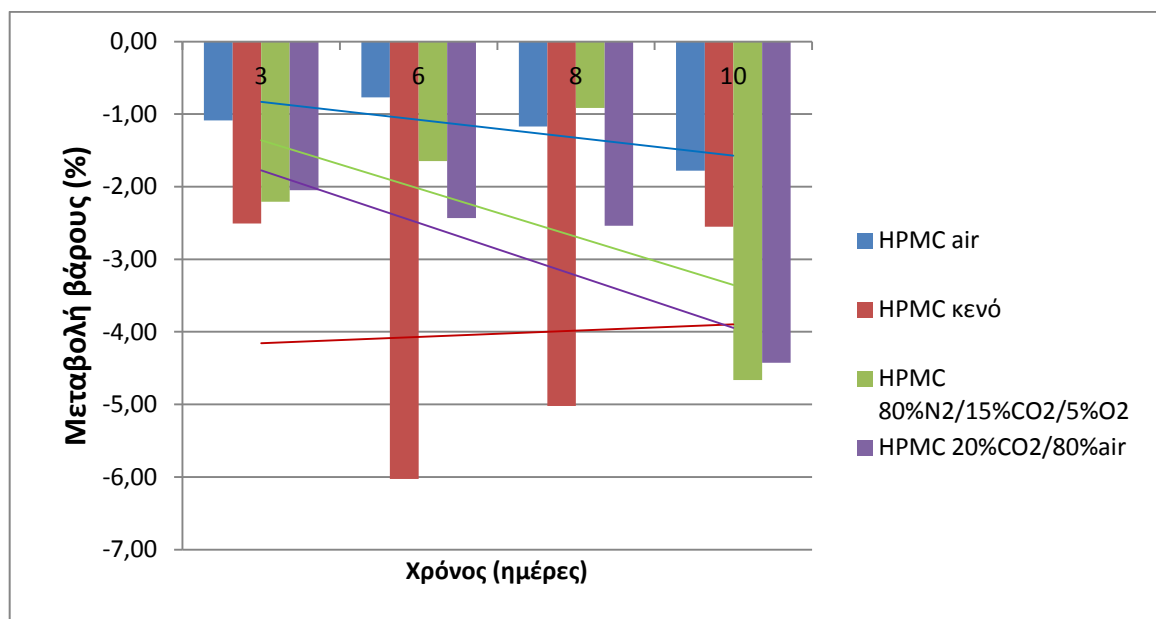
Διάγραμμα 4.8 Απώλεια βάρους ολόκληρων δειγμάτων φράουλας, επικαλυμμένα με χιτοζάνη, συναρτησί του χρόνου αποθήκευσης.



Διάγραμμα 4.9 Απώλεια βάρους τεμαχισμένων δειγμάτων φράουλας, επικαλυμμένα με χιτοζάνη, συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης



Διάγραμμα 4.10 Απώλεια βάρους τεμαχισμένων δειγμάτων φράουλας, επικαλυμμένα με χιτοζάνη, συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.

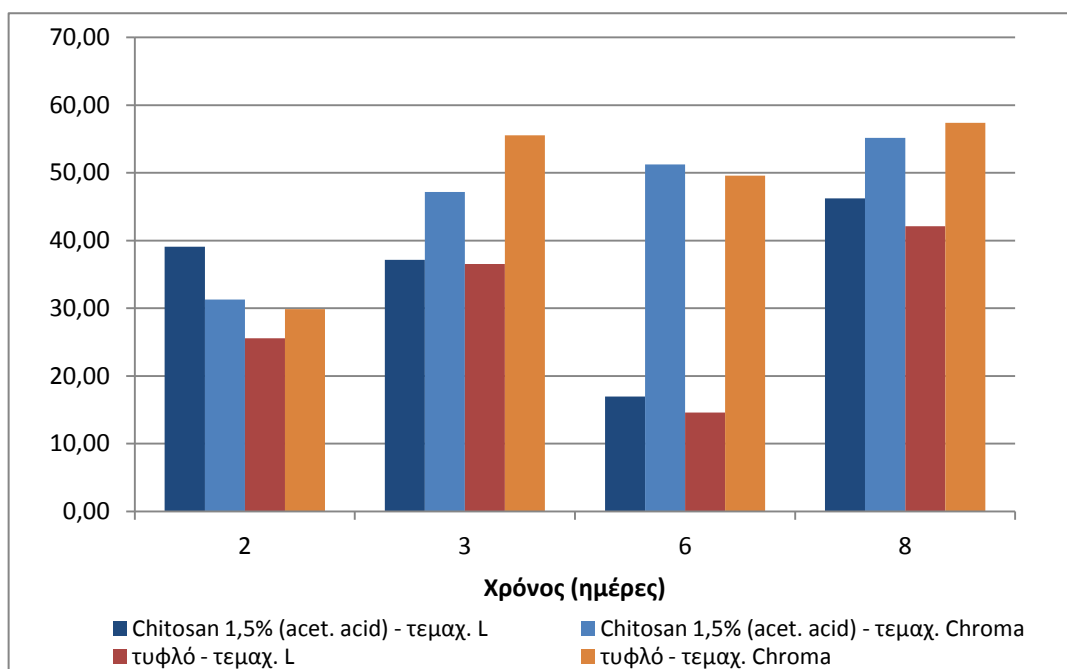


Στα τελευταία διαγράμματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της χρήσης του ΗΡΜC ως επικαλυπτικό σε συνδυασμό με συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Η συσκευασία υπό κενό είχε ιδιαίτερα αρνητική επίδραση στις επικαλυμμένες φράουλες τόσο στις επικαλυμμένες όσο και στις ολόκληρες. Αντίθετα, δεν εμφανίζει εξίσου αρνητική επίδραση στα τυφλά δείγματα. Παρατηρείται ότι η χρήση επικαλυπτικού και η συσκευασία σε ατμοσφαιρικό αέρα (και λιγότερο σε 80%N<sub>2</sub>/15%CO<sub>2</sub>/5%O<sub>2</sub>) είναι ελαφρώς ικανοποιητική ειδικά στις τεμαχισμένες φράουλες χωρίς να εμφανίζεται πουθενά σημαντική διαφορά. Όπως προκύπτει και παρακάτω η χρήση συσκευασίας δεν έδωσε αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα ώστε να θεωρηθεί οικονομικά βιώσιμη, λαμβάνοντας υπόψη και το μικρό χρόνο ζωής της φράουλας (βλ. παράρτημα, πίνακες 7.1-7.4).

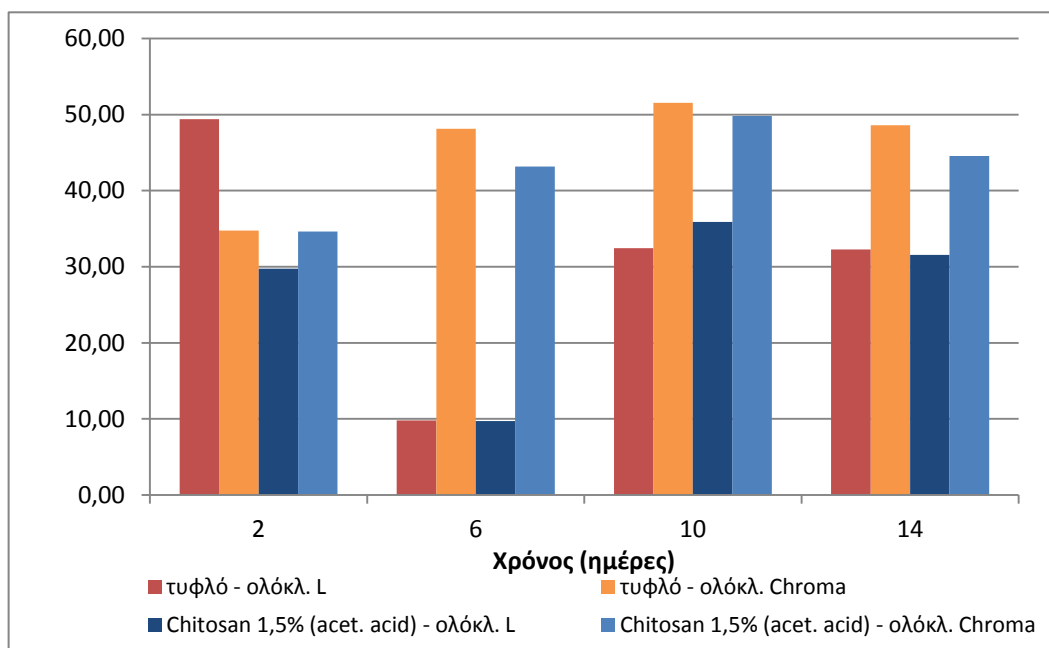
#### 4.1.2 Χρώμα

##### 4.1.2.1 Χιτοζάνη 1,5% (οξικό οξύ 1.5%)

Διάγραμμα 4.11 φωτεινότητας *L* και χρώματος ( $C=(a^2+b^2)^{1/2}$ ) στο χρόνο στα τυφλά και επικαλυμμένα, τεμαχισμένα δείγματα φράουλας

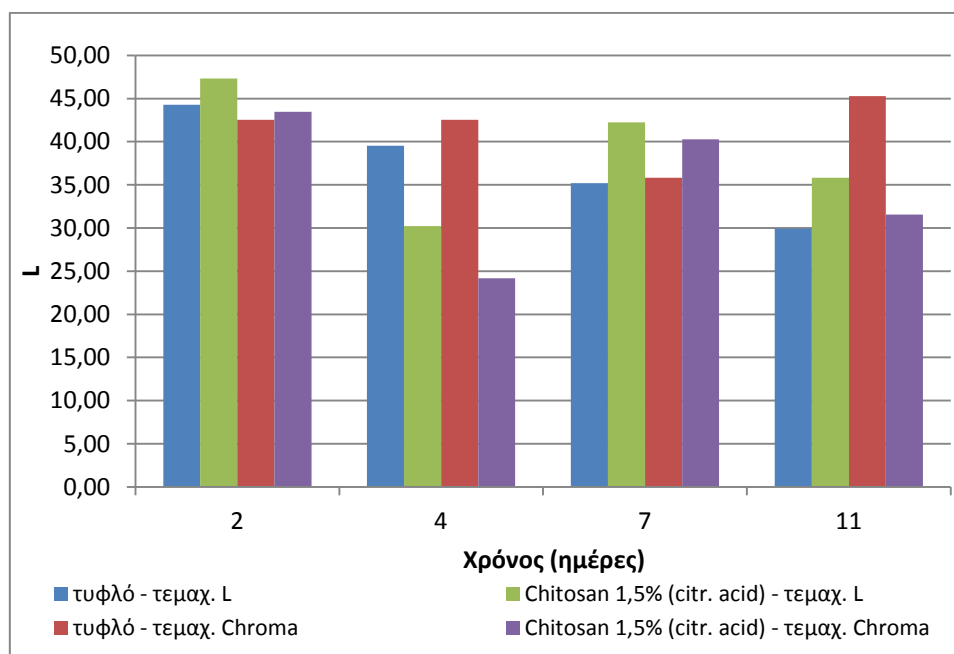


Διάγραμμα 4.12 Μεταβολή φωτεινότητας L και χρωματικών παραμέτρων a, b και το χρώμα ( $C=(a^2+b^2)^{1/2}$ ) στο χρόνο στα τυφλά και επικαλυμμένα, ολόκληρα δείγματα φράουλας.

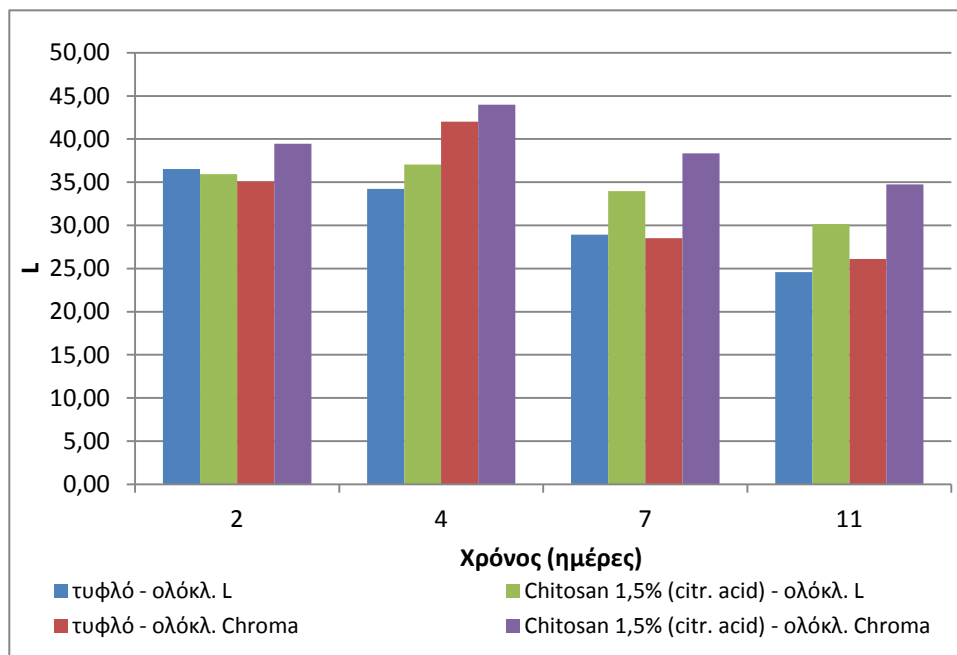


#### 4.1.2.2 Χιτοζάνη 1.5% (κιτρικό οξύ 1,5%)

Διάγραμμα 4.13 Μεταβολή φωτεινότητας L και χρωματικών παραμέτρων a, b και το χρώμα ( $C=(a^2+b^2)^{1/2}$ ) στο χρόνο στα τυφλά και επικαλυμμένα, τεμαχισμένα δείγματα φράουλας.

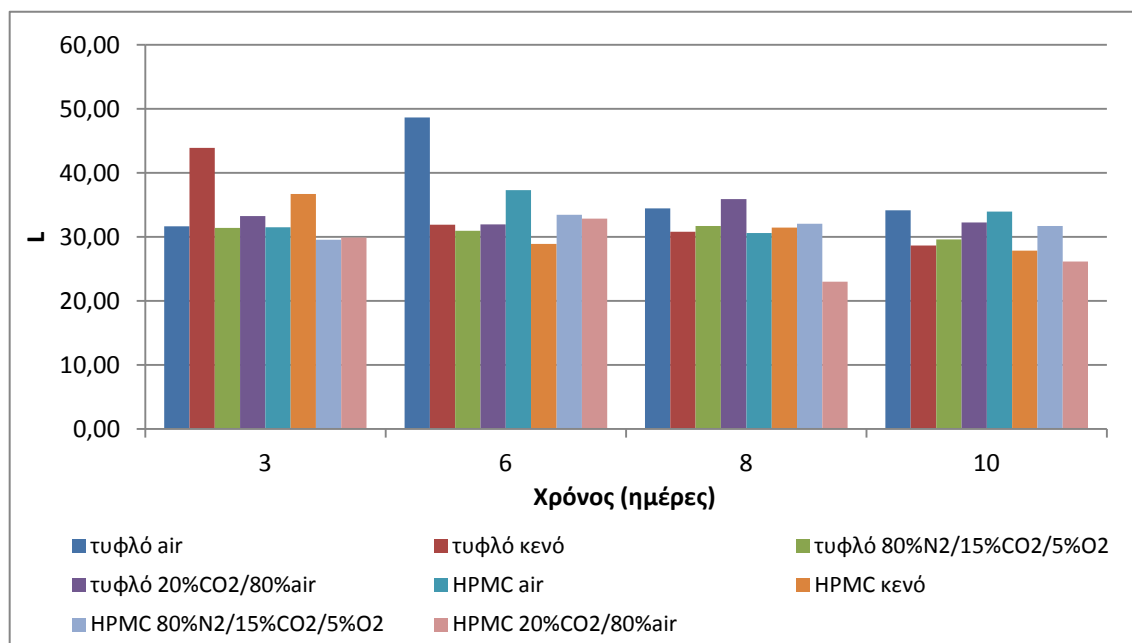


Διάγραμμα 4.14 Μεταβολή φωτεινότητας L και χρωματικών παραμέτρων a, b και το χρώμα ( $C=(a^2+b^2)^{1/2}$ ) στο χρόνο στα τυφλά και επικαλυμμένα, τεμαχισμένα δείγματα φράουλας.

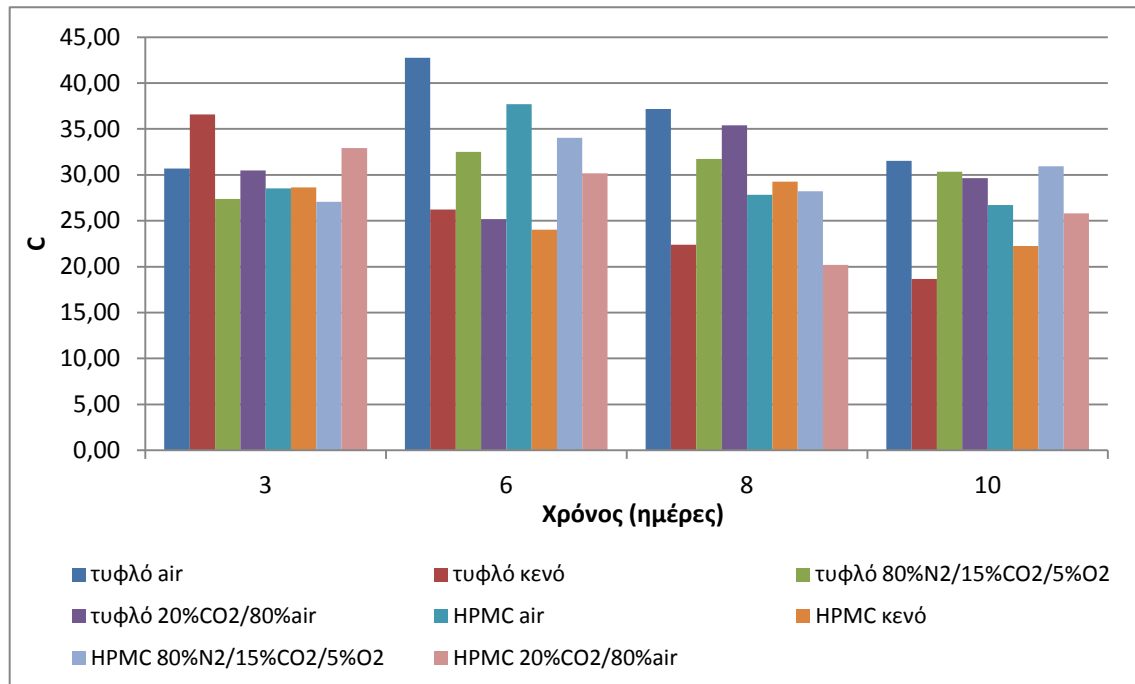


#### 4.1.2.3 HPMC 2%

Διάγραμμα 4.15 Μεταβολή φωτεινότητας L στο χρόνο στην επιφάνεια των τυφλών και επικαλυμμένων δειγμάτων φράουλας

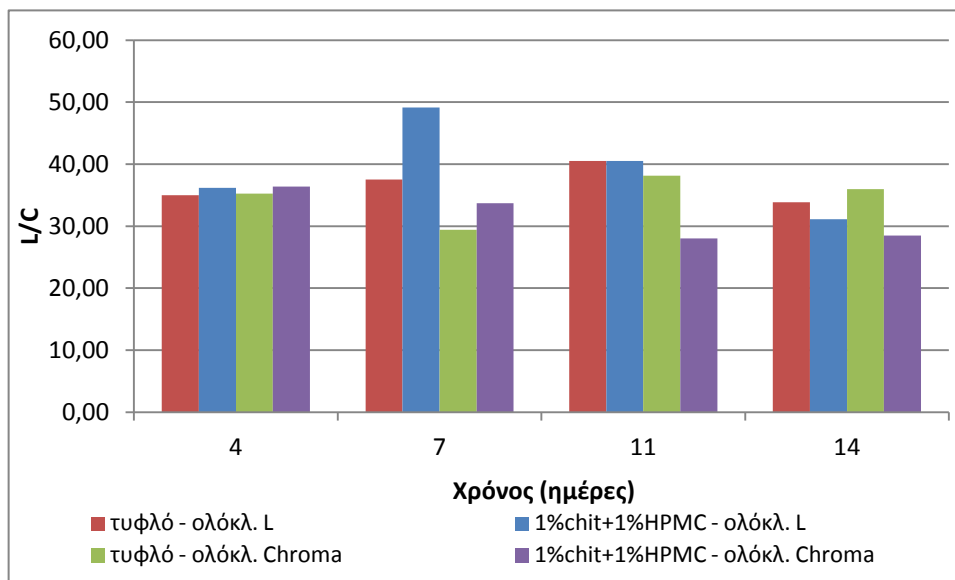


Διάγραμμα 4.16 Μεταβολή φωτεινότητας L στο χρόνο στην επιφάνεια των τυφλών και επικαλυμμένων δειγμάτων φράουλας.

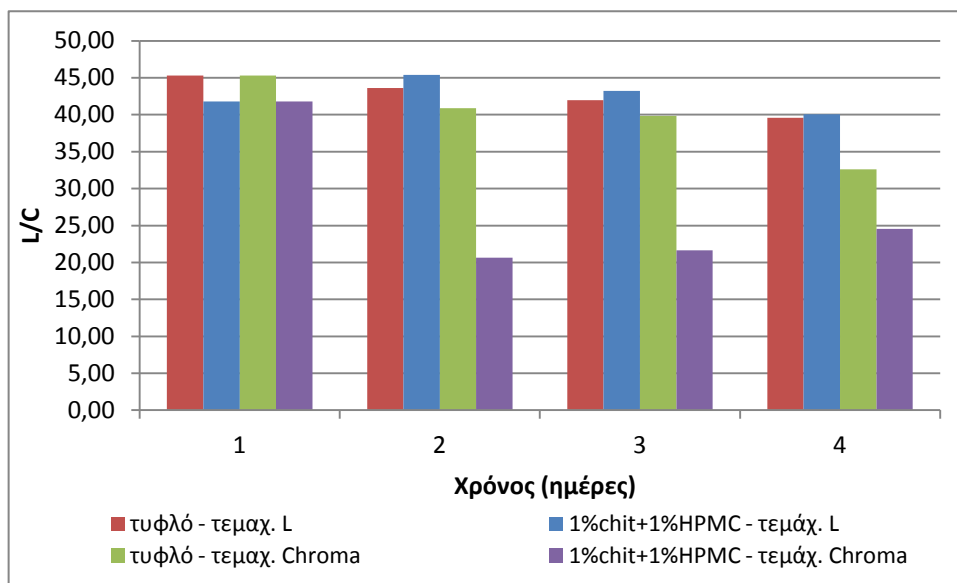


#### 4.1.2.4 Χιτοζάνη 1% + HPMC 1%

Διάγραμμα 4.17 Μεταβολή φωτεινότητας L και χρώματος ( $C=(a^2+b^2)^{1/2}$ ) στο χρόνο στα τυφλά και επικαλυμμένα, ολόκληρα δείγματα φράουλας.



Διάγραμμα 4.18 Μεταβολή φωτεινότητας L και χρώματος ( $C=(a^2+b^2)^{1/2}$ ) στο χρόνο στα τυφλά και επικαλυμμένα, τεμαχισμένα δείγματα φράουλας.



Σε γενικές γραμμές, η φωτεινότητα και το χρώμα δείχνουν να μειώνονται με την πάροδο του χρόνου αποθήκευσης. Παρατηρείται ότι τα επικαλυμμένα δείγματα εμφανίζουν μεγαλύτερη φωτεινότητα σε σχέση με τα τυφλά, με εξαίρεση το HPMC όπου η φωτεινότητα είναι μικρότερη και το μείγμα των επικαλυπτικών όπου δεν παρατηρείται διαφορά. Το ολικό χρώμα διατηρείται σε υψηλότερα επίπεδα σε επικαλυμμένες με χιτοζάνη φράουλες. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων δεν προκύπτει σημαντική διάφορα μεταξύ επικαλυμμένων και τυφλών δειγμάτων ως προς τη φωτεινότητα παρά μόνο μεταξύ ορισμένων επικαλυπτικών.

Ωστόσο, το χρώμα φαίνεται να επηρεάζεται τόσο από το είδος του επικαλυπτικού όσο και από την ατμόσφαιρα με σημαντικότερη διαφορά να παρατηρείται μεταξύ τυφλού και χιτοζάνη (σε οξικό οξύ) όπου οι επικαλυμμένες ολόκληρες φράουλες εμφανίζουν υψηλότερες τιμές, ενώ όλα τα επικαλυπτικά διατηρούν το χρώμα σε καλύτερα επίπεδα σε σχέση με τα τυφλά (βλ. παράρτημα, πίνακες 7.5-7.9).

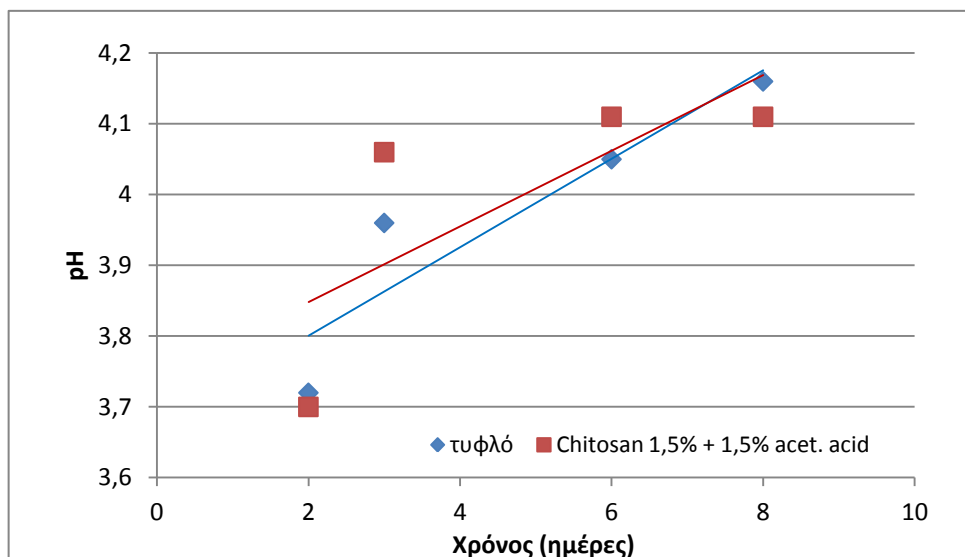
Στις κομμένες φράουλες παρατηρούνται αντίστοιχα αποτελέσματα, υψηλές τιμές στο χρώμα για τη χιτοζάνη (οξικό οξύ) και εμφανώς καλύτερο χρώμα για τη συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα γενικότερα.



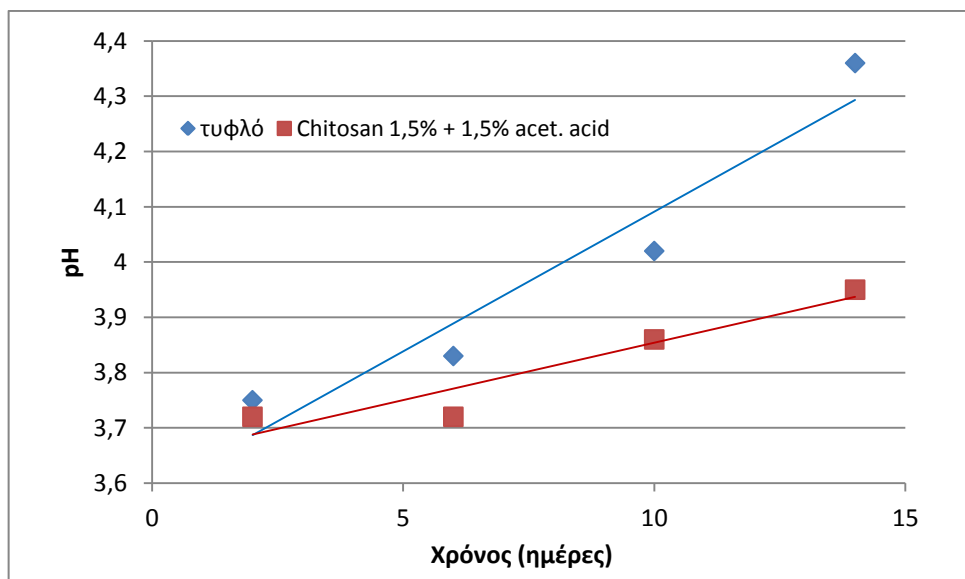
### 4.1.3 pH

#### 4.1.3.1 Χιτοζάνη 1,5% (οξικό οξύ 1.5%)

Διάγραμμα 4.19 Μεταβολή του pH με το χρόνο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τεμαχισμένες φράουλες, τυφλά και επικαλυμμένα δείγματα.

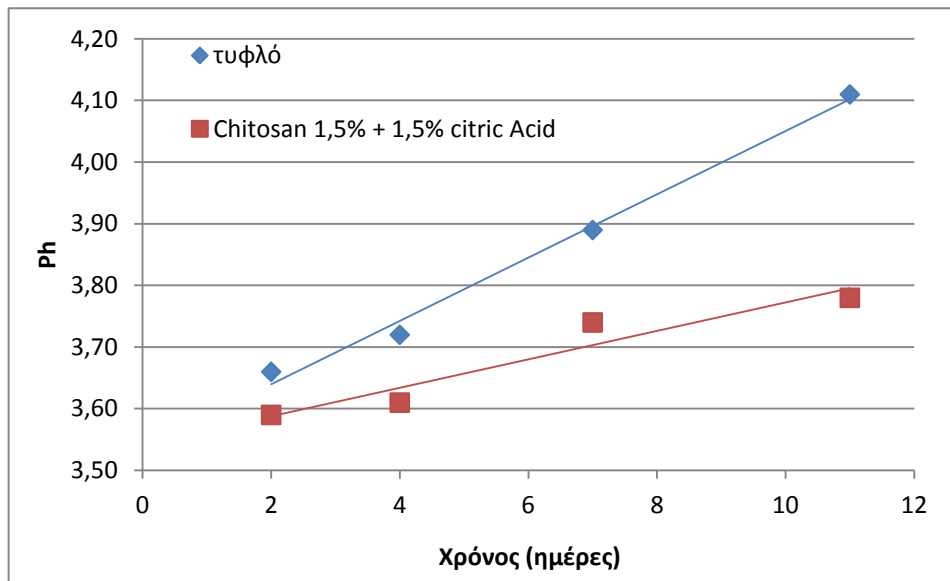


Διάγραμμα 4.20 Μεταβολή του pH στις ολόκληρες φράουλες, τυφλά και επικαλυμμένα δείγματα.

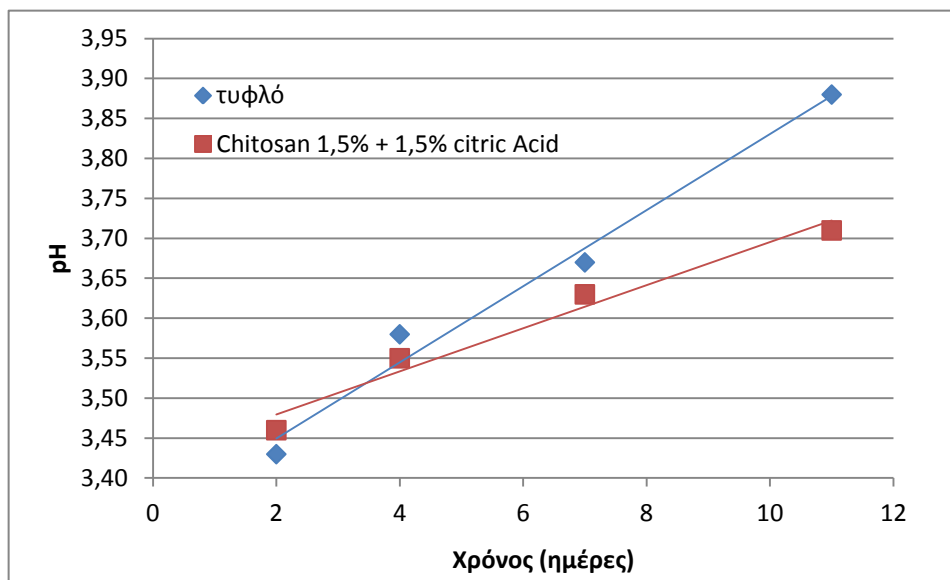


#### 4.1.3.2 Χιτοζάνη 1.5% (κιτρικό οξύ 1,5%)

Διάγραμμα 4.21 Μεταβολή του pH με το χρόνο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τεμαχισμένες φράουλες, τυφλά και επικαλυμμένα δείγματα.

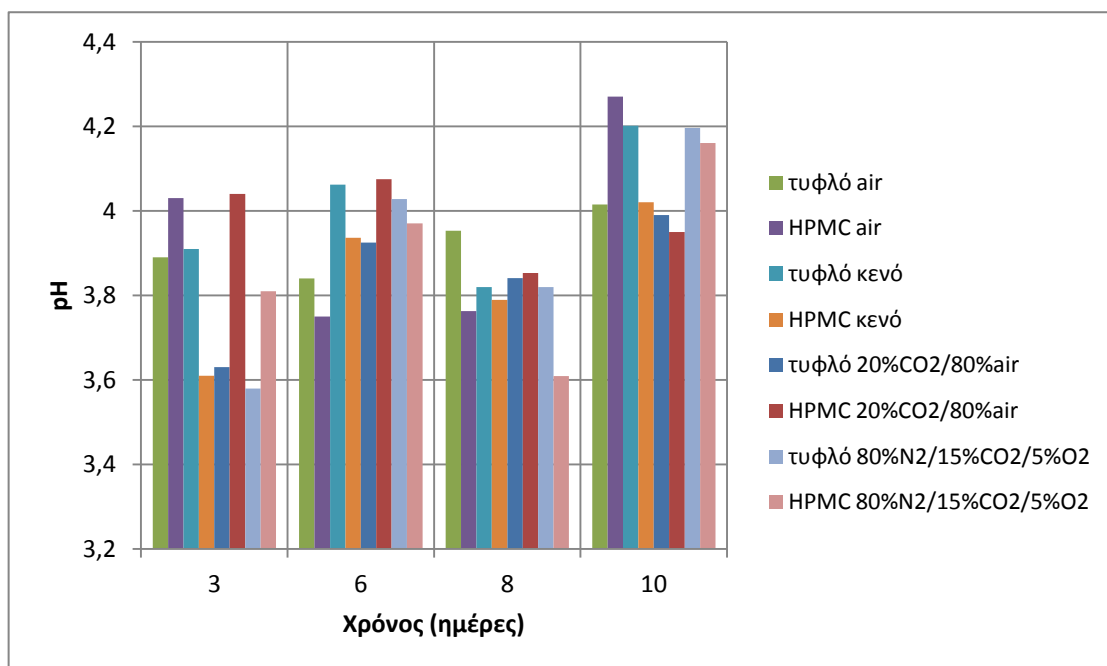


Διάγραμμα 4.22 Μεταβολή του pH στις ολόκληρες φράουλες, τυφλά και επικαλυμμένα δείγματα.



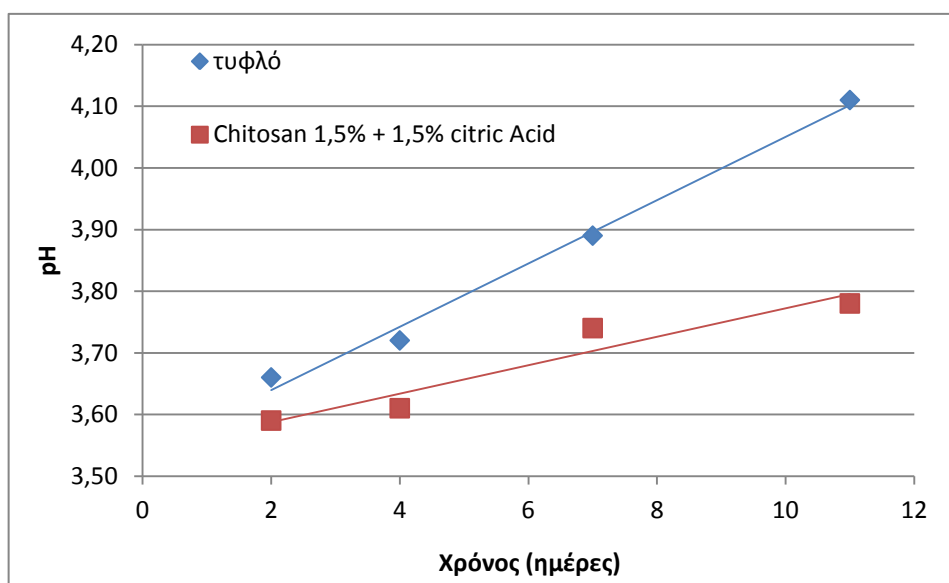
#### 4.1.3.3 HPMC 2%

Διάγραμμα 4.23 Μεταβολή του pH με το χρόνο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε φράουλες, επικαλυμμένες και μη σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα.

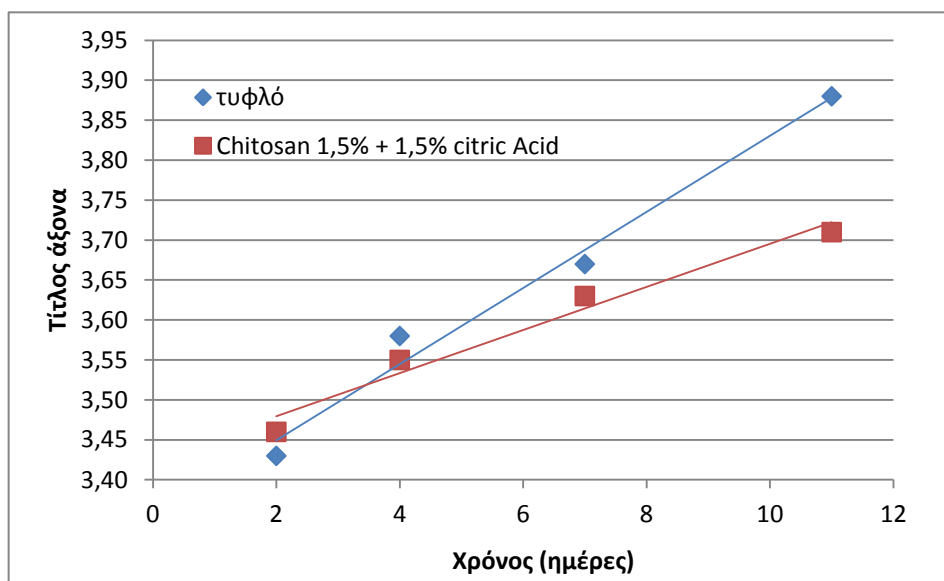


#### 4.1.3.4 Χιτοζάνη 1% + HPMC 1%

Διάγραμμα 4.24 Μεταβολή του pH με το χρόνο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε τεμαχισμένες φράουλες, τυφλά και επικαλυμμένα με χιτοζάνη δείγματα.



Διάγραμμα 4.25 Μεταβολή του pH με το χρόνο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε ολόκληρες φράουλες, τυφλά και επικαλυμμένα με χιτοζάνη δείγματα.



Γενικότερα το pH στις επικαλυμμένες ολόκληρες φράουλες βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα απ' ότι αυτό των τυφλών δειγμάτων χωρίς όμως να εμφανίζονται σημαντικές διαφορές από τη στατιστική επεξεργασία, όπου φαίνεται να επηρεάζεται μόνο από το χρόνο και όχι από την επικάλυψη ή τη συσκευασία. Ωστόσο σημαντική διαφορά παρουσιάζεται μεταξύ επικαλυμμένων με χιτοζάνη (κιτρικό οξύ) δειγμάτων και των τυφλών με χαμηλότερο αυτό των επικαλυμμένων (βλ πίνακες 7.15-7.16).

Όσον αφορά τις κομμένες φράουλες, παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν, με το χρόνο να παίζει τον κυριότερο ρόλο στη μεταβολή του pH και τα επικαλυμμένα με χιτοζάνη (κιτρικό οξύ) να ξεχωρίζουν από το τυφλό και τα άλλα δείγματα.

#### 4.1.4 Υγρασία

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας ημέρας αποθήκευσης. Γενικά η υγρασία στα τελικά δείγματα ήταν 2-3% μικρότερη από τα αρχικά, ενώ δεν

παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ τυφλών, επικαλυπτικών ούτε φαίνεται να επηρεάζεται ιδιαίτερα από τη συσκευασία.

#### 4.1.4.1 Χιτοζάνη 1,5% (οξικό οξύ)

Πίνακας 4.1 Μεταβολή της υγρασίας σε τεμαχισμένες και ολόκληρες φράουλες. Τα δείγματα είναι τυφλά ή επικαλυμμένα με χιτοζάνη σε οξικό οξύ.

Τεμαχισμένη					
κωδικός	επικάλυψη	ημέρες	A/A	διαφορά (g)	υγρασία %
ΤΤ1	τυφλό	2	1	0,2804	92,82
ΤΤ4	τυφλό	8	4	0,2621	90,80
CT1	χιτοζάνη	2	1	0,3242	87,09
CT4	χιτοζάνη	8	4	0,2554	92,16
Ολόκληρη					
ΤΟ1	τυφλό	2	1	0,3125	88,86
ΤΟ4	τυφλό	14	4	0,1955	94,87
CO1	χιτοζάνη	2	1	0,2059	93,02
CO4	χιτοζάνη	14	4	0,2713	93,25

#### 4.1.4.2 Χιτοζάνη 1,5% (κιτρικό οξύ)

Πίνακας 4.2 Μεταβολή της υγρασίας % σε τεμαχισμένες και ολόκληρες φράουλες. Τα δείγματα είναι τυφλά ή επικαλυμμένα με χιτοζάνη σε κιτρικό οξύ.

Τεμαχισμένη					
Κωδικός	επικάλυψη	ημέρες	A/A	διαφορά (g)	υγρασία %
ΤΤ1	τυφλό	3	2	0,1989	92,79
ΤΤ4	τυφλό	8	3	0,2119	94,86
CT1	χιτοζάνη	3	2	0,3203	91,87
CT4	χιτοζάνη	8	3	0,1889	93,03
Ολόκληρη					
ΤΟ1	τυφλό	3	2	0,2067	92,76
ΤΟ4	τυφλό	8	3	0,2492	92,16
CO1	χιτοζάνη	3	2	0,2736	92,88
CO4	χιτοζάνη	8	3	0,3355	87,09

#### 4.1.4.3 ΗΡΜC 2%

Πίνακας 4.3 Μεταβολή της υγρασίας % σε ολόκληρες φράουλες. Τα δείγματα είναι τυφλά ή επικαλυμμένα με ΗΡΜC. Επίσης αναφέρεται η ατμόσφαιρα στην οποία είναι αποθηκευμένα.

Κωδικός	επικάλυψη	ατμόσφαιρα	ημέρες	A/A	διαφορά (g)	υγρασία %
TA01	Τυφλό	air	3	1	0,2804	92,82
TA04	Τυφλό	air	10	4	0,2778	90,60
TK01	Τυφλό	κενό	3	1	0,1989	92,79
TK04	Τυφλό	κενό	10	4	0,2961	91,66
TO201	Τυφλό	80%N2/15%CO2/5%O2	3	1	0,2119	94,86
TO204	Τυφλό	80%N2/15%CO2/5%O4	10	4	0,2603	91,17
TCO203	Τυφλό	20%CO2/80%air	3	1	0,2416	92,23
TCO204	Τυφλό	20%CO2/80%air	10	4	0,2951	89,46
HA03	ΗΡΜC	air	3	1	0,2165	92,32
HA04	ΗΡΜC	air	10	4	0,2983	89,74
HK03	ΗΡΜC	κενό	3	1	0,3115	90,16
HK04	ΗΡΜC	κενό	10	4	0,3719	88,45
HO203	ΗΡΜC	80%N2/15%CO2/5%O4	3	1	0,2293	92,19
HO204	ΗΡΜC	80%N2/15%CO2/5%O4	10	4	0,3008	89,80
HCO203	ΗΡΜC	20%CO2/80%air	3	1	0,1924	94,46
HCO204	ΗΡΜC	20%CO2/80%air	10	4	0,2654	91,62

#### 4.1.4.4 Χιτοζάνη - ΗΡΜC

Πίνακας 4.4 Μεταβολή της υγρασίας % σε τεμαχισμένες και ολόκληρες φράουλες. Τα δείγματα είναι τυφλά ή επικαλυμμένα με μείγμα χιτοζάνης - ΗΡΜC.

Ολόκληρη					
κωδικός	επικάλυψη	ημέρες	A/A	διαφορά	υγρασία %
TO1	τυφλό	4	1	0,2727	91,21
TO4	τυφλό	14	4	0,2502	92,11
MO1	μείγμα	4	1	0,2522	91,18
MO4	μείγμα	14	4	0,2667	91,63
τεμαχισμένη					
TT1	τυφλό	1	1	0,2672	91,27
TT4	τυφλό	6	4	0,2483	91,61
MT1	μείγμα	1	1	0,2702	91,12
MT4	μείγμα	6	4	0,2520	91,51

#### 4.1.5 Βιταμίνη C

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται η μεταβολή της περιεκτικότητας της βιταμίνης C των δειγμάτων μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας ημέρας αποθήκευσης. Γενικά η συγκέντρωση στα τελικά δείγματα ήταν μικρότερη από τα αρχικά, ενώ δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ τυφλών, επικαλυπτικών ούτε φαίνεται να επηρεάζεται ιδιαίτερα από τη συσκευασία. Η μέτρηση έγινε μόνο σε δύο σειρές, στις επικαλύψεις χιτοζάνη (οξικό οξύ) και ΗΡΜC.

##### 4.1.5.1 Χιτοζάνη 1,5% (οξικό οξύ)

Πίνακας 4.5 Μεταβολή της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C σε τεμαχισμένες και ολόκληρες φράουλες. Τα δείγματα είναι τυφλά ή επικαλυμμένα με χιτοζάνη (οξικό οξύ).

κωδικός	επικάλυψη	Χρόνος (ημέρες)	A/A	Ασκορβικό οξύ (mg/L)
<b>τεμαχισμένη</b>				
ΤΤ1	τυφλό	2	1	190,8
ΤΤ4	τυφλό	8	4	117,2
CT1	χιτοζάνη	2	1	142,3
CT4	χιτοζάνη	8	4	132,3
<b>Ολόκληρη</b>				
ΤΟ1	τυφλό	2	1	209,5
ΤΟ4	τυφλό	14	4	96,9
CO1	χιτοζάνη	2	1	175,1
CO4	χιτοζάνη	14	4	151,4

#### 4.1.5.2 ΗΡΜC 2%

Πίνακας 4.6 Μεταβολή της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C σε τεμαχισμένες και ολόκληρες φράουλες. Τα δείγματα είναι τυφλά ή επικαλυμμένα με ΗΡΜC.

κωδικός	επικάλυψη	ατμόσφαιρα	A/A	Χρόνος (ημέρες)	Ασκορβικό οξύ (mg/L)
TA02	τυφλό	air	1	3	78,3
TK02	τυφλό	κενό	1	3	68,2
TO202	τυφλό	80%N2/15%CO2/5%O3	1	3	13,1
TCO202	τυφλό	20%CO2/80%air	1	3	22,6
HA02	ΗΡΜC	air	1	3	75,9
HK02	ΗΡΜC	κενό	1	3	65,2
HO202	ΗΡΜC	80%N2/15%CO2/5%O3	1	3	22,7
HCO202	ΗΡΜC	20%CO2/80%air	1	3	61,0
TA03	τυφλό	air	4	10	57,8
TK03	τυφλό	κενό	4	10	77,1
TO203	τυφλό	80%N2/15%CO2/5%O4	4	10	142,2
TCO203	τυφλό	20%CO2/80%air	4	10	47,3
HA03	ΗΡΜC	air	4	10	85,0
HK03	ΗΡΜC	κενό	4	10	58,7
HO203	ΗΡΜC	80%N2/15%CO2/5%O4	4	10	118,3
HCO203	ΗΡΜC	20%CO2/80%air	4	10	8,2

#### 4.1.6 Ενεργότητα

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η μεταβολή της ενεργότητας των δειγμάτων κατά τη διάρκεια του χρόνου αποθήκευσης. Η ενεργότητα παραμένει σε υψηλά επίπεδα (>0,95 κατά μέσο όρο) οπότε και δε συνεχιστική η μέτρησή της και στις υπόλοιπες σειρές πειραμάτων.

Πίνακας 4.7 Μεταβολή της ενεργότητας των επικαλυμμένων με μείγμα χιτοζάνης-ΗΡΜC δειγμάτων φράουλας.

κωδικός	επικάλυψη	ημέρες	A/A	a <sub>w</sub>	1	2	3	4	5
TT1	τυφλό	1	1	0,974	0,96	0,96	0,97	0,99	0,99
TT2	τυφλό	4	2	0,948	0,9	0,95	0,96	0,96	0,97
TT3	τυφλό	5	3	0,944	0,89	0,95	0,95	0,97	0,96
TT4	τυφλό	6	4	0,984	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99
MT1	μείγμα	1	1	0,975	0,95	0,97	0,99	0,99	
MT2	μείγμα	4	2	0,974	0,95	0,96	0,98	0,99	0,99
MT3	μείγμα	5	3	0,962	0,92	0,95	0,98	0,98	0,98
MT4	μείγμα	6	4	0,948	0,9	0,94	0,95	0,97	0,98

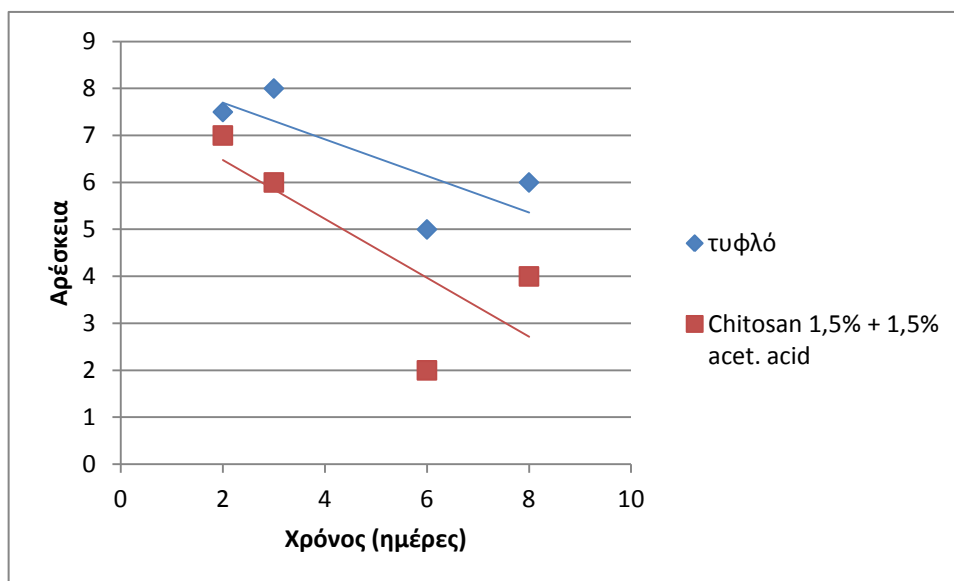


#### 4.1.7 Οργανοληπτική εξέταση

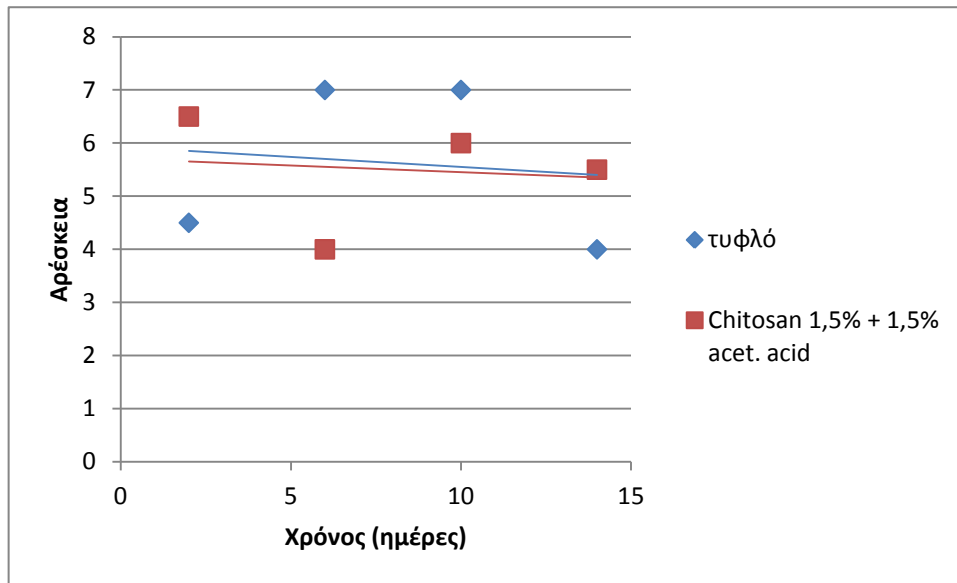
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την οργανοληπτική εξέταση των δειγμάτων φράουλας. Τα πρώτα διαγράμματα παρουσιάζουν τη μεταβολή της αρέσκειας σε σχέση με το χρόνο, ενώ μετά ακολουθούν διαγράμματα ιστού αράχνης όπου φαίνεται η διαφορά στις τιμές της εμφάνισης, της συρρίκνωσης, του χρώματος, της σκληρότητας, της γεύσης, του αρώματος, και της αρέσκειας μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας αποδεκτής ημέρας των μετρήσεων.

##### 4.1.7.1 Χιτοζάνη 1,5% (οξικό οξύ)

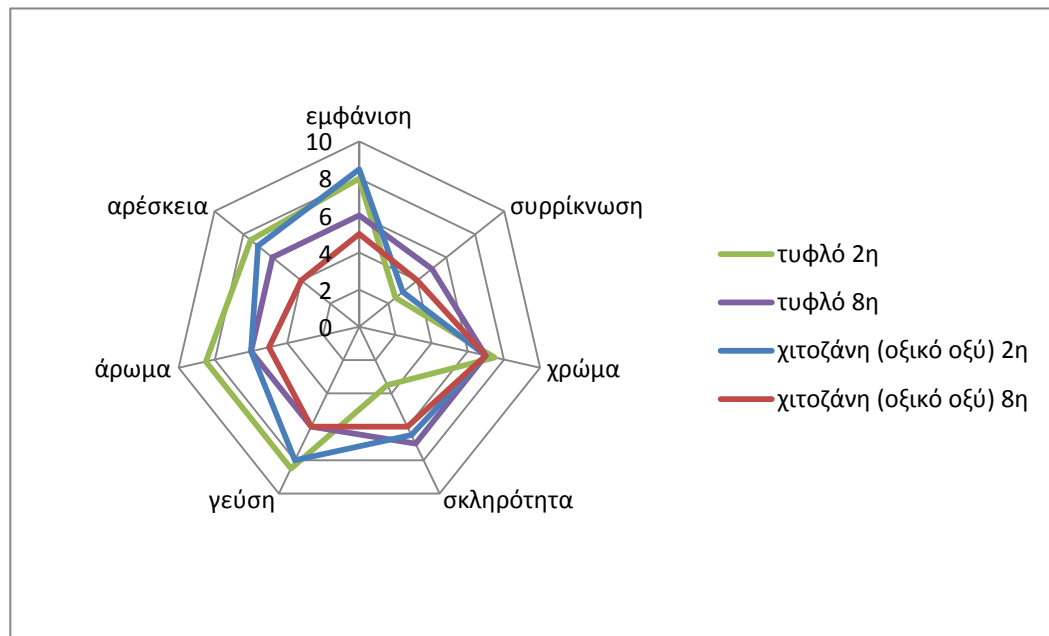
Διάγραμμα 4.26 Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας στις κομμένες φράουλες, τυφλά και επικαλυμμένα δείγματα.



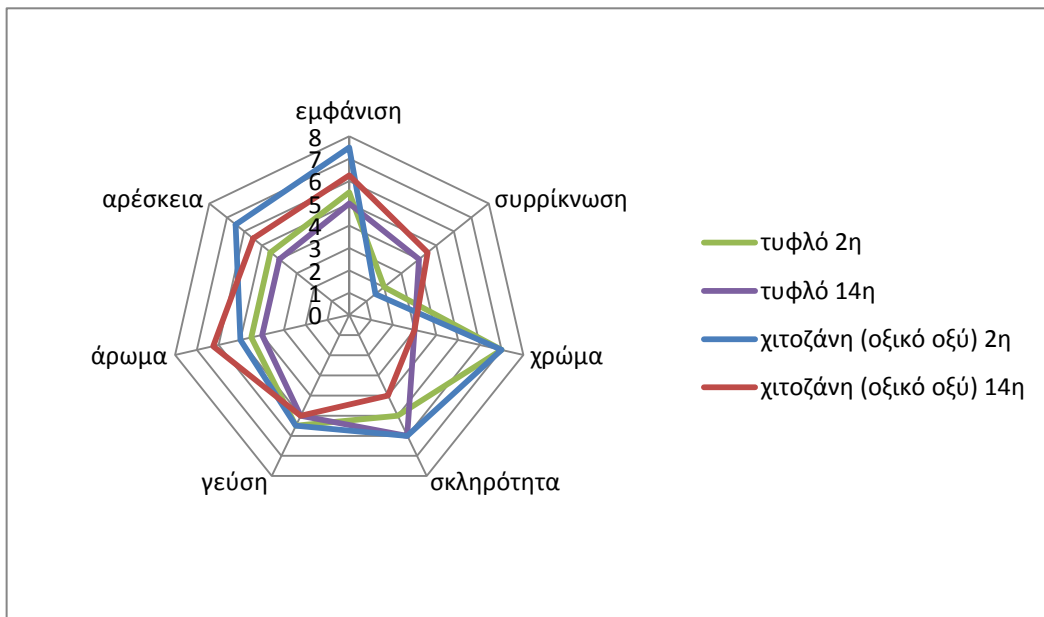
Διάγραμμα 4.27 Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας στις ολόκληρες φράουλες, τυφλά και επικαλυμμένα δείγματα.



Διάγραμμα 4.28 Παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (εμφάνιση, συρρίκνωση, χρώμα, σκληρότητα, γεύση, άρωμα, αρέσκεια) της κομμένης φράουλας τη 2<sup>η</sup> και 8<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης

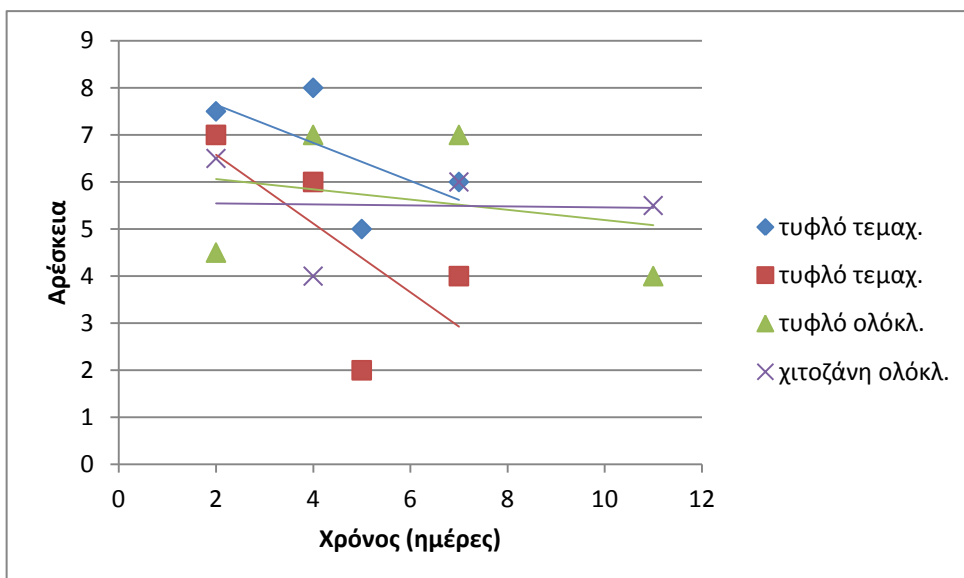


Διάγραμμα 4.29 Παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (εμφάνιση, συρρίκνωση, χρώμα, σκληρότητα, γεύση, άρωμα, αρέσκεια) της ολόκληρης φράουλας τη 2<sup>η</sup> και 14<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης.

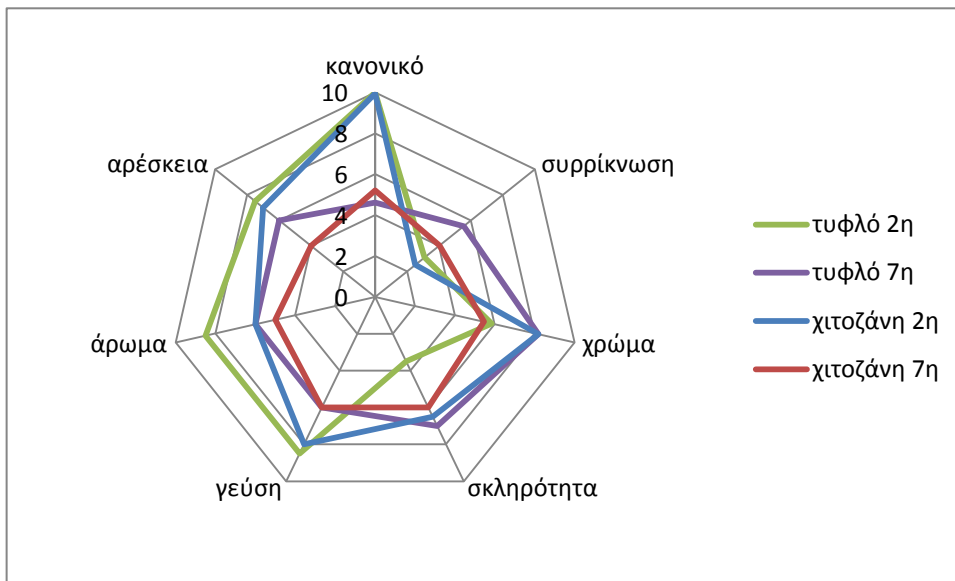


#### 4.1.7.2 Χιτοζάνη 1,5% (κιτρικό οξύ)

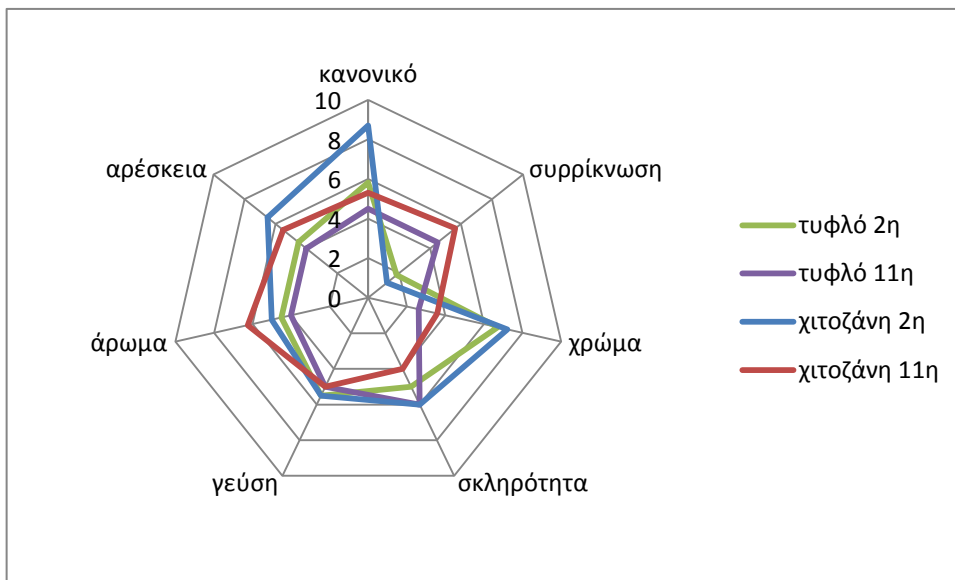
Διάγραμμα 4.30 Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας στις ολόκληρες και κομμένες φράουλες, τυφλά και επικαλυμμένα δείγματα.



Διάγραμμα 4.31 Παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (εμφάνιση, συρρίκνωση, χρώμα, σκληρότητα, γεύση, άρωμα, αρέσκεια) της κομμένης φράουλας τη 2<sup>η</sup> και 7<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης

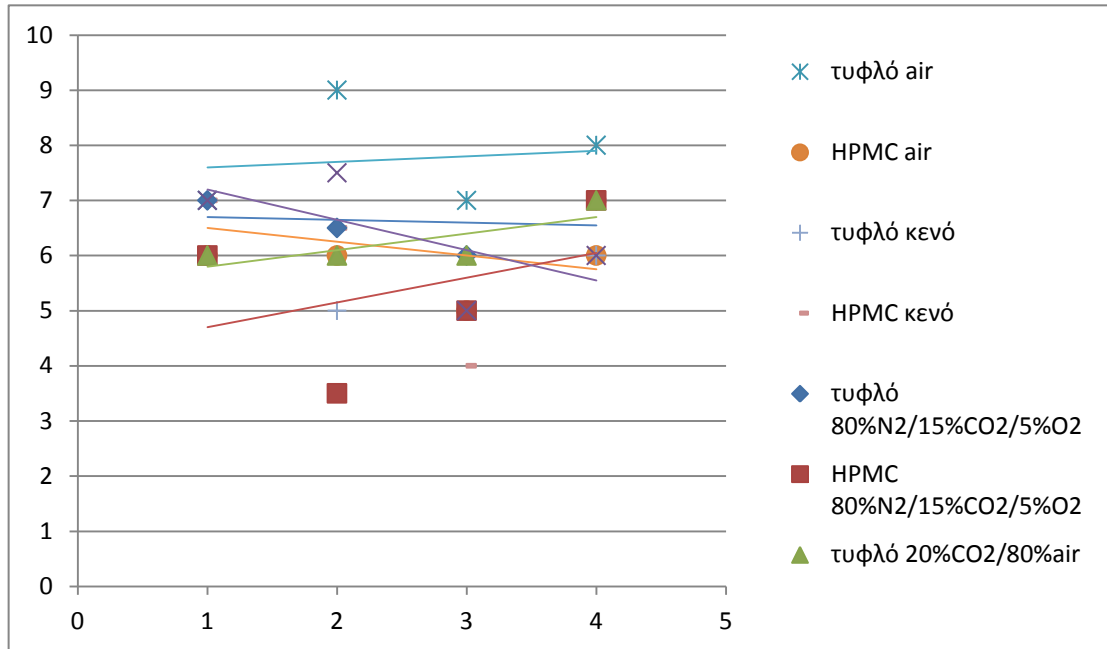


Διάγραμμα 4.32 Παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (εμφάνιση, συρρίκνωση, χρώμα, σκληρότητα, γεύση, άρωμα, αρέσκεια) της ολόκληρης φράουλας τη 2<sup>η</sup> και 11<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης

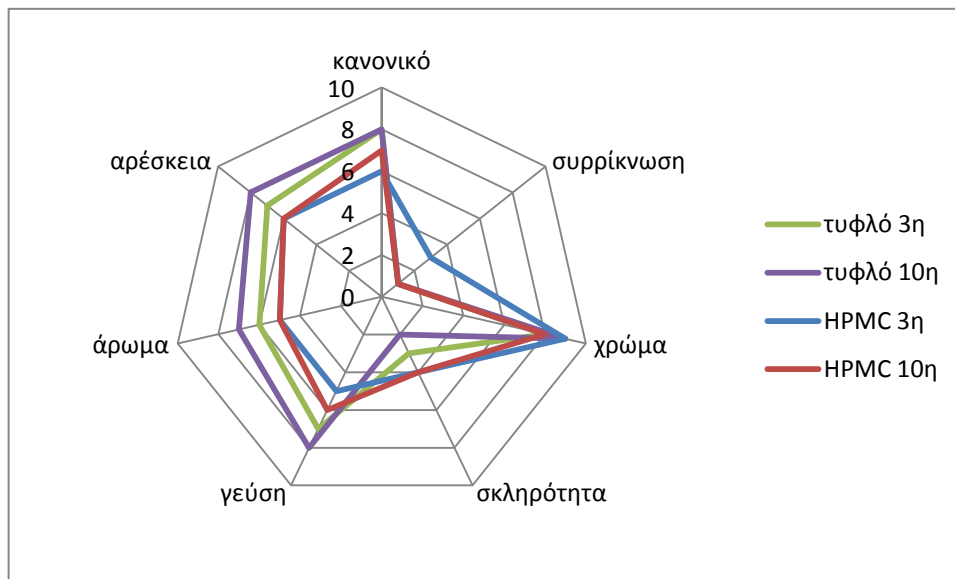


#### 4.1.7.3 ΗPMC 2%

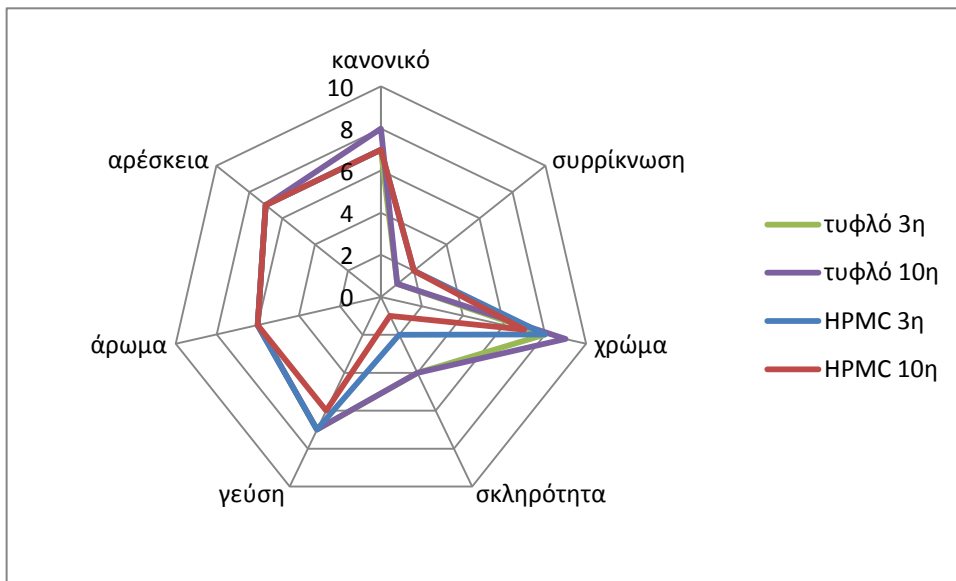
Διάγραμμα 4.33 Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας στις κομμένες φράουλες, τυφλά και επικαλυμμένα δείγματα με ΗPMC σε συνδυασμό με συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα.



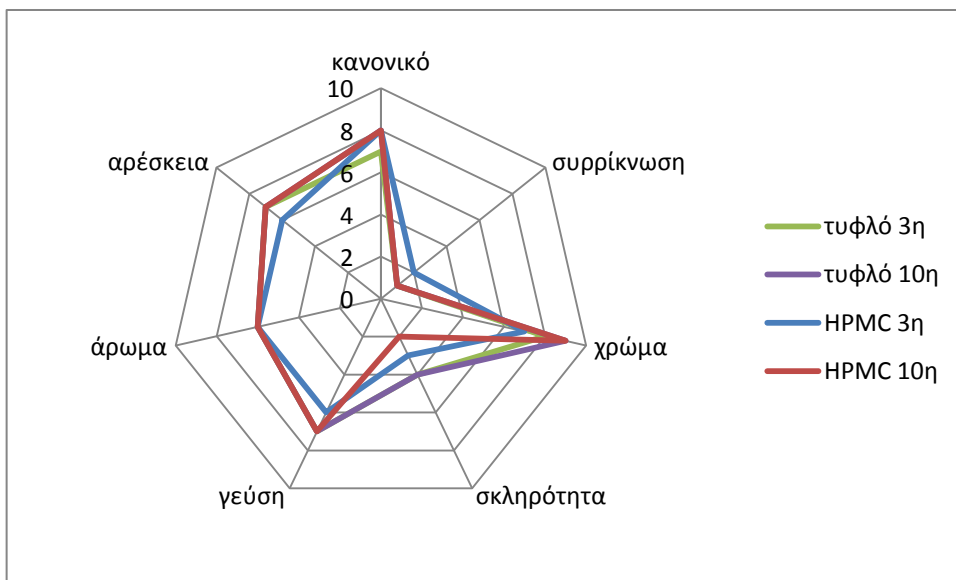
Διάγραμμα 4.34 Παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (εμφάνιση, συρρίκνωση, χρώμα, σκληρότητα, γεύση, άρωμα, αρέσκεια) της κομμένης φράουλας τη 3<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης σε συσκευασία υπό ατμοσφαιρικό αέρα.



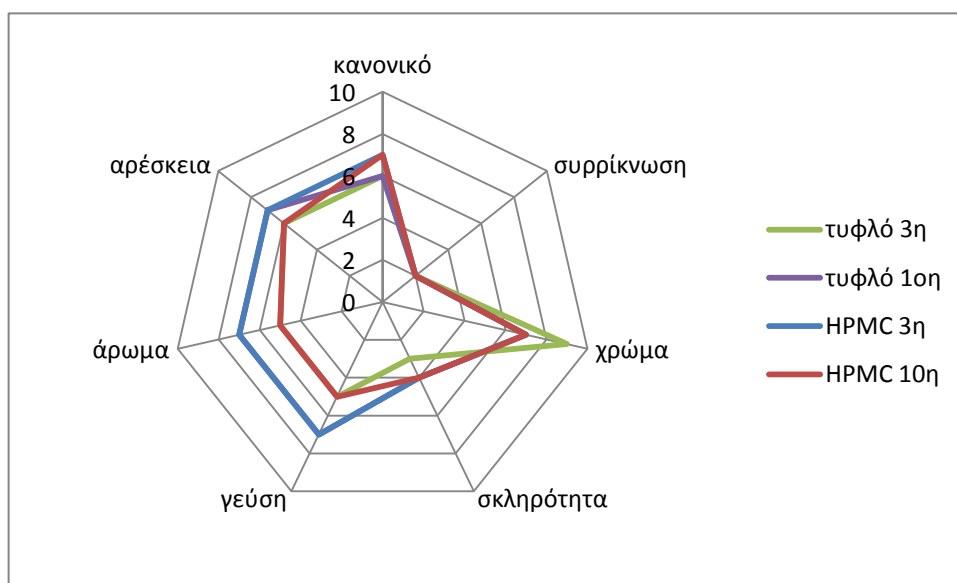
Διάγραμμα 4.35 Παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (εμφάνιση, συρρίκνωση, χρώμα, σκληρότητα, γεύση, άρωμα, αρέσκεια) της κομμένης φράουλας την 3<sup>η</sup> και την 10<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης σε συσκευασία υπό κενό.



Διάγραμμα 4.36 Παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (εμφάνιση, συρρίκνωση, χρώμα, σκληρότητα, γεύση, άρωμα, αρέσκεια) της κομμένης φράουλας την 3<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης σε συσκευασία με τροποποιημένη ατμόσφαιρα σύστασης: 80%N<sub>2</sub>/15%CO<sub>2</sub>/5%O<sub>2</sub>.

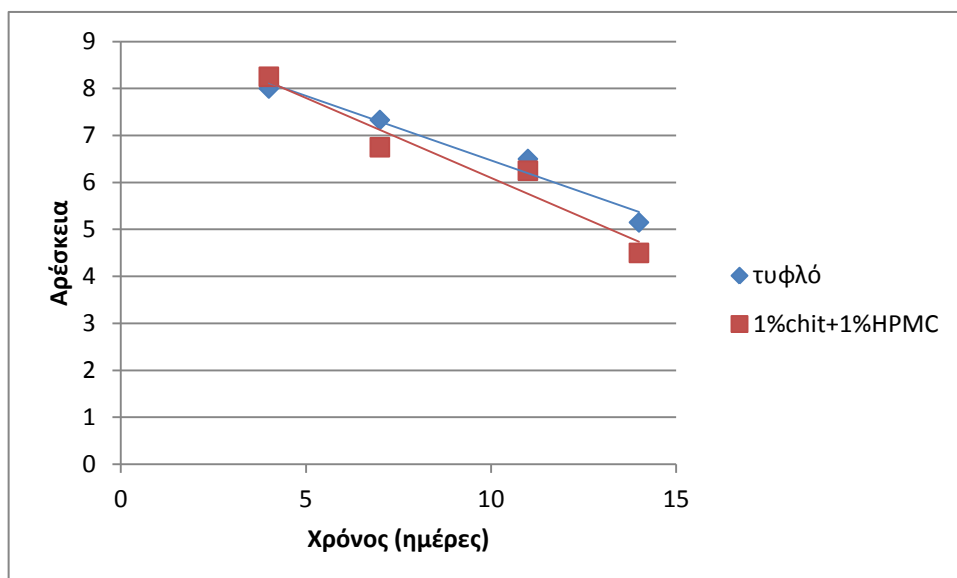


Διάγραμμα 4.37 Παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (εμφάνιση, συρρίκνωση, χρώμα, σκληρότητα, γεύση, άρωμα, αρέσκεια) της κομμένης φράουλας τη 3<sup>η</sup> και 10<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης σε συσκευασία με τροποποιημένη ατμόσφαιρα σύστασης: 20%CO<sub>2</sub>/80%air.

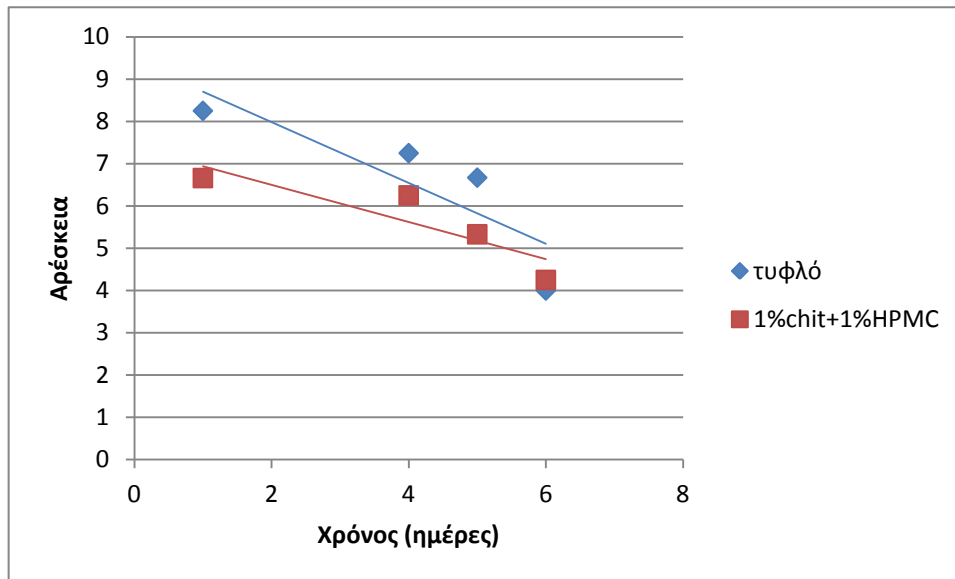


#### 4.1.7.4 Χιτοζάνη - HPMC

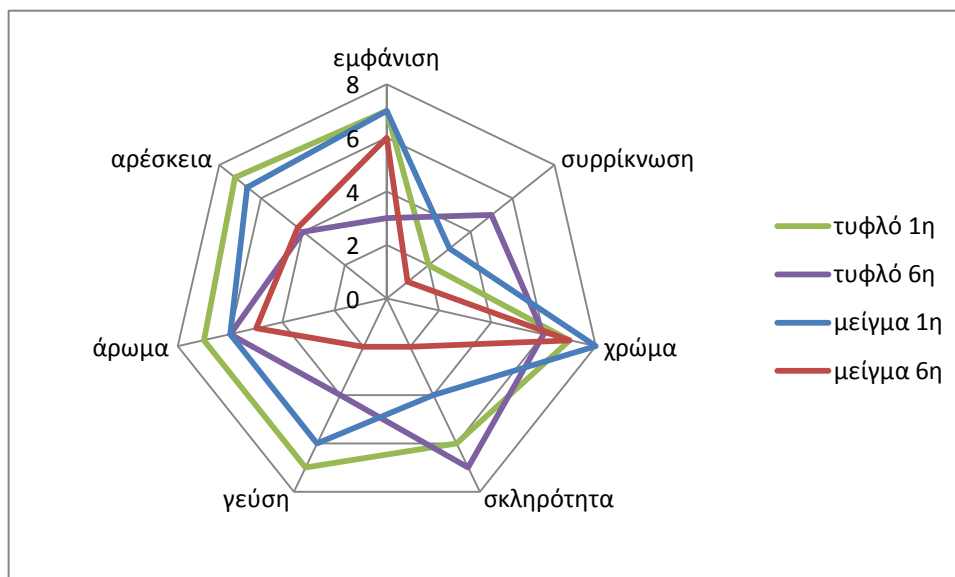
Διάγραμμα 4.38 Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας στις ολόκληρες φράουλες, τυφλά και επικαλυμμένα με HPMC δείγματα.



Διάγραμμα 4.39 Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας στις κομμένες φράουλες, τυφλά και επικαλυμμένα με HPMC δείγματα.

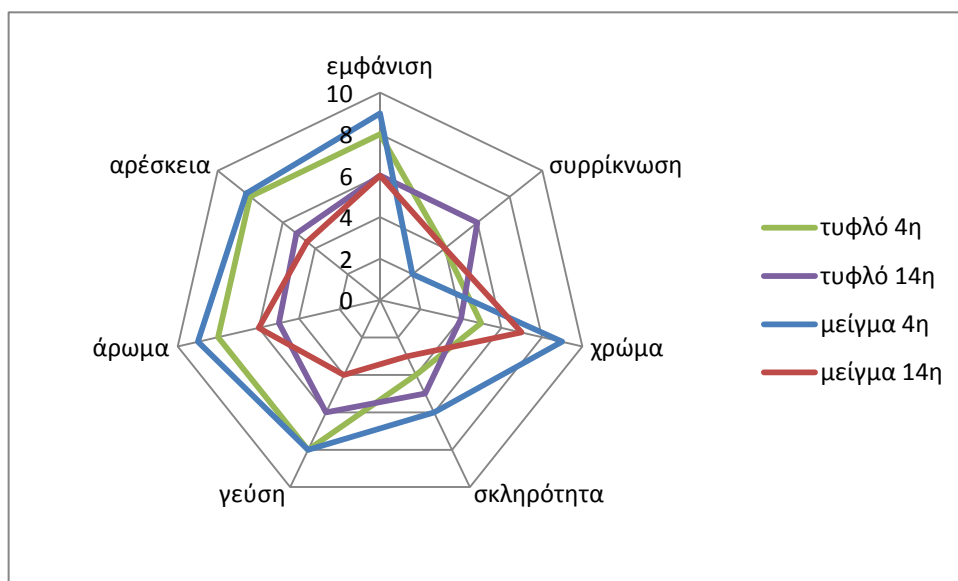


Διάγραμμα 4.40 Παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (εμφάνιση, συρρίκνωση, χρώμα, σκληρότητα, γεύση, άρωμα, αρέσκεια) της κομμένης φράουλας την 1<sup>η</sup> και την 6<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης.





Διάγραμμα 4.41 Παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (εμφάνιση, συρρίκνωση, χρώμα, σκληρότητα, γεύση, άρωμα, αρέσκεια) της κομμένης φράουλας τη 4<sup>η</sup> και 14<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης.



Στις ολόκληρες φράουλες δεν παρατηρείται σημαντική διάφορα μεταξύ τυφλών και επικαλυμμένων όσον αφορά την αρέσκεια κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Γενικότερα, οι οργανοληπτικές παράμετροι που εξετάστηκαν δείχνουν να είναι καλύτερες στις επικαλυμμένες φράουλες σε σχέση με τα τυφλά χωρίς σημαντικές διαφορές, με εξαίρεση το χρώμα και το άρωμα όπου το πρώτο φαίνεται να επηρεάζεται θετικά από το μείγμα χιτοζάνης-ΗΡΜC και το δεύτερο από τη χιτοζάνη σε κιτρικό οξύ. Η παρουσία του οξικού οξέος συχνά γινόταν αντιληπτή από τους δοκιμαστές, ενώ η πιο ουδέτερη οσμή του οξικού οξέος δεν διακρίνεται. Ωστόσο, με πολύ προσεχτική όσφρηση των επικαλυμμένων δειγμάτων με χιτοζάνη οι δοκιμαστές μπορούσαν να διακρίνουν τη χαρακτηριστική οσμή της χιτοζάνης χωρίς ωστόσο να διακρίνεται άμεσα ή να γίνεται ενοχλητική (βλ. παράρτημα πίνακες 7.19-7.25).

Στις κομμένες φράουλες ο χρόνος φαίνεται να παίζει το σημαντικότερο ρόλο ως προς τη μεταβολή της εμφάνισης όπως αυτή αξιολογήθηκε από τους δοκιμαστές. Το ίδιο συμβαίνει και με το χρώμα όπου σημαντική μεταβολή παρατηρείται μόνο ως προς το χρόνο αποθήκευσης. Ωστόσο, η αρέσκεια και το άρωμα φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του επικαλυπτικού και κυρίως από τη χιτοζάνη (κιτρικό οξύ) και το μείγμα χιτοζάνης-ΗΡΜC. Αν και σε αρκετές περιπτώσεις δεν

παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές, η γενικότερη τάση των επικαλυμμένων δειγμάτων είναι να είναι εμφανίζουν καλύτερα χαρακτηριστικά σε σχέση με τα τυφλά και ειδικότερα το μείγμα χιτοζάνης-HPMC.

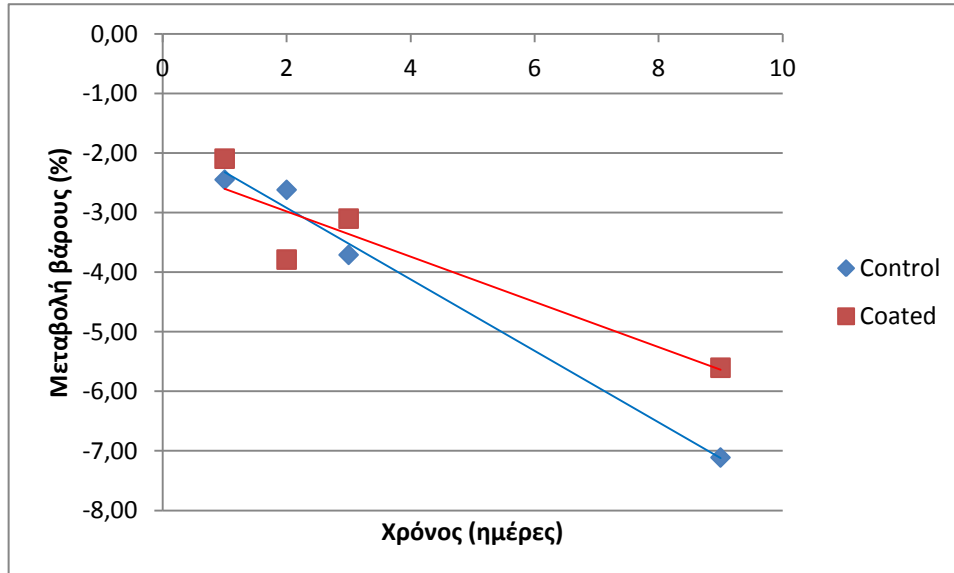
## 4.2 Σπαράγγια

### 4.2.1 Μεταβολή βάρους

Στη ενότητα αυτή γίνεται σύγκριση της μεταβολής βάρους των τυφλών και των επικαλυμμένων δειγμάτων σπαραγγιών.

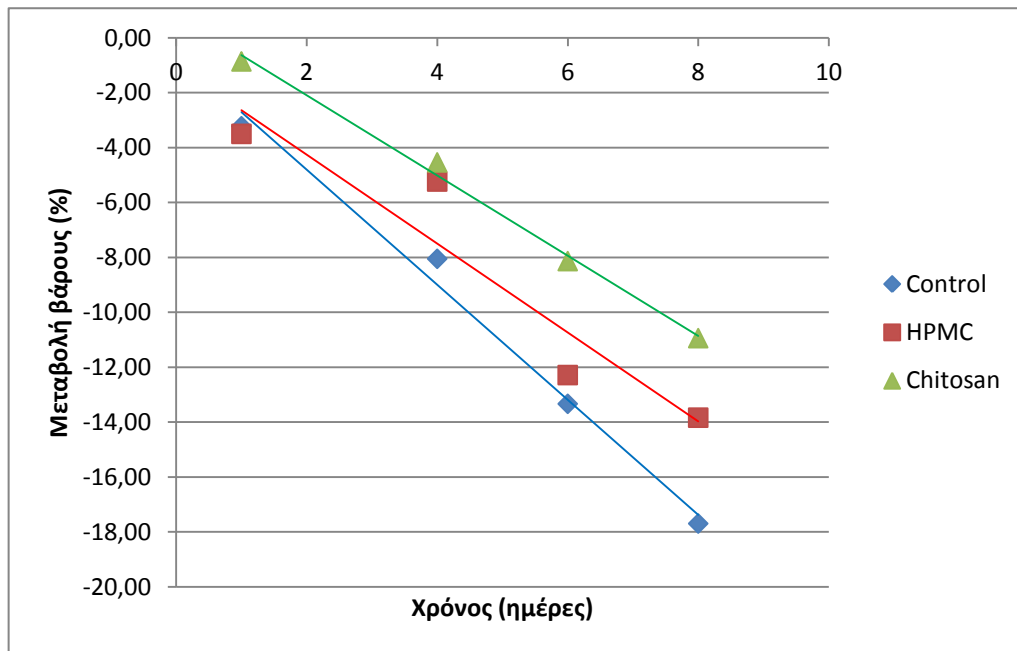
#### 4.2.1.1 Σειρά 1<sup>η</sup> (χιτοζάνη 1,5%)

Διάγραμμα 4.42 Απώλεια βάρους των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.



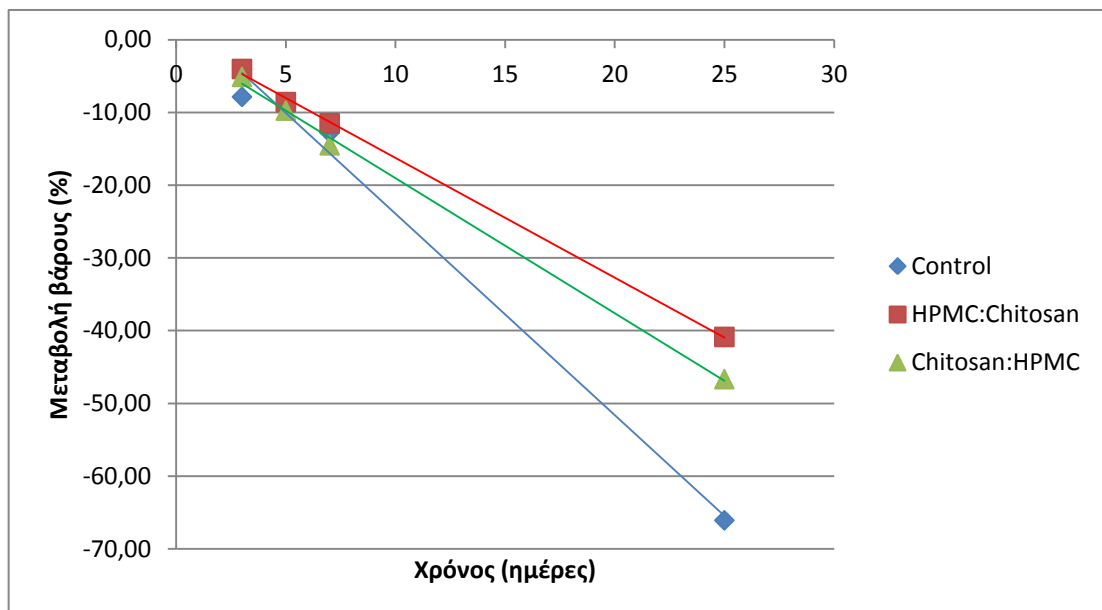
#### 4.2.1.2 Σειρές 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> (HPMC και χιτοζάνη 2%)

Διάγραμμα 4.43 Απώλεια βάρους των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.



#### 4.2.1.3 Σειρές 4<sup>η</sup> και 5<sup>η</sup> (HPMC: Χιτοζάνη 7:3 και Χιτοζάνη:HPMC 7:3)

Διάγραμμα 4.44 Απώλεια βάρους των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.



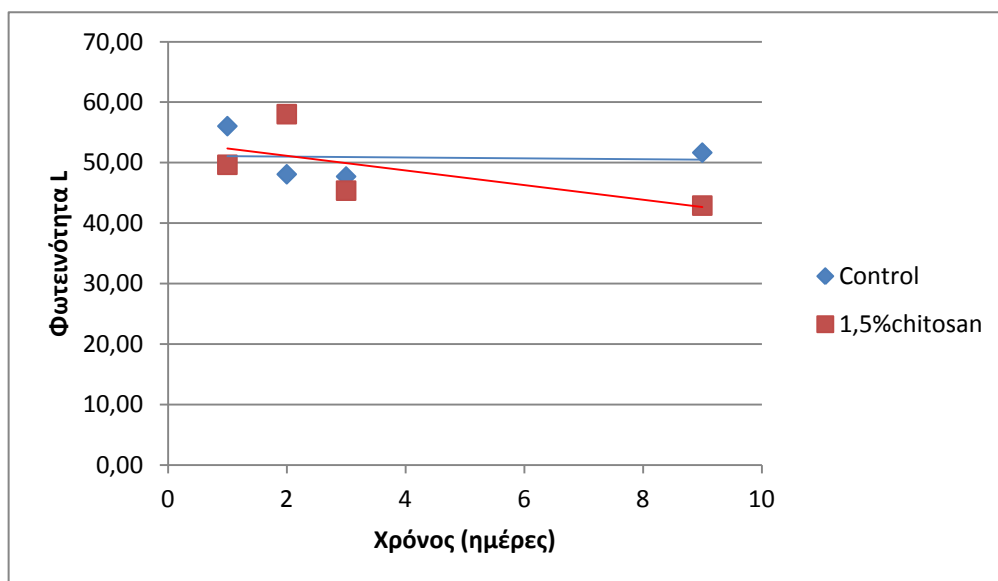
Τόσο από τα διαγράμματα, τα οποία δείχνουν την τάση που ακολουθεί η μεταβολή του βάρους στην κάθε περίπτωση, όσο και από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων (βλ. παράρτημα πίνακες 2.1-2.2) προκύπτει ότι η μεταβολή του βάρους εξαρτάται σημαντικά από το είδος του επικαλυπτικού. Συγκεκριμένα, τα επικαλυμμένα δείγματα εμφανίζουν απώλεια του βάρους τους σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με τα τυφλά τους. Ειδικότερα τα επικαλυπτικά χιτοζάνη και στις δύο συγκεντρώσεις (1,5 και 2%) και το μείγμα χιτοζάνης-HPMC σε αναλογία 7:3 εμφανίζουν σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα τυφλά δείγματα ως προς την απώλεια βάρους. Η διαφορετική τελική ημέρα των δειγμάτων δεν επιτρέπει τον προσδιορισμό του πιο αποτελεσματικού επικαλυπτικού, ωστόσο από τις πρώτες ημέρες η χιτοζάνη εμφανίζεται ως το πιο αποτελεσματικό.

#### 4.2.2 Χρώμα

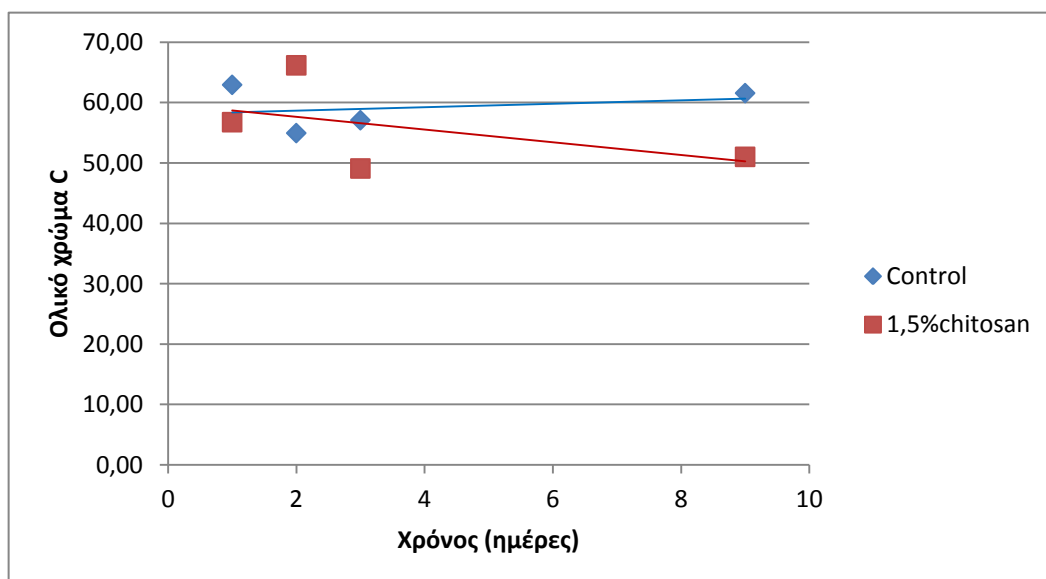
Στη ενότητα αυτή γίνεται σύγκριση της μεταβολής της φωτεινότητας και του ολικού χρώματος των τυφλών και των επικαλυμμένων δειγμάτων σπαραγγιών. Πραγματοποιήθηκαν ξεχωριστές μετρήσεις στο άνθος του κορμού και στο στέλεχος και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα.

#### 4.2.2.1 Σειρά 1<sup>η</sup> (χιτοζάνη 1,5%)

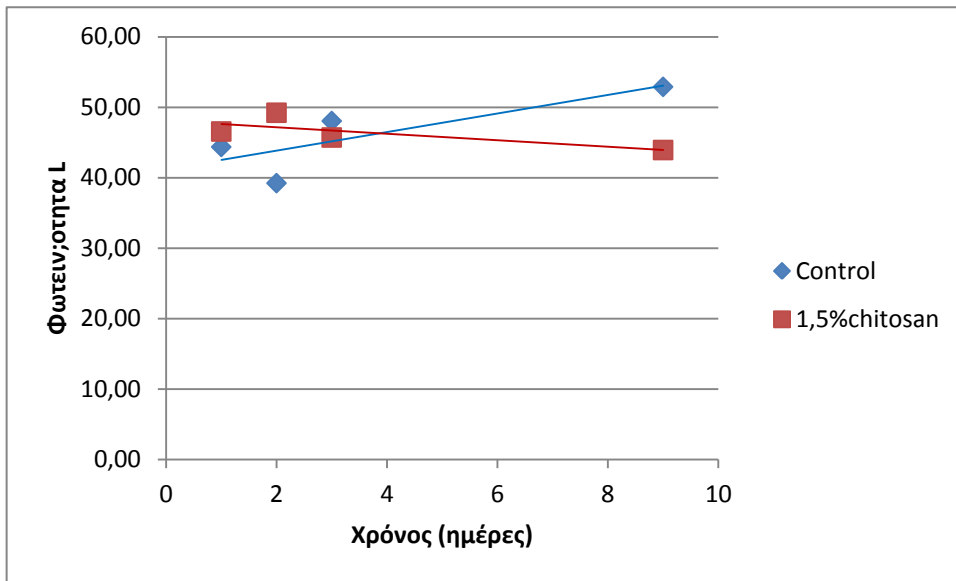
Διάγραμμα 4.45 Μεταβολή της φωτεινότητας L στο άνθος των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.



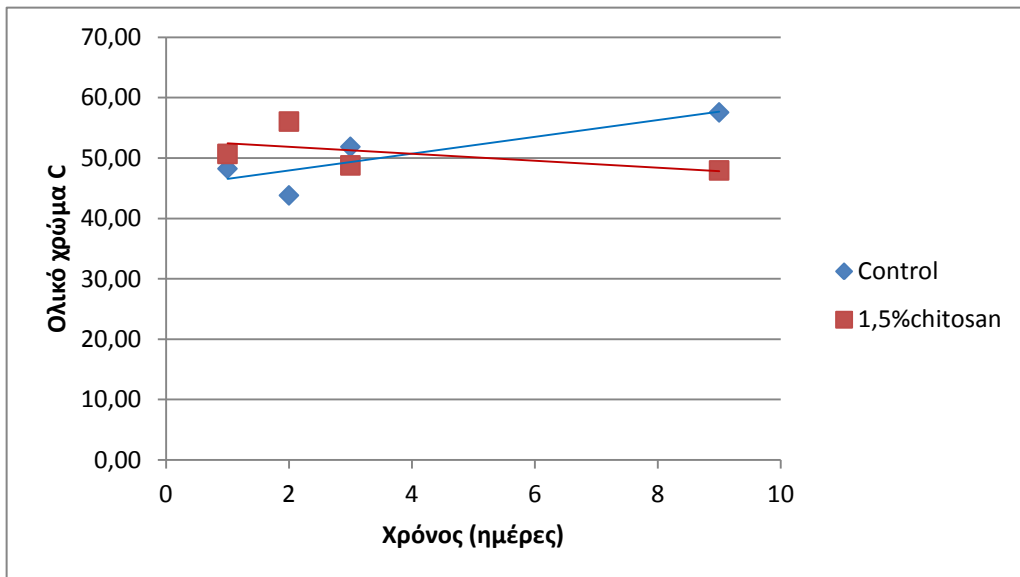
Διάγραμμα 4.46 Μεταβολή του ολικού χρώματος C στο άνθος των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.



Διάγραμμα 4.47 Μεταβολή της φωτεινότητας L στο στέλεχος των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.

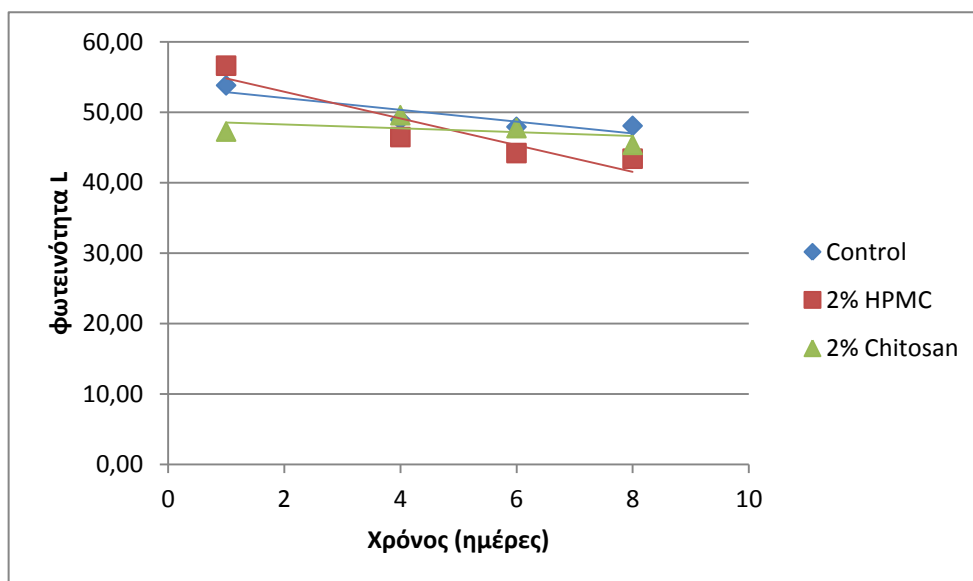


Διάγραμμα 4.48 Μεταβολή του ολικού χρώματος C στο στέλεχος των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.

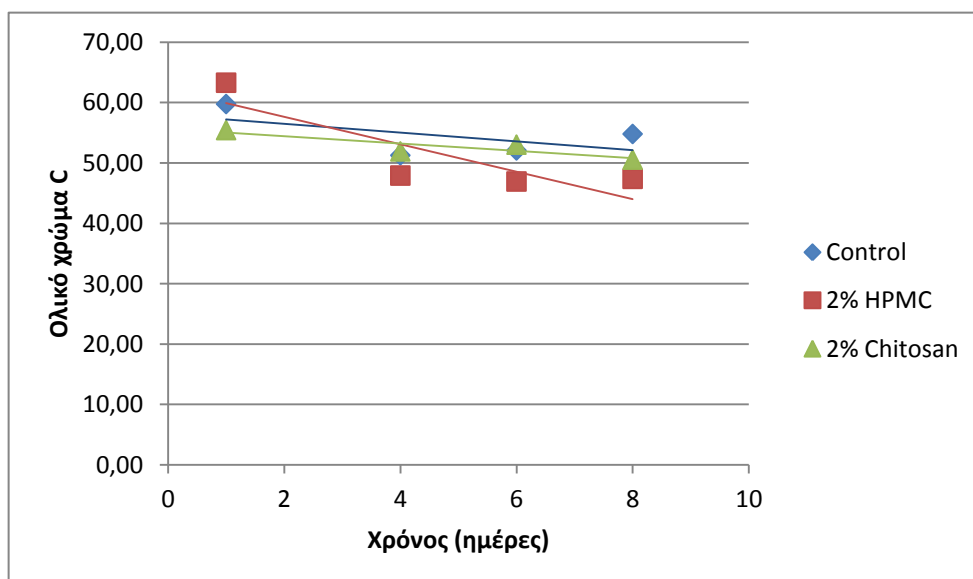


#### 4.2.2.2 Σειρές 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> (ΗΡΜC και χιτοζάνη 2%)

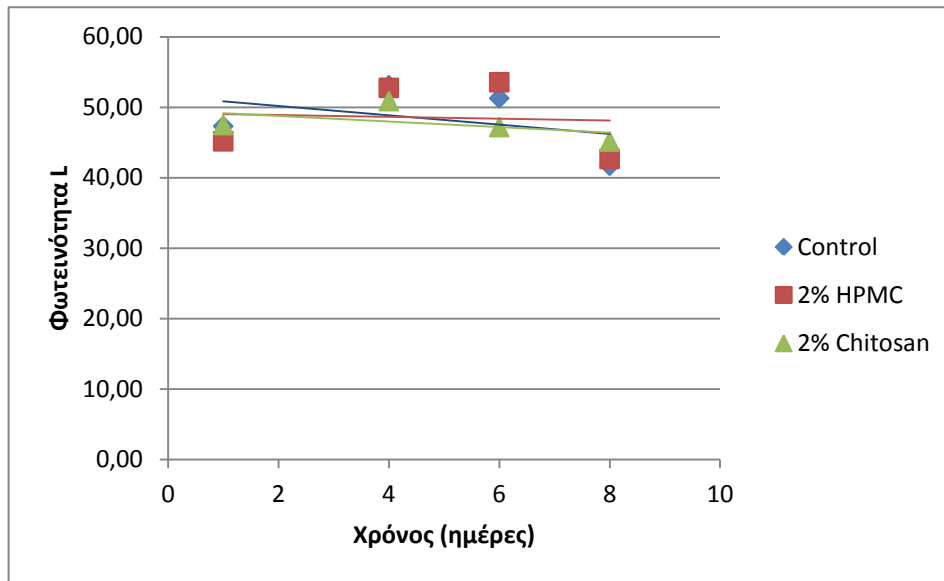
Διάγραμμα 4.49 Μεταβολή της φωτεινότητας L στο στέλεχος των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.



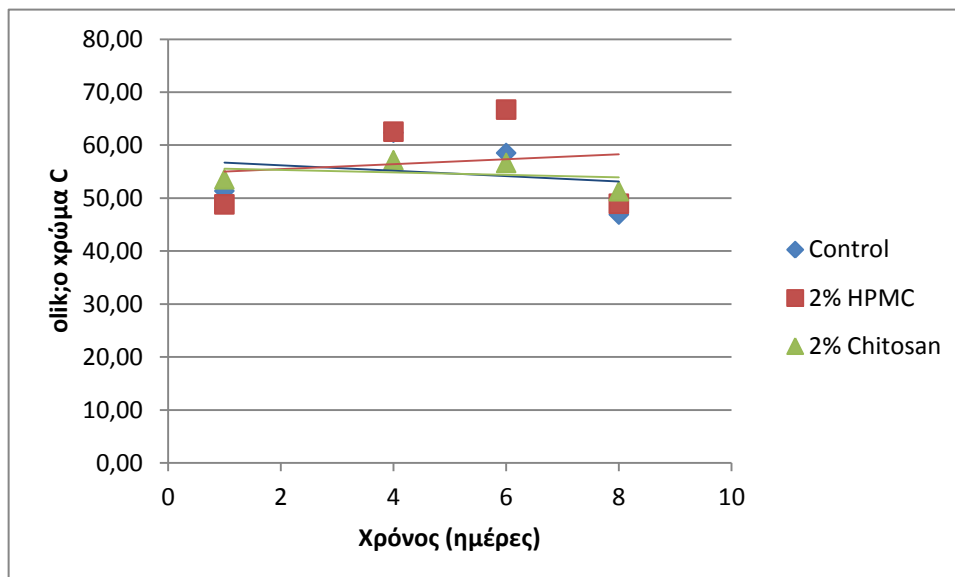
Διάγραμμα 4.50 Μεταβολή του χρώματος C στο στέλεχος των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.



Διάγραμμα 4.51 Μεταβολή της φωτεινότητας L στο άνθος των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.



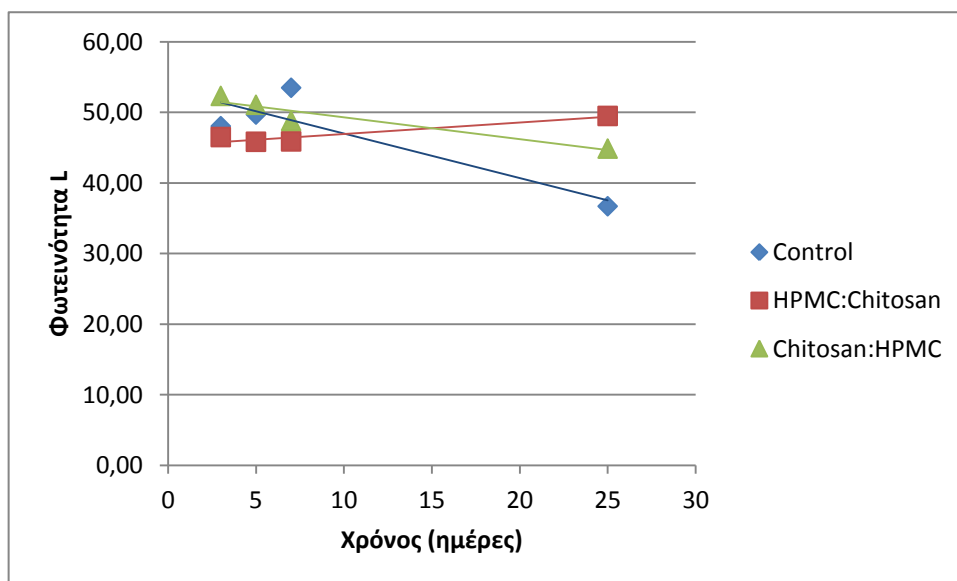
Διάγραμμα 4.52 Μεταβολή του ολικού χρώματος C στο άνθος των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.



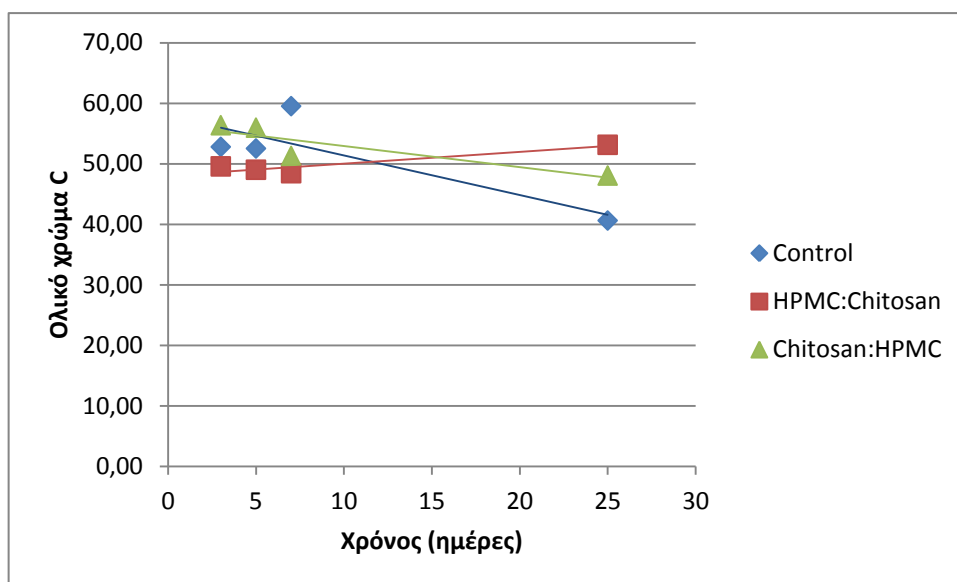


#### 4.2.2.3 Σειρές 4η και 5η (ΗPMC: Χιτοζάνη 7:3 και Χιτοζάνη:ΗPMC 7:3)

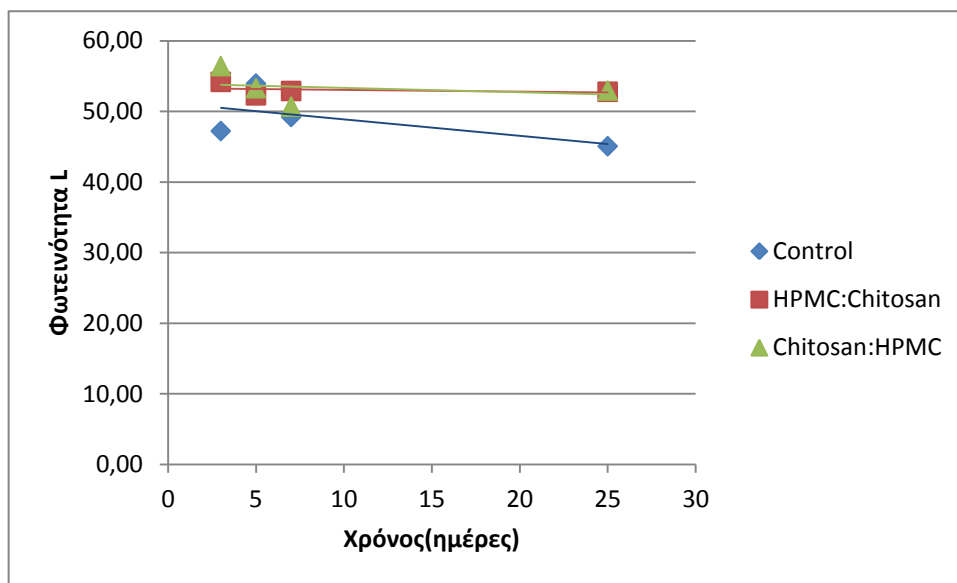
Πίνακας 4.8 Μεταβολή της φωτεινότητας L στο στέλεχος των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης



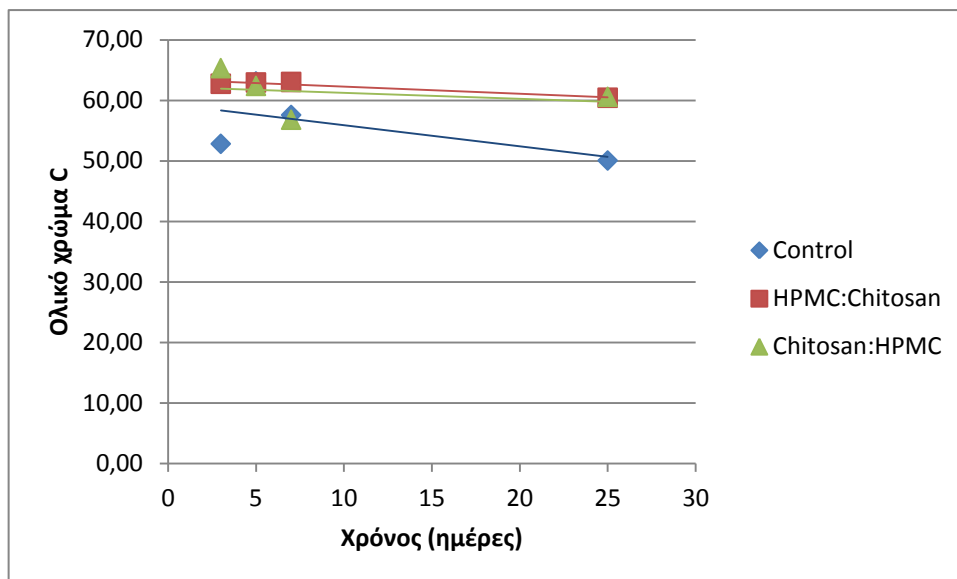
Διάγραμμα 4.53 Μεταβολή του ολικού χρώματος C στο στέλεχος των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.



Διάγραμμα 4.54 Μεταβολή της φωτεινότητας L στο άνθος των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.



Διάγραμμα 4.55 Μεταβολή του ολικού χρώματος C στο άνθος των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης.



Η φωτεινότητα των στελεχών των δειγμάτων δεν παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές παραμένοντας σχεδόν σταθερή. Μικρές μεταβολές παρατηρούνται στα επικαλυμμένα με μείγμα χιτοζάνης-HPMC σε αναλογία 7:3 δείγματα, όπου η

φωτεινότητα αυξάνεται ενώ αντίθετα η χρήση ΗΡΜC από μόνο του δείχνει να υποβαθμίζει το προϊόν ως προς τη φωτεινότητά του.

Όσον αφορά τη φωτεινότητα των ανθέων των δειγμάτων δεν παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές μεταξύ των δειγμάτων, δείχνοντας να μην επηρεάζεται από το είδος του επικαλυπτικού ή το χρόνο. Ωστόσο, παρατηρώντας τα διαγράμματα παρατηρείται ότι τα τυφλά δείγματα χάνουν τη φωτεινότητά τους με την πάροδο του χρόνου, ενώ τα επικαλυμμένα δείγματα διατηρούν τη φωτεινότητά τους σε παρόμοια επίπεδα.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν και για τη μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων είναι διαφορετικά. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.54 ακόμη και ύστερα από 25 ημέρες η χρήση επικαλυπτικού διατηρεί το χρώμα σταθερό, ενώ τα τυφλά έχουν χάσει σε σημαντικό βαθμό το χρώμα τους. Επίσης, μόνο ο συνδυασμός των δύο επικαλυπτικών διατηρεί το χρώμα, ενώ στα υπόλοιπα διαγράμματα το χρώμα των τυφλών είναι σε καλύτερα επίπεδα σε σχέση με τα επικαλυμμένα δείγματα.

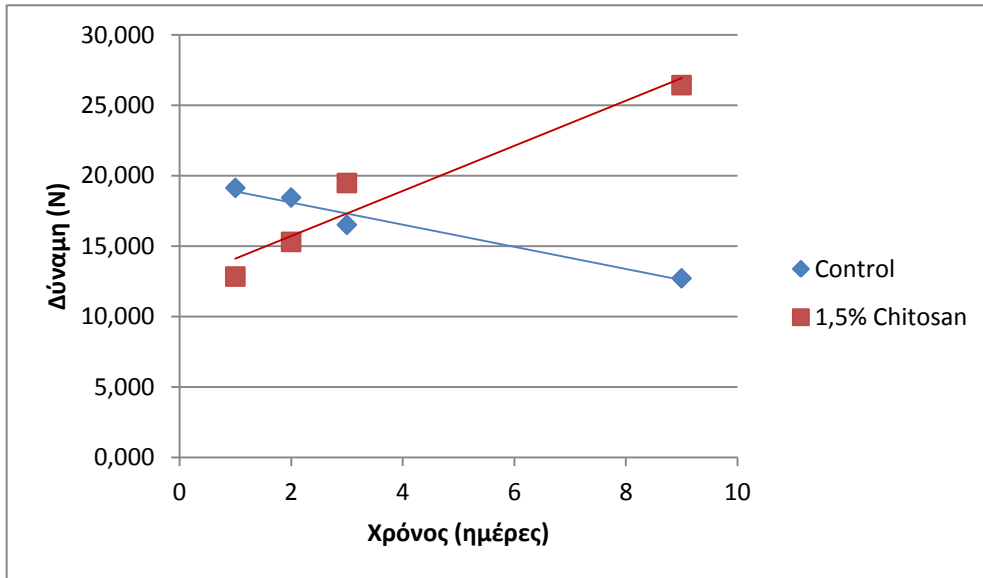
Γενικότερα η παρουσία χιτοζάνης στο επικαλυπτικό ευνοεί τη διατήρηση της φωτεινότητας και ενώ ο συνδυασμός ευνοεί τη διατήρηση του χρώματος.

#### 4.2.3 Υφή

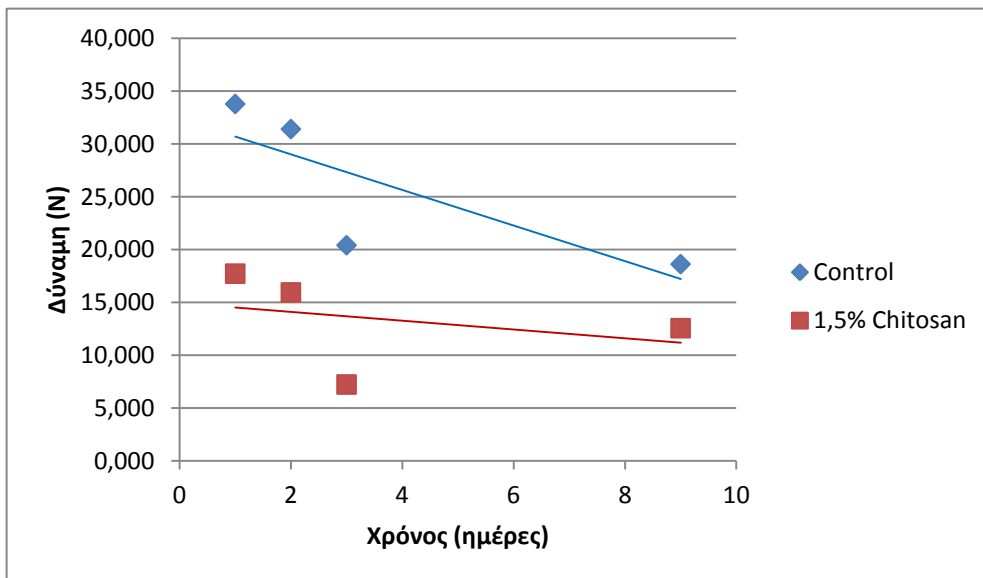
Στη ενότητα αυτή γίνεται σύγκριση της μεταβολής της σκληρότητας των τυφλών και των επικαλυμμένων δειγμάτων σπαραγγιών. Πραγματοποιήθηκαν ξεχωριστές μετρήσεις στο άνθος του κορμού και στο στέλεχος, στο οποίο η σκληρότητα μετρήθηκε τόσο κατά μήκος του κορμού παράλληλα στις ίνες του όσο και κάθετα σε αυτόν. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα.

#### 4.2.3.1 Σειρά 1<sup>η</sup> (χιτοζάνη 1,5%)

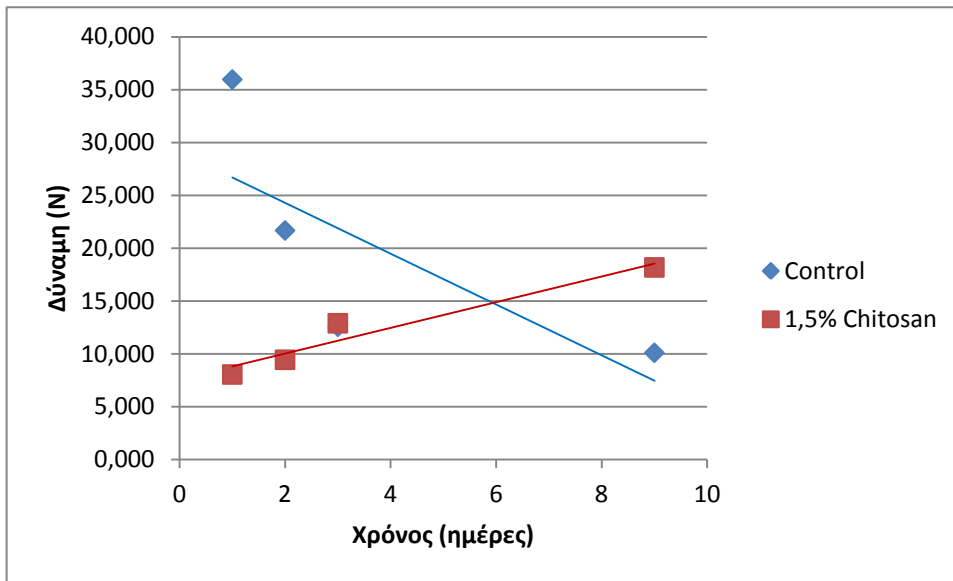
Διάγραμμα 4.56 Μεταβολή της ολικής σκληρότητας των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης. Τομή κάθετη στο στέλεχος.



Διάγραμμα 4.57 Μεταβολή της ολικής σκληρότητας των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης. Τομή κατά μήκος του στελέχους.

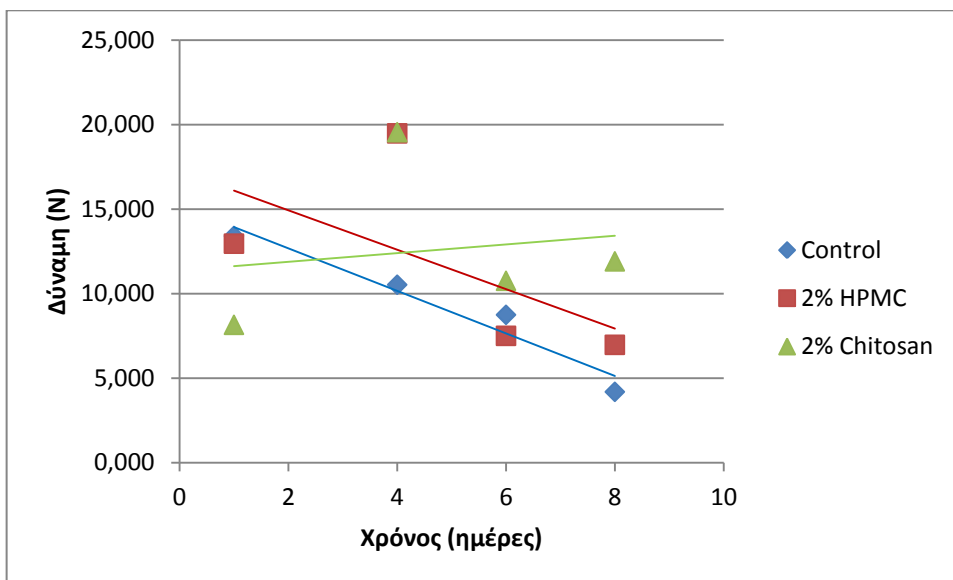


Διάγραμμα 4.58 Μεταβολή της ολικής σκληρότητας των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης. Τομή κάθετα στο άνθος.

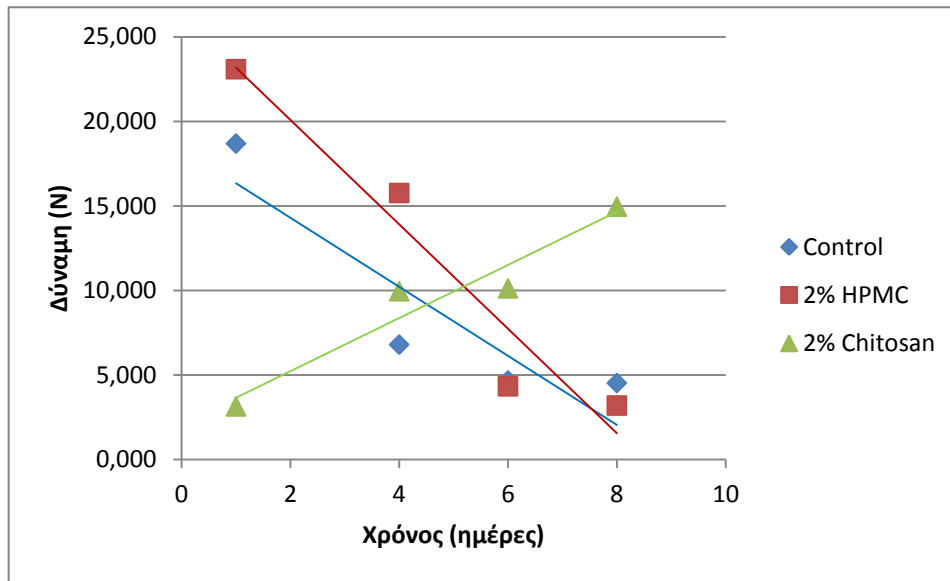


#### 4.2.3.2 Σειρές 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> (HPMC και χιτοζάνη 2%)

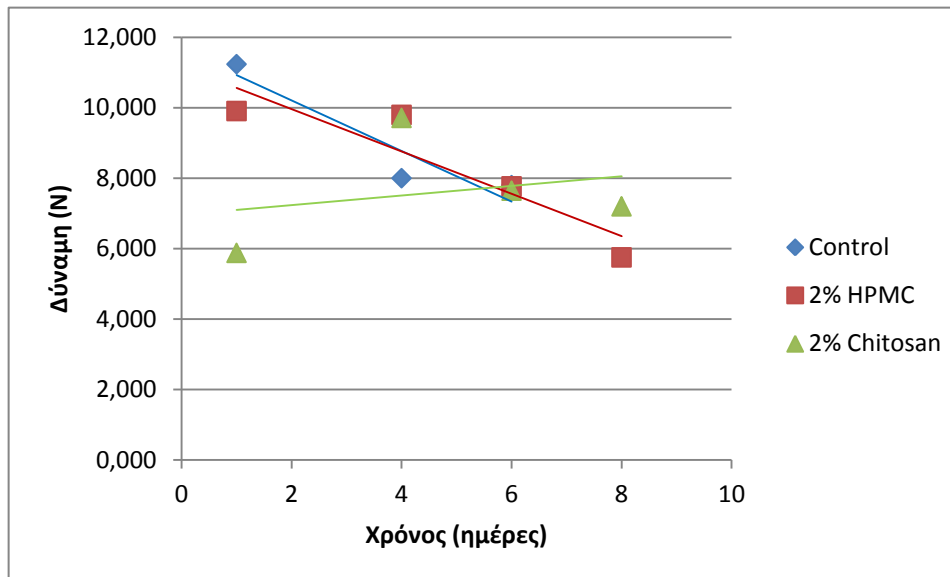
Διάγραμμα 4.59 Μεταβολή της ολικής σκληρότητας των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης. Τομή κάθετα στο στέλεχος.



Διάγραμμα 4.60 Μεταβολή της ολικής σκληρότητας των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης. Τομή κατά μήκος του στελέχους.

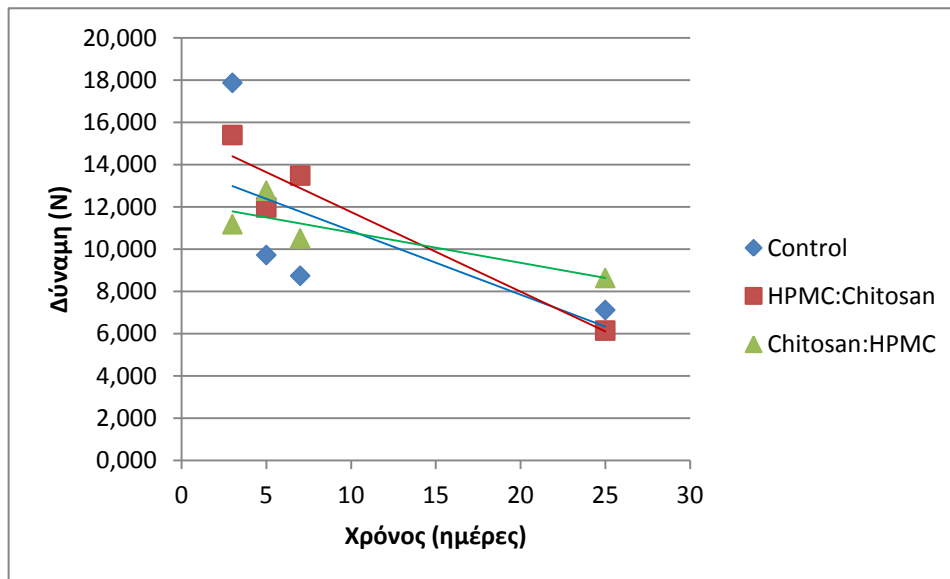


Διάγραμμα 4.61 Μεταβολή της ολικής σκληρότητας των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης. Τομή κάθετα στο άνθος.

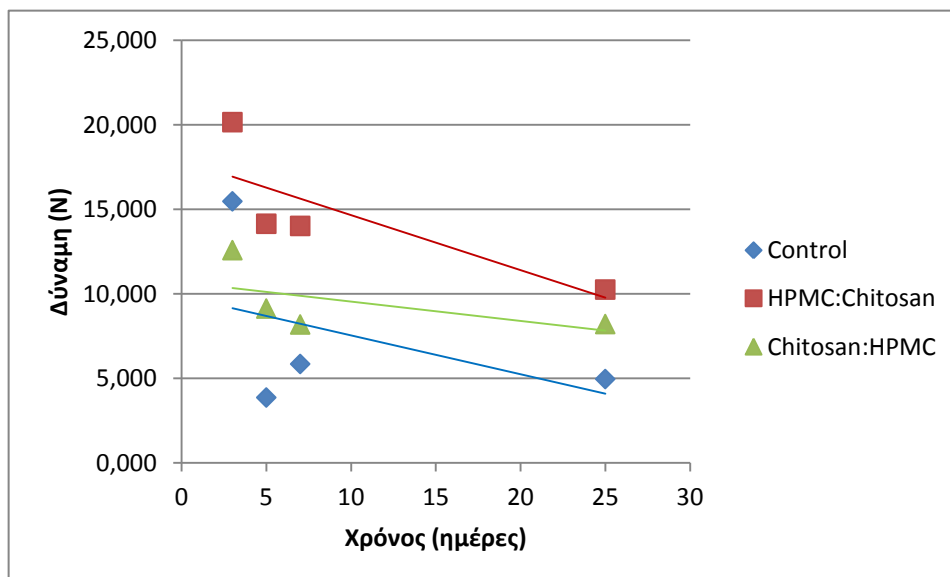


#### 4.2.3.3 Σειρές 4η και 5η (HPMC: Χιτοζάνη 7:3 και Χιτοζάνη:HPMC 7:3)

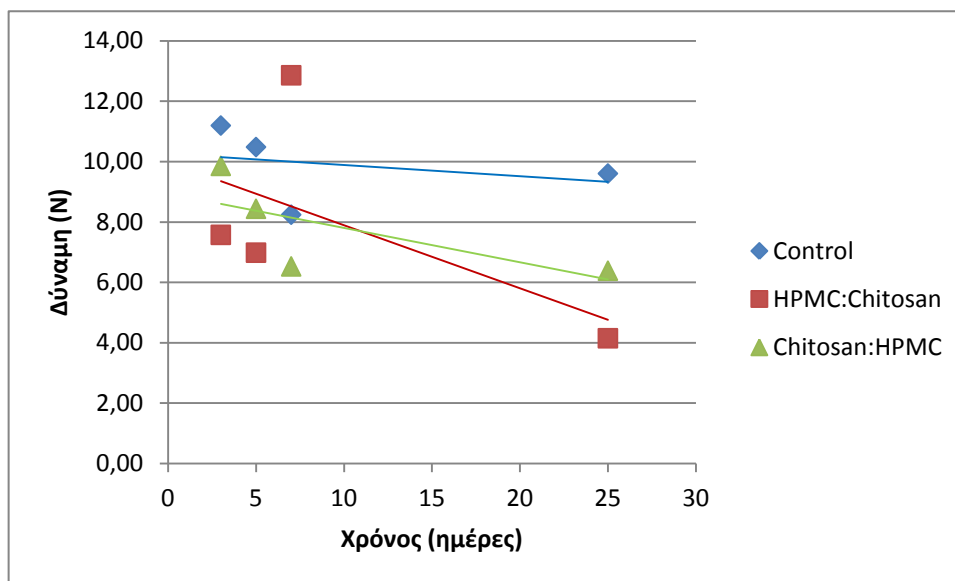
Διάγραμμα 4.62 Μεταβολή της ολικής σκληρότητας των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης. Τομή κάθετα στο στέλεχος.



Διάγραμμα 4.63 Μεταβολή της ολικής σκληρότητας των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης. Τομή κατά μήκος του στελέχους.



Διάγραμμα 4.64 Μεταβολή της ολικής σκληρότητας των σπαραγγιών συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης. Τομή κάθετα στο άνθος.



Τα τυφλά δείγματα έχουν την τάση χάνουν τη σκληρότητά τους καθώς μαραίνονται, όπως φαίνεται και από τα παραπάνω διαγράμματα. Από την άλλη η χρήση της χιτοζάνης ως επικαλυπτικό σε συγκέντρωση 1,5% δείχνει να αυξάνει τη σκληρότητα του ανθού και του στελέχους κάθετα, ενώ διατηρεί ίδια τη σκληρότητα παράλληλα στις ίνες του στελέχους.

Η αύξηση της συγκέντρωσης σε 2% για τη χιτοζάνη είχε ως αποτέλεσμα τη γενικότερη αύξηση της σκληρότητας όπου και αν αυτή μετρήθηκε, εμφανίζοντας όμως αρκετά μικρότερη σκληρότητα τις πρώτες μέρες σε σχέση με το τυφλό και το ΗPMC. Από την άλλη το ΗPMC φαίνεται να διατηρεί τη σκληρότητα σε ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με το τυφλό, χωρίς ωστόσο να παρουσιάζει καμία διαφορά με το τυφλό όσον αφορά τη σκληρότητα του ανθού.

Η χρήση των μειγμάτων χιτοζάνης-ΗPMC δεν επηρεάζει τη σκληρότητα του ανθού, μειώνει ωστόσο τη σκληρότητα του στελέχους τόσο κάθετα όσο και κατά μήκος των ινών του χωρίς ωστόσο σημαντικές διαφορές. Προκύπτει, λοιπόν, το συμπέρασμα πως η χρήση επικαλυπτικών δεν αλλοιώνει σε μεγάλο βαθμό τη φυσιολογική πορεία της σκληρότητας του σπαραγγιού. Ειδικότερα, το άνθος δεν επηρεάζεται παρά ελάχιστα, ενώ το στέλεχος δεν εμφανίζει σημαντικές διαφορές.

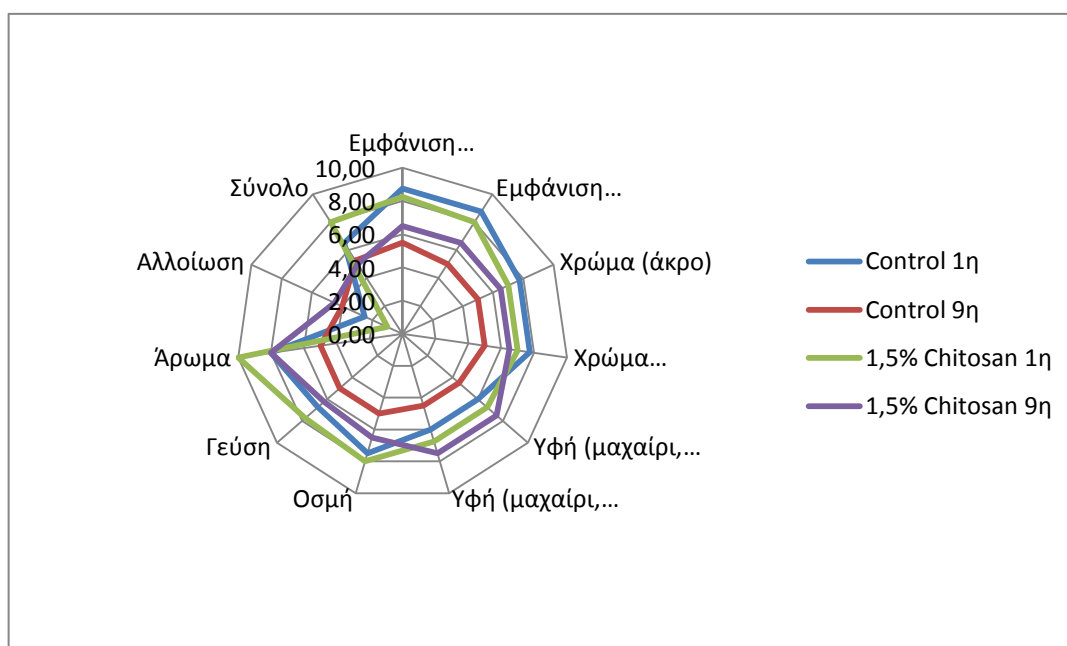


#### 4.2.4 Οργανοληπτική εξέταση

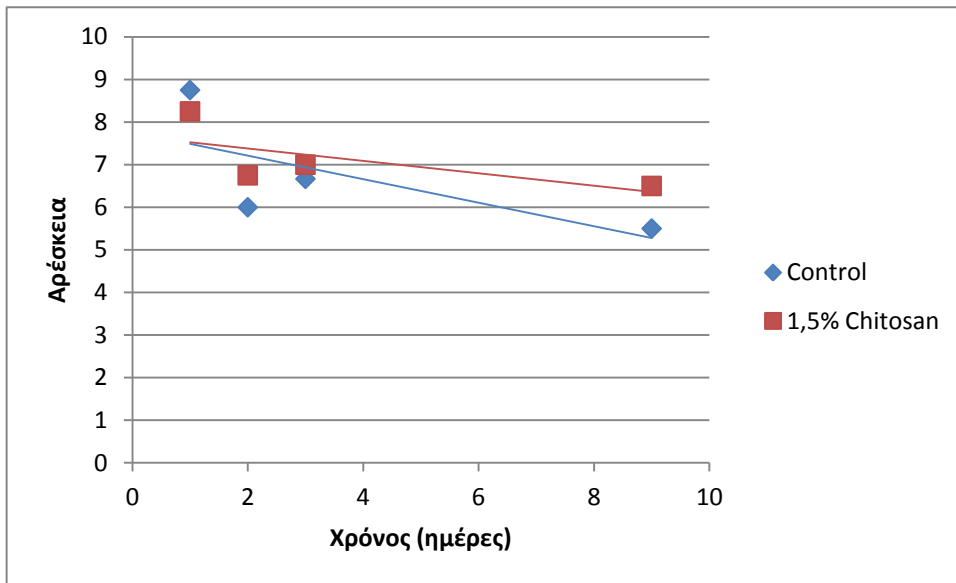
Στη ενότητα αυτή γίνεται σύγκριση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τυφλών και των επικαλυμμένων δειγμάτων σπαραγγιών. Πραγματοποιήθηκαν ξεχωριστές μετρήσεις στο άνθος του κορμού και στο στέλεχος, σύμφωνα με το έντυπο οργανοληπτικού ελέγχου για το σπαράγγι. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η μεταβολή της αρέσκειας συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης και οι τιμές που πήρε το χρώμα, η υφή, η οσμή, η γεύση, το άρωμα, η αλλοίωση και η συνολική αρέσκεια την πρώτη και την τελευταία ημέρα των δοκιμών.

##### 4.2.4.1 Σειρά 1<sup>η</sup> (χιτοζάνη 1,5%)

Διάγραμμα 4.65 Παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των σπαραγγιών κατά την 1<sup>η</sup> και 9<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης.

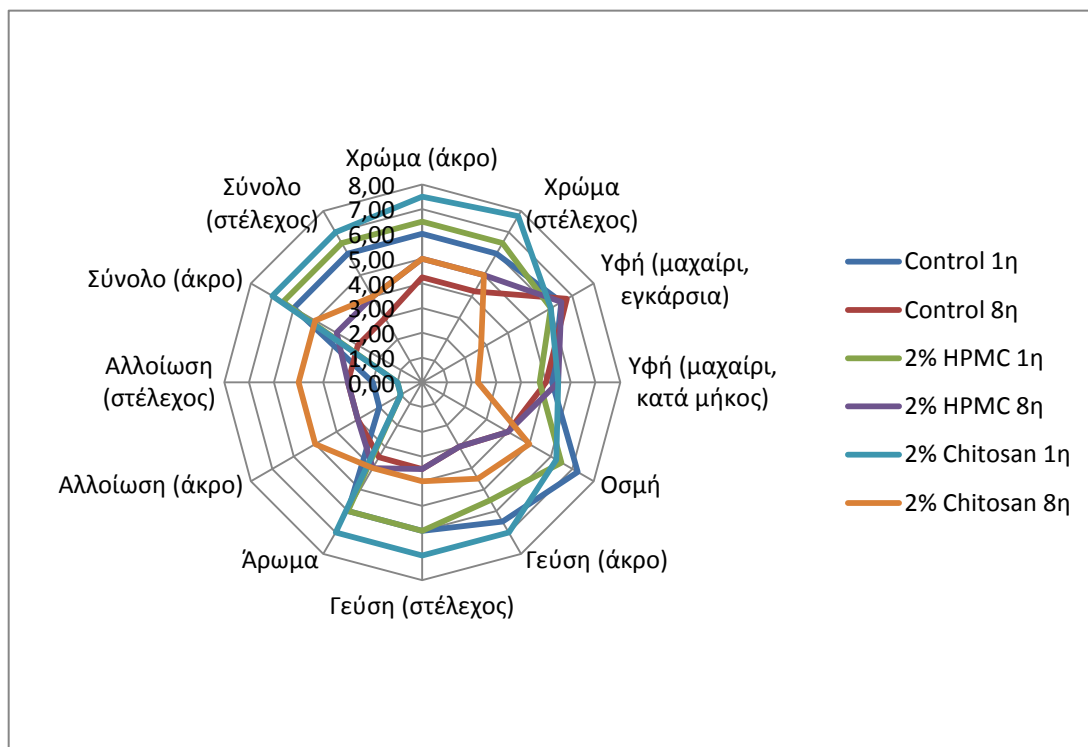


Διάγραμμα 4.66 Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας στα επικαλυμμένα με 1,5% χιτοζάνη σπαραγγια.

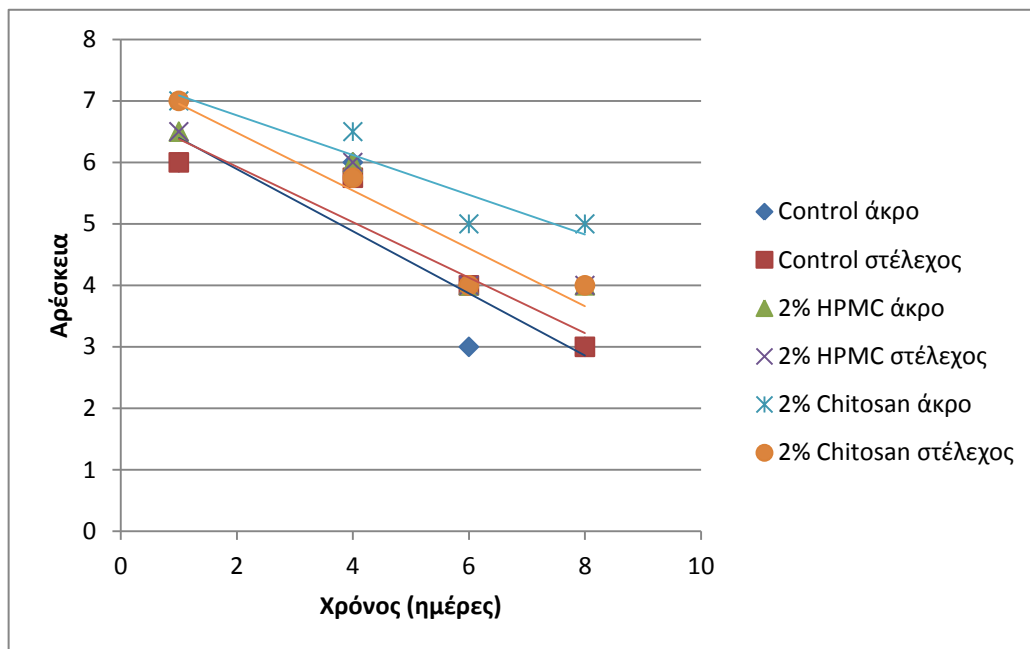


#### 4.2.4.2 Σειρές 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> (HPMC και χιτοζάνη 2%)

Διάγραμμα 4.67 Παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των σπαραγγιών κατά την 1<sup>η</sup> και 8<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης.

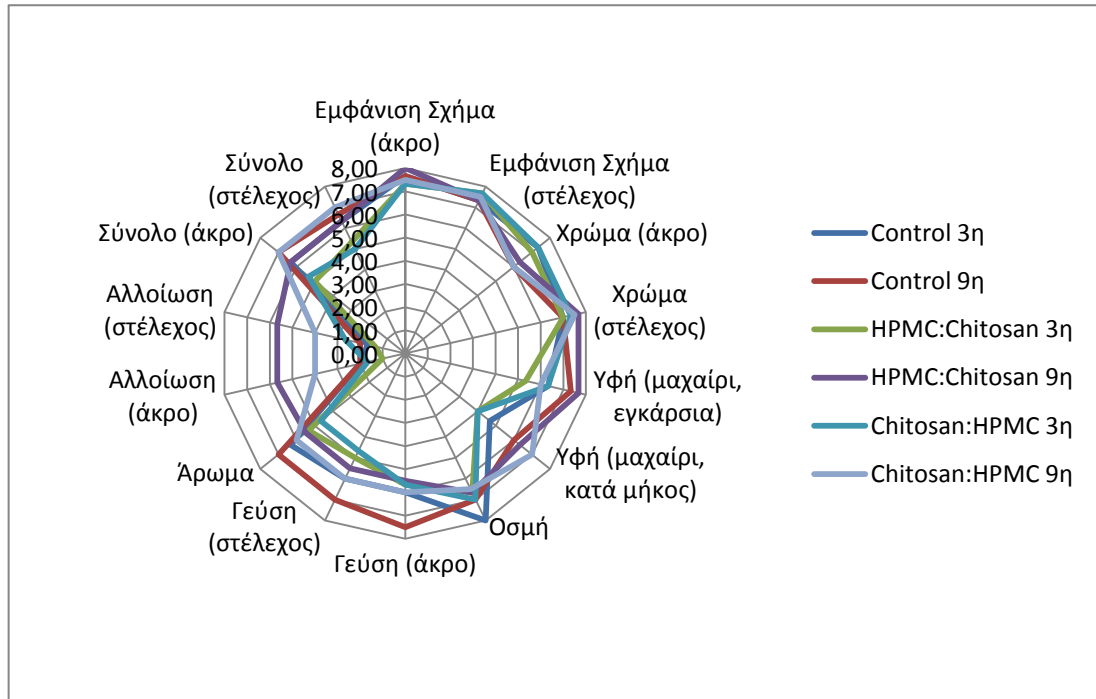


Διάγραμμα 4.68 Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας στα επικαλυμμένα με 2% χιτοζάνη και 2% HPMC σπαράγγια.

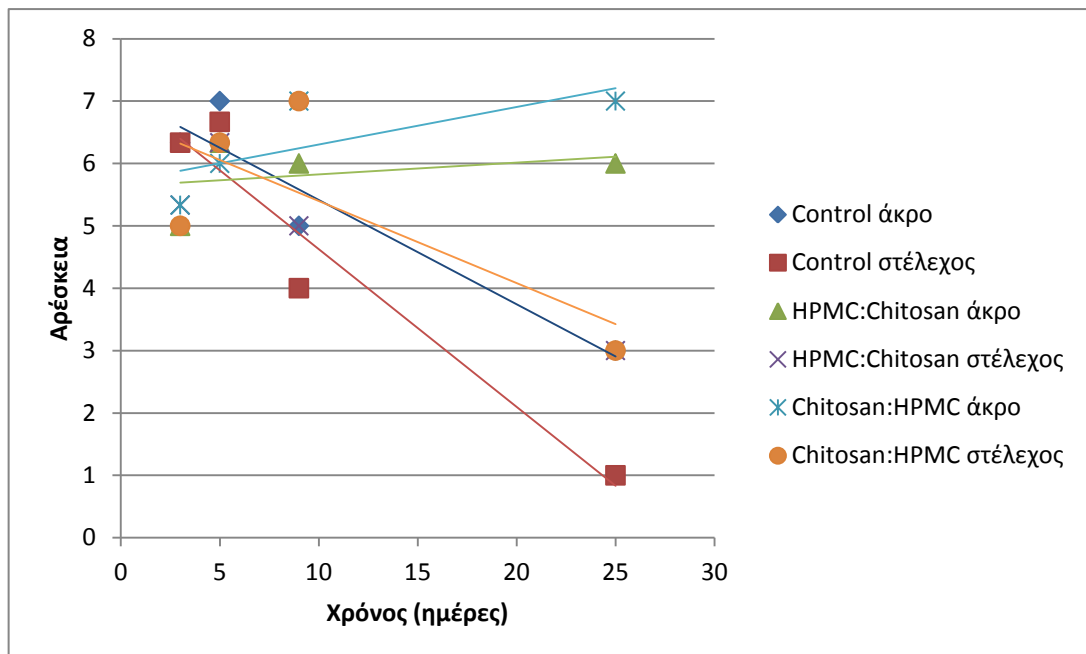


4.2.4.3 Σειρές 4η και 5η (HPMC:Χιτοζάνη 7:3 και Χιτοζάνη:HPMC 7:3)

Διάγραμμα 4.69 Παρουσίαση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των σπαραγγιών κατά την 1<sup>η</sup> και 9<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης.



Διάγραμμα 4.70 Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας στα σπαράγγια.



Η διάρκεια ζωής των σπαραγγιών καθορίστηκε από την τελευταία αποδεκτή οργανοληπτικά ημέρα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους. Πιο ευαίσθητο αποδείχθηκε το άνθος, το οποίο καθώς αλλοιώνεται αποκτά δυσάρεστη γεύση. Τα επικαλυμμένα με 1,5% χιτοζάνη δείγματα ήταν οριακώς αποδεκτά από τους δοκιμαστές την 9<sup>η</sup> ημέρα, ωστόσο αναφέρεται ικανοποιητικό άρωμα (8) και υφή (7,5), και σχετικά καλύτερο χρώμα (6,5 έναντι 5 του τυφλού κατά μέσο όρο).

Η χρήση 2% χιτοζάνης δεν είχε περαιτέρω θετική επίδραση μέχρι και την 8<sup>η</sup> ημέρα, αντίθετα τόσο τα επικαλυμμένα με 2% χιτοζάνη δείγματα, όσο και αυτά με 2% HPMC, κρίθηκαν μη αποδεκτά από την 6<sup>η</sup> μέρα.

Τα επικαλυμμένα με μείγμα χιτοζάνης:HPMC (διάγραμμα 4.69-4.70) δείγματα διατήρησαν τα εξωτερικά οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά σε αποδεκτό σημείο έως και την 25<sup>η</sup> ημέρα. Γευστικά κρίθηκαν αποδεκτά την 9<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης, ενώ δεν καταναλώθηκαν την 25<sup>η</sup> ημέρα, αξιολογήθηκαν ωστόσο εμφανισιακά και ως προς την οσμή τους. Μεγαλύτερο βαθμό ως προς τη συνολική αρέσκεια είχαν τα επικαλυμμένα με μείγμα χιτοζάνης-HPMC (αναλογία 7:3) δείγματα, χωρίς ωστόσο να εμφανίζουν ικανοποιητικό στέλεχος.



## 5 Συμπεράσματα – προτάσεις

Συνοψίζοντας τις παραπάνω παρατηρήσεις, τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων και λαμβάνοντας υπόψη τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων κατά τη διάρκεια της μελέτης προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Η πρώτη σειρά πειραμάτων στις φράουλες, επικαλυμμένες με χιτοζάνη σε υδατικό διάλυμα οξικού οξέος συγκέντρωσης 1,5%, εμφάνισε σχετικά καλά αποτέλεσμα ως προς την απώλεια βάρους, σημαντική διαφορά ωστόσο παρατηρείται μόνο στις τεμαχισμένες φράουλες μειώνοντας συνεπώς το ρυθμό απώλειας υγρασίας από την κομμένη επιφάνεια. Η φωτεινότητα των επικαλυμμένων δειγμάτων είναι αυξημένη και πιο κοντά σε αυτή των αρχικών προϊόντων, ενώ τα τυφλά δείγματα δείχνουν να χάνουν τη φωτεινότητά τους. Το συμπέρασμα αυτό ισχύει τόσο για τις ολόκληρες όσο και τις τεμαχισμένες φράουλες. Το χρώμα των τεμαχισμένων δειγμάτων δεν παρουσιάζει καμία σχεδόν διαφορά από τα τυφλά, στις ολόκληρες ωστόσο είναι πιο χαμηλό. Καμία ουσιαστική διαφορά στο pH των ολόκληρων δειγμάτων, διατήρησή του όμως κάτω από 4 στα τεμαχισμένα. Σημαντική διαφορά στην ποσότητα της βιταμίνης C ύστερα από 14 ημέρες για τις ολόκληρες και 8 για τις κομμένες φράουλες. Η συνολική αρέσκεια είναι χαμηλότερη για τις ολόκληρες φράουλες ενώ για τις τεμαχισμένες ακολουθεί την ίδια πορεία με τα τυφλά δείγματα. Σημαντικό ρόλο παίζει η χαρακτηριστική οσμή της χιτοζάνης αλλά και η παρουσία οξικού οξέος τα οποία ξεχωρίζουν από τα αρώματα και τη γεύση της φράουλας. Ωστόσο τα δείγματα εμφανίζονται συρρικνωμένα, αλλά με καλό χρώμα και διατηρούν την υφή τους.

Στη δεύτερη σειρά μελετήθηκε πάλι η χιτοζάνη διαλυμένη σε διάλυμα κιτρικού οξέος στην ίδια συγκέντρωση. Μικρή μείωση στην απώλεια βάρους παρατηρείται και εδώ σημαντική όμως για τις τεμαχισμένες φράουλες η οποία είναι αντίστοιχη αυτής του πρώτου επικαλυπτικού. Καμία σημαντική διαφορά και εδώ στη φωτεινότητα, το χρώμα όμως των ολόκληρων δειγμάτων διατηρείται σταθερό σε όλη τη διάρκεια της ζωής τους, παρουσιάζοντας έτσι σημαντική διαφορά με τα τυφλά στη διάρκεια του πειράματος. Η παρουσία του κιτρικού οξέος διατηρεί την τιμή του pH σε χαμηλά επίπεδα εμφανίζοντας σημαντικές διαφορές με τα τυφλά δείγματα αλλά και σε σχέση με τα άλλα επικαλυπτικά. Τα τεμαχισμένα δείγματα αξιολογήθηκαν αρνητικά από τους δοκιμαστές συνολικά, ενώ τα ολόκληρα διατηρούνται αποδεκτά για μεγάλο διάστημα. Οι φράουλες δεν απελευθερώνουν

το άρωμα τους τις πρώτες ημέρες παίρνοντας χαμηλότερο βαθμό, διατηρείται όμως στα ίδια επίπεδα μέχρι και την τελευταία, όταν το έχουν πλέον χάσει τα τυφλά.

Η μελέτη του ΗΡΜC ως επικαλυπτικό (σειρά 3<sup>η</sup>) είχε θετικά αποτελέσματα στην απώλεια βάρους στις τεμαχισμένες φράουλες, ελαφρώς καλύτερες σε σχέση με τη χιτοζάνη, αρνητική ωστόσο η επίδραση του συγκεκριμένου επικαλυπτικού στις ολόκληρες, χωρίς όμως να είναι σημαντική η απώλεια. Χαμηλή φωτεινότητα και χρώμα είναι το αποτέλεσμα χρήσης του συγκεκριμένου επικαλυπτικού στις φράουλες. Παρατηρείται μικρή αύξηση στην τιμή του pH. Τα δείγματα διατηρούν τη βιταμίνη C σε σημαντικά επίπεδα μετά και από 10 ημέρες. Μέτρια αποτελέσματα κατά την οργανοληπτική αξιολόγηση, και χαμηλή συρρίκνωση, απώλεια ωστόσο της υφής τους.

Εξαιρετικά αποτελέσματα έδωσε η χρήση του μίγματος χιτοζάνης-ΗΡΜC σε πολλές μετρήσεις. Συγκεκριμένα, παρουσίασε τη μικρότερη απώλεια βάρους τόσο στις ολόκληρες φράουλες όσο και στις τεμαχισμένες, όπου στην τελευταία περίπτωση η στατιστική επεξεργασία έδειξε σημαντική διαφορά όχι μόνο ως προς το τυφλό αλλά και ως προς τα υπόλοιπα επικαλυπτικά. Αντίστοιχα αποτελέσματα προκύπτουν και από τις μετρήσεις για την υγρασία. Η φωτεινότητα και των δειγμάτων δε δείχνει να εμφανίζει σημαντικές διαφορές με τα τυφλά, το χρώμα όμως των τεμαχισμένων είναι χαμηλό. Ο ρυθμός αύξησης του pH μειώνεται, κυρίως όμως στις ολόκληρες φράουλες. Πολύ καλό αξιολογείται το χρώμα όχι όμως και γεύση. Υψηλά βαθμολογείται και το άρωμα, εμφανίζουν πολύ μικρή συρρίκνωση και οριακά αποδεκτές ύστερα από 12 ημέρες για τις ολόκληρες και 5 για τις τεμαχισμένες.

Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων είχε η ποιότητα και η κατάσταση των πρώτων υλών. Είναι γεγονός πως προς το τέλος της άνοιξης και την αρχή του καλοκαιριού οπότε και τελειώνει η εποχή της φράουλας στην Ελλάδα, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, η ποιότητα των προϊόντων είναι υποδεέστερη. Συνεπώς οι τελευταίες σειρές επηρεάστηκαν από το γεγονός αυτό, ωστόσο το μείγμα χιτοζάνης-ΗΡΜC εμφάνισε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ακόμη, εμφανής ήταν η προσβολή των φρούτων από βοτρυτή, εμφανίζοντας κηλίδες στην επιφάνεια των δειγμάτων.

Δεν γίνεται αναφορά στα αποτελέσματα που είχε η χρήση συσκευασίας MAP στην 3<sup>η</sup> σειρά καθώς i) δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές, ii) το ΗΡΜC φάνηκε να



μην είναι από μόνο του συμβατό με τη φράουλα οπότε δεν προκύπτουν αντικειμενικά συμπεράσματα iii) δεν εφαρμόστηκε σε άλλα επικαλυπτικά οπότε και δεν υπάρχει μεταξύ τους σύγκριση. Για το λόγο αυτό δίνεται βαρύτητα μόνο στα αποτελέσματα που είχε το ΗΡΜC ως επικαλυπτικό στις φράουλες που δεν συσκευάστηκαν (ατμοσφαιρικός αέρας).

Στην 1<sup>η</sup> σειρά, η χρήση διαλύματος 1,5% χιτοζάνης, μείωσε σημαντικά την απώλεια βάρους. Μικρή μείωση παρατηρείται στη φωτεινότητα του άνθους, όχι όμως σημαντική. Το ίδιο και με το χρώμα. Σταθερά παραμένουν στο στέλεχος, τόσο η φωτεινότητα, όσο και το χρώμα. Η σκληρότητα αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου στο στέλεχος και λιγότερο στο άνθος, γεγονός είναι όμως ότι κατά τις πρώτες ημέρες η σκληρότητα των επικαλυμμένων είναι μικρότερη των τυφλών. Τα τυφλά δείγματα χάνουν πολύ γρήγορα τη σκληρότητά τους. Η συνολική εικόνα των επικαλυμμένων δειγμάτων αξιολογήθηκε ιδιαίτερα καλή, αλλά και τα επιμέρους χαρακτηριστικά ήταν σημαντικά καλύτερα από τα τυφλά την τελευταία ημέρα. Εξαιρετικό βαθμολογήθηκε το άρωμα, ενώ σκληρή χαρακτηριστική η υφή τους.

Στη 2<sup>η</sup> σειρά η αύξηση της συγκέντρωσης της χιτοζάνης μείωσε εξίσου την απώλεια βάρους, δεν είχε ωστόσο σημαντική διαφορά από την 1<sup>η</sup> σειρά. Σχεδόν καμία διαφορά στο χρώμα και τη φωτεινότητα του στελέχους, αλλά ούτε και του άνθους. Άλλωστε, και τα τυφλά δείγματα φαίνεται να διατηρούν σταθερά αυτά τα χαρακτηριστικά τους. Η αύξηση της συγκέντρωσης είχε, επίσης, ως αποτέλεσμα τη διατήρηση σταθερής της σκληρότητας σε όλα τα μέρη του σπαραγγιού. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όπως αυτά αξιολογήθηκαν από τους δοκιμαστές, χαρακτηρίζονται ικανοποιητικά και με μικρές αποκλείσεις από το πρώτο επικαλυπτικό. Τα δείγματα των πρώτων ημερών είναι σημαντικά καλύτερα από αυτά των τυφλών.

Η χρήση του ΗΡΜC, σειρά 3<sup>η</sup>, δεν είχε ικανοποιητικά αποτελέσματα, φαίνεται όμως ότι μείωσε την απώλεια βάρους. Μικρή μείωση στη φωτεινότητα και το χρώμα του στελέχους, αλλά μικρή αύξηση των δύο παραμέτρων στο άνθος χωρίς όμως σημαντική διαφορά. Όσον αφορά τη σκληρότητα, αυτή ακολουθεί την ίδια πτωτική πορεία με τα τυφλά βρίσκεται όμως συνολικά αρκετές μονάδες υψηλότερα. Δεν παρατηρείται καμία σημαντική διαφορά στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μεταξύ τυφλών και επικολλημένων καθ' όλη τη διάρκεια αποθήκευσης.

Η χρήση μειγμάτων χιτοζάνης-ΗΡΜC, σειρές 4 και 5, είχε τα αναμενόμενα αποτελέσματα, με μεγάλη διαφορά για το επικαλυπτικό με μεγαλύτερη συγκέντρωση χιτοζάνης. Σταθερό το χρώμα και η φωτεινότητα για το επικαλυπτικό με μεγαλύτερη συγκέντρωση σε ΗΡΜC, μικρή μείωση για το δεύτερο, αλλά καμία διαφορά μεταξύ των δύο στο άνθος. Το τυφλό εμφανίζει σημαντική μείωση των δύο αυτών χαρακτηριστικών σε μεγάλο χρόνο. Η παρουσία των συγκεκριμένων επικαλυπτικών μειώνει το ρυθμό απώλειας της σκληρότητας των δειγμάτων χωρίς ουσιαστικές, μεταξύ τους, διαφορές. Το άνθος φαίνεται να μαλακώνει με τη χρήση επικαλυπτικού χωρίς όμως να προβληματίσει. Γευστικά και από άποψη οσμής οι δοκιμαστές προτίμησαν τα τυφλά δείγματα, ωστόσο η συνολική εικόνα αλλά και όλα τα χαρακτηριστικά των δειγμάτων κινούνται σε υψηλά επίπεδα. Μικρή μείωση παρατηρείται στην υφή, αλλά σημαντική αλλοίωση για τα σπαράγγια επικαλυμμένα με το μείγμα με υψηλότερη συγκέντρωση ΗΡΜC.

Η ιδιαιτερότητα και η ευαισθησία του σπαραγγιού δίνουν, σε γενικές γραμμές, μέτρια αποτελέσματα και διαφορές μεταξύ των επικαλυπτικών και των τυφλών, με εξαίρεση την απώλεια βάρους όπου οι διαφορές είναι σαφείς. Ωστόσο, η χιτοζάνη και το μείγμα με μεγαλύτερη αναλογία χιτοζάνης προς ΗΡΜC, είναι και αυτά που ξεχωρίζουν μεταξύ των επικαλυπτικών που δοκιμάστηκαν.

## 5.1 Προτάσεις

Όσον αφορά τις φράουλες, απαιτείται περαιτέρω μελέτη στον τρόπο εφαρμογής της επικάλυψης, ιδιαίτερα στις τεμαχισμένες, όπου λόγω της νωπότητας της κομμένης επιφάνειας, καθυστερεί αρκετά να «στεγνώσει» το επικαλυπτικό προκειμένου να δημιουργηθεί η μεμβράνη. Το γεγονός αυτό κοστίζει σε χρόνο αλλά και οδηγεί σε υποβάθμιση όσο το προϊόν παραμένει σε συνθήκες που θα επιτρέψουν την ολοκλήρωση της διαδικασίας δημιουργίας μεμβράνης (συνήθως χαμηλή υγρασία και θερμοκρασία υψηλότερη από εκείνη της αποθήκευσης). Άλλες μέθοδοι επικάλυψης περιλαμβάνουν το «βούρτσισμα» και τον ψεκασμό, οι οποίες δημιουργούν ένα λεπτότερο στρώμα το οποίο «στεγνώνει» πιο γρήγορα, αλλά και απαιτούν μικρότερη ποσότητα επικαλυπτικού.

Θα μπορούσαν επίσης να δοκιμαστούν και διαφορετικές συγκεντρώσεις χιτοζάνης και ΗΡΜC, όπως επίσης και διαφορετικές αναλογίες μειγμάτων αυτών. Προσεκτικότερη μελέτη απαιτείται στη χρήση του ΗΡΜC ως επικαλυπτικού, καθώς

τα συγκεκριμένα πειράματα δεν έδειξαν να είναι αρκετά συμβατό με το εσωτερικό της φράουλας.

Η χρήση συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα θα μπορούσε να δείξει ικανοποιητικά αποτελέσματα με χρήση διαφορετικών αερίων και αναλογιών, είναι ωστόσο γεγονός, ότι αποτελεί μια ακριβή μέθοδο όσον αφορά το κόστος των υλικών συσκευασίας, δεδομένου και του μικρού χρόνου ζωής του προϊόντος. Ακόμη, η φράουλα είναι ένα προϊόν το οποίο δε συνηθίζεται να διατίθεται στην αγορά σε κλειστές αεροστεγείς συσκευασίας, αλλά χύμα ή σε κεσεδάκια. Προτείνεται ωστόσο, η αποθήκευση των νωπών και επικαλυμμένων φρούτων σε ψυκτικούς θαλάμους ελεγχόμενης ατμόσφαιρας.

Όσον αφορά το σπαράγγι, προτείνεται η χρήση επικάλυψης προκειμένου να μειωθεί ο ρυθμός απώλειας βάρους. Τα ιδιαίτερα, ωστόσο, οργανοληπτικά και άλλα χαρακτηριστικά του απαιτούν περαιτέρω μελέτη ως προς τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζονται από την παρουσία επικαλυπτικού. Αναμφίβολα, η χρήση χιτοζάνης και σε συνδυασμό με μικρή ποσότητα ΗΡΜC, είναι ένα επικαλυπτικό που θα μπορούσε να δοκιμαστεί σε βιομηχανική κλίμακα.

Τα σπαράγγια διακινούνται συνήθως σε ανοικτές συσκευασίες (μικρά δέματα των 500g), θα είχε ωστόσο ενδιαφέρον να μελετηθεί η διατήρησή τους σε κλειστή συσκευασία. Επειδή όμως το σπαράγγι είναι κλιμακτηριακό λαχανικό η συγκέντρωση αιθυλενίου στη συσκευασία ενδέχεται να έχει το αντίθετο αποτέλεσμα.



## 6 Βιβλιογραφία

1. Wim Jongen. Fruit and vegetable Processing: Improving quality. Chapter 2. Health benefits of increased fruit and vegetable consumption Susan Southon and Richard Faulks, Institute of Food Research, Norwich. 2002, Woodhead Publishing Ltd and CRC Press, LLC
2. Eurostat yearbook, *A Statistical Eye on Europe. Data 1988–1998*, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Commission, 2000.
3. Ho C-T, Lee C Y and Huang M-T. Phenolic compounds in food. An overview', in *Phenolic Compounds in Food and their Effects on Health 1*. ACS Symposium Series, Volume 506, 1992 2–7.
4. Kähkönen m p, Hopia A. I. and Heinonen M, 'Berry phenolics and their antioxidant activity', *J Agric Food Chem*, 2001 49 4076–82.
5. Staples L C and Francis F J, 'Colorimetry of cranberry cocktail by wide range spectrophotometry', *Food Technol*, 1968 22 611–15.
6. Sapers G M, Phillips J G, Rudolf H M and Di Vito A M, 'Cranberry quality: selection procedures for breeding programs', *J Am Soc Hortic Sci*, 1983 108 241–4.
7. Rommel A, Heatherbell D A and Wrolstad R, 'Red raspberry juice and wine: effect of processing and storage on anthocyanin pigment composition, color and appearance', *J Food Sci*, 1992 57 385–410.
8. Bakker J and Bridle P, 'Strawberry juice colour: the effect of sulphur dioxide and EDTA on the stability of anthocyanins', *J Sci Food Agric*, 1992 60 477–81.
9. Skrede L. C., Wrolstad R. E. and Lea P., 'Color stability of strawberry and blackcurrant syrups', *J Food Sci*, 1992 57 172–7.
10. Spanos G. A., Wrolstad R E and Heatherbell D. A., 'Influence of processing and storage on the phenolic composition of apple juice', *J Agric Food Chem*, 1990 38 1572–89.
11. Garcia-Viguera C, Zafrilla P and Tomás-Barberan F. A., 'Determination of the authenticity of fruit jams by HPLC analysis of anthocyanins', *J Sci Food Agric*, 1997 73 207–13.

12. Häkkinen S H, Kärenlampi S. O., Mykkänen H. M. and Törrönen A. R., 'Influence of domestic processing and storage on flavonol contents in berries', *J Agric Food Chem*, 2000 48 2960–5.
13. Ribéreau-gayon P, 'The anthocyanins in grapes and wines'. *Anthocyanins as Food Colors*, ed Markarkis P, New York, Academic Press, 1982.
14. Suárez Vallés B, Santamaria V J, Mangas Alonso J. J. and Gomis D. B., 'Highperformance liquid chromatography of the neutral phenolic compounds of low molecular weight in apple juice', *J Agric Food Chem*, 1994 42 2732–6.
15. Frankel E.N., Waterhouse A.L. and Teissedre P.L., 'Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low-density lipoproteins', *J Agric Food Chem*, 1995 43 890–4.
16. Abu-Amsa R., Croft K.D., Puddey I.B. and Beilin L.J., 'Phenolic content of various beverages determines the extent of inhibition of human serum and low-density lipoprotein oxidation in vitro identification and mechanism of action of some cinnamic acid derivatives from red wine', *Clin Sci*, 1996 91, 449–58.
17. Miller N.J. and Rice-Evans C.A., 'The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink', *Food Chem*, 1997 60 331–7.
18. Zafrilla P., Ferreres F. and Tomás-Barberán F.A., 'Effect of processing and storage on the antioxidant ellagic acid derivatives and flavonoids of red raspberry (*Rubus idaeus*) jams', *J Agric Food Chem*, 2001 49 3651–5.
19. Häkkinen S.H., Kärenlampi S.O., Mykkänen H.M., Heinonen I.M. and Törrönen A.R., 'Ellagic acid content in berries: influence of domestic processing and storage', *Eur Food Res Technol*, 2000 212 75–80.
20. Heinonen I.M., Meyer A.S. and Frankel E.N., 'Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation', *J Agric Food Chem*, 1998 46 4107–12.
21. Plumb G.W., Chambers S.J., Lambert N, Wanigatunga S and Williamson G, 'Influence of fruit and vegetable extracts on lipid peroxidation in microsomes containing specific cytochrome P450s', *Food Chem*, 1997 60 161–4.

22. Sang W.C., Eun J.C., Tae Y.H. and Kyoung H.C., 'Antioxidant activity of acylated anthocyanin isolated from fruits and vegetables', *J Food Sci Nutr*, 1997 2 191–6.
23. Hertog M.G.L., Hollman P.C.H. and Katan M.B., 'Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands', *J Agric Food Chem*, 1992 40 2379–83.
24. Wim Jongen J., *Fruit and vegetable Processing: Improving quality*. Aked, Cranfield. Maintaining the post-harvest quality of fruits and vegetables. University at Silsoe.
25. Muhammad Arshad, William T., *Ethylene: agricultural sources and applications*. Frankenberger, 2002
26. Wim Jongen, *Fruit and vegetable Processing: Improving quality. Maintaining the post-harvest quality of fruits and vegetables*. J. Aked, Cranfield University at Silsoe
27. A. K. Kanellis, C. Chang, H. Kende, D. Grierson, *Biology and biotechnology of the plant hormone ethylene*, 1997
28. Peter J. Davies, *Plant hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action*. 3<sup>rd</sup> edition 2004, Springer
29. Daphne J. Osborne, Michael T. McManus *Hormones, Signals and Target Cells in Plant Development*. Published 2005, Cambridge University Press.
30. Peter M. A. Toivonen and Jennifer R. DeEll, *Physiology of Fresh-cut Fruits and Vegetables*. Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market /edited by Olusola Lamikanra. 2002 by CRC Press LLC
31. Δημήτριος Γερασόπουλος, *Ελάχιστα μεταποιημένα φρούτα και λαχανικά*, Εργαστήριο Επεξεργασίας και Μηχανικής Τροφίμων, Τμήμα Γεωπονίας Α.Π.Θ.
32. Olusola Lamikanra, *Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market*, *Quality Parameters of Fresh-cut Fruit and Vegetable Products* Adel A. Kader.
33. Μιλτιάδης Δ. Βασιλακάκης, *Μετασυλλεκτική φυσιολογία, μεταχείριση οπωροκηπευτικών και τεχνολογία*, 2006, εκδόσεις Γαργατώνης. Θεσσαλονίκη.

34. Brecht, J.K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*. 30:18–22.
35. Ferguson, I., Volz, R., and Woolf, A. 1999. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. *Postharv. Biol. Technol.* 15:255–262.
36. Goldman, I.L., Kader, A.A., and Heintz, C. 1999. Influence of production, handling, and storage on phytonutrient content of foods. *Nutrition Reviews*. 57(9):S46–S52.
37. Aristippos Gennadios, *PROTEIN-BASED FILMS and COATINGS, Proteins as Raw Materials for Films and Coatings: Definitions, Current Status, and Opportunities*, John M. Krochta., Ph.D. 2002 by CRC Press LLC.
38. Aristippos Gennadios, *PROTEIN-BASED FILMS and COATINGS*, Ph.D. 2002 by CRC Press LLC.
39. Γιαλαμάς Χαράλαμπος, Συνδυασμός μεθόδων βιο-προστασίας και τεχνολογίας εδώδιμων μεμβρανών για την βελτίωση της ασφάλειας των τροφίμων, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Θεσσαλονίκη 2009
40. R.F. Weska, J.M. Moura, L.M. Batista, J. Rizzi, L.A.A. Pinto, Optimization of deacetylation in the production of chitosan from shrimp wastes: Use of response surface methodology, *Journal of Food Engineering* 80 (2007) 749–753
41. Fereidoon Shahidi, Janak Kamil Vidana Arachchi and You-Jin Jeon, Food applications of chitin and Chitosan, Department of Biochemistry, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NF, A1B 3X9, Canada, *Trends in Food Science & Technology* 10 (1999) 37±51.
42. Milda E. Embuscado, Kerry C. Huber, *Edible Films and Coatings for Food Applications*, Springer.
43. Hong Li, Tingxian Li, Robert J. Gordon, Samuel K. Asiedu, Kelin Hu, Strawberry plant fruiting efficiency and its correlation with solar irradiance, temperature and reflectance water index variation, *Environmental and Experimental Botany* 68 (2010) 165–174
44. Pilar Hernandez-Munoz, Eva Almenar, Valeria Del Valle, Dinoraz Velez, Rafael Gavara, Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage, *Food Chemistry* 110 (2008) 428–435



45. M. Vargas, A. Albers, A. Chiralt, C. Gonzalez-Martinez, Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings, *Postharvest Biology and Technology* 41 (2006) 164–171
46. Αθανάσιος Αγγίδης, Το σπαράγγι, καλλιέργεια - αξιοποίηση, 3η έκδοση βελτιωμένη, Θεσσαλονίκη 1991
47. <http://www.ilios-sparagi.gr>
48. William Grierson, Fruit Development, Maturation, and Ripening, University of Florida, Lake Alfred, Florida. Handbook of Plant and Crop Physiology Second Edition, Revised and Expanded. p: 143
49. Στεφανάκη – Νικηφοράκη Μαρία. Συστηματική Βοτανική Κλείδες. Τόμος Β'. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα 1999
50. Maria Cecilia do Nascimento Nunes. Color Atlas of Postharvest Quality of Fruits and Vegetables. 2008, John Wiley & Sons, Inc. p.: 181
51. David Arthey, P. R. Ashurst, Fruit processing. Blackie academic and professional, 1996. P.: 20-30
52. Maria V. Tzoumaki, Costas G. Biliaderis, Miltiadis Vasilakakis . Impact of edible coatings and packaging on quality of white asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) during cold storage. *Food Chemistry* 117 (2009) 55–63
53. Ahmed El Gaouth, J. Arul, J Grenier, A. Asselin. Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits. *Post harvest pathology and mycotoxins*.
54. Pilar Hernandez-Munoz, Eva Almenar, Maria Jose Ocio, Rafael Gavara. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*)
55. Erol Ayranci, Sibel Tunc. Cellulose-based edible films and their effects on fresh beans and strawberries. *Z Lebensm Unters Forsch A* (1997) 205: 470±473
56. Clara Ribeiro, Antonio A. Vicente, Jose A. Teixeira, Candida Miranda. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology* 44 (2007) 63–70
57. Daniel Lin and Yanyun Zhao, Innovations in the Development and Application of Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables.

Comprehensive Food Science and Food Safety, 2007, Institute of Food Technologists, 60-75

58. D. Campaniello, A. Bevilacqua, M. Sinigaglia, M.R. Corbo, Chitosan: Antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberries. *Food Microbiology* 25 (2008), 992–1000
59. F. Devlieghere, A. Vermeulen, J. Debevere, Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology* 21 (2004), 703–714
60. Jianshen An, Min Zhang, Shaojin Wang, Juming Tang, Physical, chemical and microbiological changes in stored green asparagus spears as affected by coating of silver nanoparticles-PVP. *LWT* 41 (2008), 1100–1107

## 7 Παράρτημα

### 7.1 Φράουλες

Πίνακας 7.1 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής βάρους στις ολόκληρες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Βάρος (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	P
<b>Intercept</b>	45,30257	1	45,30257	20,19456	0,000058
<b>Επικαλυπτικό</b>	7,55586	4	1,88896	0,84204	0,506847
<b>MAP</b>	6,09115	3	2,03038	0,90509	0,447173
<b>Χρόνος</b>	25,22878	8	3,15360	1,40578	0,223924
<b>Error</b>	89,73224	40	2,24331		

Πίνακας 7.2 Dunckan Test για την επίδραση του είδους των επικαλυπτικών στη μεταβολή του βάρους στις ολόκληρες φράουλες.

Duncan test; variable Βάρος (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 2,2433, df = 40,000						
	<b>Επικαλυπτικό</b>	<b>{1} -- 1,640</b>	<b>{2} -- 1,796</b>	<b>{3} -- 1,509</b>	<b>{4} -- 2,010</b>	<b>{5} -- ,8877</b>
<b>1</b>	τυφλό		0,859189	0,881403	0,693488	0,422906
<b>2</b>	χιτοζάνη (οξικό οξύ)	0,859189		0,759728	0,807761	0,351046
<b>3</b>	χιτοζάνη (κιτρικό οξύ)	0,881403	0,759728		0,607071	0,480727
<b>4</b>	HPMC	0,693488	0,807761	0,607071		0,260633
<b>5</b>	χιτοζάνη-HPMC	0,422906	0,351046	0,480727	0,260633	

Πίνακας 7.3 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής βάρους στις κομμένες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Βάρος (Spreadsheet2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	124,6571	1	124,6571	72,26606	0,000000
<b>Επικαλυπτικό</b>	25,8943	4	6,4736	3,75286	<b>0,011215</b>
<b>MAP</b>	9,5562	3	3,1854	1,84663	0,154705
<b>Χρόνος</b>	71,9578	9	7,9953	4,63503	0,000333
<b>Error</b>	67,2740	39	1,7250		

Πίνακας 7.4 Duncan Test για την επίδραση του είδους των επικαλυπτικών στη μεταβολή του βάρους στις κομμένες φράουλες.

Duncan test; variable Βάρος (Spreadsheet2) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,7250, df = 39,000						
	Επικαλυπτικό	{1} -- 1,822	{2} -- 3,562	{3} -- 3,805	{4} -- 2,612	{5} -- ,9523
<b>1</b>	τυφλό		<b>0,036359</b>	<b>0,020976</b>	0,308038	0,262910
<b>2</b>	χιτοζάνη (οξιτικό οξύ)	<b>0,036359</b>		0,752928	0,221572	<b>0,002682</b>
<b>3</b>	χιτοζάνη (κιτρικό οξύ)	<b>0,020976</b>	0,752928		0,148596	<b>0,001339</b>
<b>4</b>	ΗPMC	0,308038	0,221572	0,148596		<b>0,045731</b>
<b>5</b>	χιτοζάνη-ΗPMC	0,262910	<b>0,002682</b>	<b>0,001339</b>	<b>0,045731</b>	

Πίνακας 7.5 Ανάλυση διακύμανσης της φωτεινότητας L στις ολόκληρες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Φωτεινότητα L (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	15537,07	1	15537,07	324,3769	0,000000
<b>Επικαλυπτικό</b>	286,95	4	71,74	1,4977	0,221168
<b>MAP</b>	17,28	3	5,76	0,1202	0,947665
<b>Χρόνος</b>	252,13	8	31,52	0,6580	0,724522
<b>Error</b>	1915,93	40	47,90		

Πίνακας 7.6 Duncan Test για την επίδραση του είδους των επικαλυπτικών στη μεταβολή της φωτεινότητας L στις ολόκληρες φράουλες.

Duncan test; variable Φωτεινότητα L (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 47,898, df = 40,000						
	Επικαλυπτικό	{1} - 33,440	{2} - 26,732	{3} - 34,277	{4} - 31,061	{5} - 39,243
1	τυφλό		0,123411	0,836640	0,558581	0,182036
2	χιτοζάνη (οξικό οξύ)	0,123411		0,094037	0,289451	<b>0,006929</b>
3	χιτοζάνη (κιτρικό οξύ)	0,836640	0,094037		0,458351	0,225377
4	HPMC	0,558581	0,289451	0,458351		0,069576
5	χιτοζάνη-HPMC	0,182036	0,006929	0,225377	<b>0,069576</b>	

Πίνακας 7.7 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής φωτεινότητας στις κομμένες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Φωτεινότητα L (Spreadsheet2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	15383,74	1	15383,74	326,7122	0,000000
<b>Επικαλυπτικό</b>	107,92	4	26,98	0,5730	0,683830
<b>MAP</b>	72,10	3	24,03	0,5104	0,677451
<b>Χρόνος</b>	241,76	9	26,86	0,5705	0,812675
<b>Error</b>	1836,37	39	47,09		

Πίνακας 7.8 Duncan Test για την επίδραση του είδους των επικαλυπτικών στη μεταβολή της φωτεινότητας στις κομμένες φράουλες.

Duncan test; variable Φωτεινότητα L (Spreadsheet2) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 47,087, df = 39,000						
	Επικαλυπτικό	{1} - 34,981	{2} - 34,837	{3} - 38,905	{4} - 31,061	{5} - 42,615
1	τυφλό		0,971476	0,332424	0,362331	0,077766
2	χιτοζάνη (οξικό οξύ)	0,971476		0,344472	0,350850	0,081907
3	χιτοζάνη (κιτρικό οξύ)	0,332424	0,344472		0,079398	0,359146
4	HPMC	0,362331	0,350850	0,079398		<b>0,011844</b>
5	χιτοζάνη-HPMC	0,077766	0,081907	0,359146	<b>0,011844</b>	

Πίνακας 7.9 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής του χρώματος στις ολόκληρες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for CHROMA (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	14109,78	1	14109,78	431,3997	0,000000
Επικαλυπτικό	396,94	4	99,23	3,0341	<b>0,028241</b>
MAP	521,43	3	173,81	5,3141	<b>0,003538</b>
Χρόνος	327,73	8	40,97	1,2525	0,295207
Error	1308,28	40	32,71		

Πίνακας 7.10 Duncan Test για την επίδραση του είδους των επικαλυπτικών στη μεταβολή του χρώματος στις ολόκληρες φράουλες.

Duncan test; variable CHROMA (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 32,707, df = 40,000						
	Επικαλυπτικό	{1} - 33,653	{2} - 43,052	{3} - 39,132	{4} - 28,391	{5} - 31,654
1	τυφλό		<b>0,010013</b>	0,107987	0,143378	0,552068
2	χιτοζάνη (οξιτικό οξύ)	<b>0,010013</b>		0,246287	<b>0,000208</b>	<b>0,002574</b>
3	χιτοζάνη (κιτρικό οξύ)	0,107987	0,246287		<b>0,004351</b>	<b>0,038735</b>
4	HPMC	0,143378	<b>0,000208</b>	<b>0,004351</b>		0,333300
5	χιτοζάνη-HPMC	0,552068	<b>0,002574</b>	<b>0,038735</b>	0,333300	

Πίνακας 7.11 Duncan Test για την επίδραση του είδους της συσκευασίας στη μεταβολή του χρώματος στις ολόκληρες φράουλες.

Duncan test; variable CHROMA (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 32,707, df = 40,000					
	MAP	{1} - 36,621	{2} - 26,004	{3} - 30,276	{4} - 28,724
1	1		<b>0,000382</b>	<b>0,018364</b>	<b>0,005399</b>
2	2	<b>0,000382</b>		0,124870	0,297665
3	3	<b>0,018364</b>	0,124870		0,550740
4	4	<b>0,005399</b>	0,297665	0,550740	

Πίνακας 7.12 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής του χρώματος στις κομμένες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Chroma (Spreadsheet2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	10932,19	1	10932,19	203,9550	0,000000
Επικαλυπτικό	917,92	4	229,48	4,2813	0,005744
MAP	789,04	3	263,01	4,9069	0,005475
Χρόνος	486,72	9	54,08	1,0089	0,449626
Error	2090,44	39	53,60		

Πίνακας 7.13 Duncan Test για την επίδραση του είδους των επικαλυπτικών στη μεταβολή του χρώματος στις κομμένες φράουλες.

Duncan test; variable Chroma (Spreadsheet2) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 53,601, df = 39,000						
	Επικαλυπτικό	{1} - 35,925	{2} - 46,214	{3} - 34,869	{4} - 28,391	{5} - 27,160
1	Τυφλό		0,020752	0,805924	0,102333	0,066264
2	χιτοζάνη (οξιτικό οξύ)	0,020752		0,015007	0,000336	0,000178
3	χιτοζάνη (κιτριτικό οξύ)	0,805924	0,015007		0,136902	0,094683
4	HPMC	0,102333	0,000336	0,136902		0,774427
5	χιτοζάνη-HPMC	0,066264	0,000178	0,094683	0,774427	

Πίνακας 7.14 Duncan Test για την επίδραση του είδους της συσκευασίας στη μεταβολή του χρώματος στις κομμένες φράουλες.

Duncan test; variable Chroma (Spreadsheet2) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 53,601, df = 39,000					
	MAP	{1} - 37,909	{2} - 26,004	{3} - 30,276	{4} - 28,724
1	1		0,001575	0,026171	0,011108
2	2	0,001575		0,229753	0,414830
3	3	0,026171	0,229753		0,640951
4	4	0,011108	0,414830	0,640951	

Πίνακας 7.15 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής pH στις ολόκληρες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for pH (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>211,7216</b>	<b>1</b>	<b>211,7216</b>	<b>11191,76</b>	<b>0,000000</b>
<b>Επικαλυπτικό</b>	0,1407	4	0,0352	1,86	0,136624
<b>MAP</b>	0,0023	3	0,0008	0,04	0,988652
<b>Χρόνος</b>	<b>1,0681</b>	<b>8</b>	<b>0,1335</b>	<b>7,06</b>	<b>0,000009</b>
<b>Error</b>	0,7567	40	0,0189		

Πίνακας 7.16 Duncan Test για την επίδραση του είδους των επικαλυπτικών στη μεταβολή του pH στις ολόκληρες φράουλες.

Duncan test; variable pH (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS =,01892, df = 40,000						
	<b>Επικαλυπτικό</b>	<b>{1} - 3,8804</b>	<b>{2} - 3,8125</b>	<b>{3} - 3,5875</b>	<b>{4} - 3,9147</b>	<b>{5} - 3,9000</b>
<b>1</b>	τυφλό		0,401944	<b>0,001089</b>	0,690548	0,808027
<b>2</b>	χιτοζάνη (οξικό οξύ)	0,401944		<b>0,007790</b>	0,253276	0,310430
<b>3</b>	χιτοζάνη (κιτρικό οξύ)	<b>0,001089</b>	<b>0,007790</b>		<b>0,000485</b>	<b>0,000688</b>
<b>4</b>	HPMC	0,690548	0,253276	<b>0,000485</b>		0,855572
<b>5</b>	χιτοζάνη-HPMC	0,808027	0,310430	<b>0,000688</b>	0,855572	

Πίνακας 7.17 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής του pH στις κομμένες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for pH (Spreadsheet2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>177,9557</b>	<b>1</b>	<b>177,9557</b>	<b>10391,81</b>	<b>0,000000</b>
<b>Επικαλυπτικό</b>	0,1312	4	0,0328	1,92	0,127120
<b>MAP</b>	0,0355	3	0,0118	0,69	0,562478
<b>Χρόνος</b>	<b>0,9659</b>	<b>9</b>	<b>0,1073</b>	<b>6,27</b>	<b>0,000020</b>
<b>Error</b>	0,6679	39	0,0171		



Πίνακας 7.18 *Duncan Test* για την επίδραση του είδους των επικαλυπτικών στη μεταβολή του pH στις κομμένες φράουλες.

Duncan test; variable pH (Spreadsheet2) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS =,01712, df = 39,000						
	Επικαλυπτικό	{1} - 3,8833	{2} - 3,9950	{3} - 3,6800	{4} - 3,9147	{5} - 3,8050
1	τυφλό		0,174274	<b>0,014784</b>	0,682417	0,311062
2	χιτοζάνη (οξικό οξύ)	0,174274		<b>0,000436</b>	0,298655	<b>0,026337</b>
3	χιτοζάνη (κιτρικό οξύ)	<b>0,014784</b>	<b>0,000436</b>		<b>0,006424</b>	0,109195
4	HPMC	0,682417	0,298655	<b>0,006424</b>		0,182282
5	χιτοζάνη-HPMC	0,311062	<b>0,026337</b>	0,109195	0,182282	

Πίνακας 7.19 ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής της εμφάνισης στις ολόκληρες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Εμφάνιση (asparagus.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>742,4065</b>	<b>1</b>	<b>742,4065</b>	<b>247,6459</b>	<b>0,000000</b>
<b>Επικάλυψη</b>	5,0389	3	1,6796	0,5603	0,649931
<b>Χρόνος</b>	12,6684	6	2,1114	0,7043	0,651408
<b>Error</b>	41,9700	14	2,9979		

Πίνακας 7.20:

Πίνακας 7.20 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής του χρώματος (οργανοληπτική εξέταση) στις ολόκληρες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Χρώμα (asparagus.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>683,2980</b>	<b>1</b>	<b>683,2980</b>	<b>222,6939</b>	<b>0,000000</b>
<b>Επικάλυψη</b>	<b>34,9827</b>	<b>3</b>	<b>11,6609</b>	<b>3,8004</b>	<b>0,034873</b>
<b>Χρόνος</b>	31,8077	6	5,3013	1,7277	0,186985
<b>Error</b>	42,9566	14	3,0683		

Πίνακας 7.21 Duncan test για την επίδραση των επικαλυπτικών στη μεταβολή του χρώματος (οργανοληπτική εξέταση) στις ολόκληρες φράουλες.

Duncan test; variable Χρώμα (asparagus.sta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 3,0683, df = 14,000					
	Επικάλυψη	{1} - 8,0000	{2} - 5,0400	{3} - 6,1850	{4} - 5,5000
1	χιτοζάνη:HPMC		0,028907	0,130913	0,053421
2	τυφλό	0,028907		0,352978	0,690427
3	χιτοζάνη (κιτρικό οξύ)	0,130913	0,352978		0,554481
4	χιτοζάνη (οξικό οξύ)	0,053421	0,690427	0,554481	

Πίνακας 7.22 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής της γεύσης (οργανοληπτική εξέταση) στις ολόκληρες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Γεύση (asparagus.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	454,2021	1	454,2021	325,1339	0,000000
Επικάλυψη	1,4424	3	0,4808	0,3442	0,793852
Χρόνος	15,6091	6	2,6015	1,8623	0,158348
Error	19,5576	14	1,3970		

Πίνακας 7.23 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής του αρώματος (οργανοληπτική εξέταση) στις ολόκληρες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Άρωμα (asparagus.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	588,3102	1	588,3102	523,4460	0,000000
Επικάλυψη	11,5152	3	3,8384	3,4152	0,047211
Χρόνος	13,5568	6	2,2595	2,0104	0,132136
Error	15,7348	14	1,1239		

Πίνακας 7.24 Duncan test για την επίδραση των επικαλυπτικών στη μεταβολή του χρώματος (οργανοληπτική εξέταση) στις ολόκληρες φράουλες.

Duncan test; variable Άρωμα (asparagus.sta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,1239, df = 14,000					
	Επικάλυψη	{1} - 6,2500	{2} - 6,6667	{3} - 5,1250	{4} - 5,1250
1	χιτοζάνη:HPMC		0,552514	0,122596	0,140218
2	τυφλό	0,552514		<b>0,049565</b>	0,055355
3	χιτοζάνη (κιτρικό οξύ)	0,122596	<b>0,049565</b>		1,000000
4	χιτοζάνη (οξικό οξύ)	0,140218	0,055355	1,000000	

Πίνακας 7.25 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής της αρέσκειας (οργανοληπτική εξέταση) στις ολόκληρες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Αρέσκεια (asparagus.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>716,1038</b>	<b>1</b>	<b>716,1038</b>	<b>711,1396</b>	<b>0,000000</b>
<b>Επικάλυψη</b>	5,3710	3	1,7903	1,7779	0,197485
<b>Χρόνος</b>	<b>24,4960</b>	<b>6</b>	<b>4,0827</b>	<b>4,0544</b>	<b>0,014513</b>
<b>Error</b>	14,0977	14	1,0070		

Πίνακας 7.26 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής της εμφάνισης (οργανοληπτική εξέταση) στις κομμένες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Εμφάνιση (φράουλες ολόκληρες οργανοληπτικά.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>414,3186</b>	<b>1</b>	<b>414,3186</b>	<b>347,4353</b>	<b>0,000000</b>
<b>Επικάλυψη</b>	5,8755	4	1,4689	1,2318	0,313712
<b>MAP</b>	4,4369	4	1,1092	0,9302	0,456750
<b>Χρόνος</b>	<b>38,0203</b>	<b>9</b>	<b>4,2245</b>	<b>3,5425</b>	<b>0,002833</b>
<b>Error</b>	45,3152	38	1,1925		

Πίνακας 7.27 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής της συρρίκνωσης (οργανοληπτική εξέταση) στις κομμένες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Συρρίκνωση (φράουλες ολόκληρες οργανοληπτικά.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of - Freedom</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	<b>34,99590</b>	<b>1</b>	<b>34,99590</b>	<b>26,23362</b>	<b>0,000009</b>
<b>Επικάλυψη</b>	6,40708	4	1,60177	1,20072	0,326378
<b>MAP</b>	6,16533	4	1,54133	1,15541	0,345677
<b>Χρόνος</b>	15,47437	9	1,71937	1,28888	0,274724
<b>Error</b>	50,69235	38	1,33401		

Πίνακας 7.28 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής του χρώματος (οργανοληπτική εξέταση) στις κομμένες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Χρώμα (φράουλες ολόκληρες οργανοληπτικά.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of - Freedom</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	<b>422,2424</b>	<b>1</b>	<b>422,2424</b>	<b>427,5910</b>	<b>0,000000</b>
<b>Επικάλυψη</b>	3,5261	4	0,8815	0,8927	0,477763
<b>MAP</b>	5,9619	4	1,4905	1,5094	0,218857
<b>Χρόνος</b>	<b>38,2194</b>	<b>9</b>	<b>4,2466</b>	<b>4,3004</b>	<b>0,000661</b>
<b>Error</b>	37,5247	38	0,9875		

Πίνακας 7.29 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής της γεύσης (οργανοληπτική εξέταση) στις κομμένες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Γεύση (φράουλες ολόκληρες οργανοληπτικά.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of - Freedom</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	<b>112,7610</b>	<b>1</b>	<b>112,7610</b>	<b>61,56104</b>	<b>0,000000</b>
<b>Επικάλυψη</b>	18,7196	4	4,6799	2,55496	0,054438
<b>MAP</b>	9,7898	4	2,4474	1,33616	0,274300
<b>Χρόνος</b>	27,0531	9	3,0059	1,64105	0,138483
<b>Error</b>	69,6044	38	1,8317		

Πίνακας 7.30 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής του αρώματος (οργανοληπτική εξέταση) στις κομμένες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Άρωμα (φράουλες ολόκληρες οργανοληπτικά.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>236,3422</b>	<b>1</b>	<b>236,3422</b>	<b>147,1328</b>	<b>0,000000</b>
<b>Επικάλυψη</b>	<b>34,2802</b>	<b>4</b>	<b>8,5701</b>	<b>5,3352</b>	<b>0,001645</b>
<b>MAP</b>	1,1068	4	0,2767	0,1723	0,951257
<b>Χρόνος</b>	52,8008	9	5,8668	3,6523	0,002283
<b>Error</b>	61,0401	38	1,6063		

Πίνακας 7.31 Duncan test για την επίδραση των επικαλυπτικών στη μεταβολή του αρώματος (οργανοληπτική εξέταση) στις κομμένες φράουλες.

Duncan test; variable Άρωμα (φράουλες ολόκληρες οργανοληπτικά.sta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,6063, df = 38,000						
	Επικάλυψη	{1} - 5,6563	{2} - 6,5714	{3} - 5,0000	{4} - 5,0000	{5} - 4,2500
<b>1</b>	ΗΡΜC		0,222794	0,408878	0,379791	0,088704
<b>2</b>	τυφλό	0,222794		0,057435	<b>0,050019</b>	<b>0,006389</b>
<b>3</b>	χιτοζάνη (κιτρικό οξύ)	0,408878	0,057435		1,000000	0,316204
<b>4</b>	χιτοζάνη (οξικό οξύ)	0,379791	<b>0,050019</b>	1,000000		0,345468
<b>5</b>	μείγμα	0,088704	<b>0,006389</b>	0,316204	0,345468	

Πίνακας 7.32 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής της αρέσκειας (οργανοληπτική εξέταση) στις κομμένες φράουλες.

Univariate Tests of Significance for Αρέσκεια (φράουλες ολόκληρες οργανοληπτικά.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>269,0752</b>	<b>1</b>	<b>269,0752</b>	<b>195,1780</b>	<b>0,000000</b>
<b>Επικάλυψη</b>	<b>22,9209</b>	<b>4</b>	<b>5,7302</b>	<b>4,1565</b>	<b>0,006866</b>
<b>MAP</b>	4,4574	4	1,1144	0,8083	0,527663
<b>Χρόνος</b>	21,5612	9	2,3957	1,7377	0,113910
<b>Error</b>	52,3874	38	1,3786		

Πίνακας 7.33 Duncan test για την επίδραση των επικαλυπτικών στη μεταβολή της αρέσκειας (οργανοληπτική εξέταση) στις κομμένες φράουλες.

Duncan test; variable Αρέσκεια (φράουλες ολόκληρες οργανοληπτικά.sta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,3786, df = 38,000						
	Επικάλυψη	{1} - 5,3750	{2} - 6,7321	{3} - 6,0000	{4} - 6,0000	{5} - 5,5000
1	ΗPMC		0,083025	0,412931	0,395908	0,856056
2	τυφλό	0,083025		0,291265	0,320287	0,107248
3	χιτοζάνη (κιτρικό οξύ)	0,412931	0,291265		1,000000	0,496804
4	χιτοζάνη (οξικό οξύ)	0,395908	0,320287	1,000000		0,469350
5	μείγμα	0,856056	0,107248	0,496804	0,469350	

## 7.2 Σπαράγγια

Πίνακας 7.34 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής του βάρους στα σπαράγγια.

Univariate Tests of Significance for Βάρος (asparagus.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	1198,456	1	1198,456	659,1765	0,000000
Επικάλυψη	43,384	5	8,677	4,7724	0,008270
Χρόνος	435,804	9	54,475	29,9627	0,000000
Error	27,272	17	1,818		

Πίνακας 7.35 Duncan test για την επίδραση των επικαλυπτικών στη μεταβολή του βάρους στα σπαράγγια.

Duncan test; variable Βάρος (asparagus.sta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 17,006, df = 17,000							
	Επικάλυψη	{1} - -19,03	{2} - -12,83	{3} - -8,712	{4} - -16,26	{5} - -3,647	{6} - -6,116
1	Chitosan:HPMC		0,046274	0,002650	0,328106	0,000103	0,000448
2	Control	0,046274		0,152675	0,229218	0,006201	0,032321
3	HPMC	0,002650	0,152675		0,017709	0,097887	0,358442
4	HPMC:Chitosan	0,328106	0,229218	0,017709		0,000558	0,003017

5	Chitosan 1,5%	<b>0,000103</b>	<b>0,006201</b>	0,097887	<b>0,000558</b>		0,381873
6	Chitosan 2%	<b>0,000448</b>	<b>0,032321</b>	0,358442	<b>0,003017</b>	<b>0,381873</b>	

Πίνακας 7.36 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής της φωτεινότητας L στα σπαράγγια.

Univariate Tests of Significance for Φωτεινότητα L (asparagus.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of - Freedom</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	<b>57532,28</b>	<b>1</b>	<b>57532,28</b>	<b>3309,280</b>	<b>0,000000</b>
<b>Επικάλυψη</b>	39,91	5	7,98	0,459	0,801076
<b>Χρόνος</b>	254,97	9	28,33	1,630	0,184496
<b>Error</b>	295,55	17	17,39		

Πίνακας 7.37 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής του ολικού χρώματος C στα σπαράγγια.

Univariate Tests of Significance for Χρώμα C (asparagus.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of - Freedom</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	<b>69712,34</b>	<b>1</b>	<b>69712,34</b>	<b>2989,301</b>	<b>0,000000</b>
<b>Επικάλυψη</b>	55,49	5	11,10	0,476	0,789203
<b>Χρόνος</b>	437,43	9	48,60	2,084	0,091899
<b>Error</b>	396,45	17	23,32		

Πίνακας 7.38 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής της υφής στα σπαράγγια.

Univariate Tests of Significance for Υφή κορμού (κάθετα) (asparagus.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of - Freedom</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	<b>4261,682</b>	<b>1</b>	<b>4261,682</b>	<b>268,7746</b>	<b>0,000000</b>
<b>Επικάλυψη</b>	39,107	5	7,821	0,4933	0,776861
<b>Χρόνος</b>	329,426	9	36,603	2,3085	0,065678
<b>Error</b>	269,551	17	15,856		

Πίνακας 7.39 Duncan test για την επίδραση των επικαλυπτικών στη μεταβολή της υφής στα σπαράγγια.

Duncan test; variable Υφή κορμού (κάθετα) (asparagus.sta) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 15,856, df = 17,000							
	Επικάλυψη	{1} - 10,777	{2} - 12,265	{3} - 11,723	{4} - 11,755	{5} - 18,519	{6} - 12,588
1	Chitosan:HPMC		0,613894	0,725904	0,732177	<b>0,017711</b>	0,546378
2	Control	0,613894		0,849852	0,850153	<b>0,038152</b>	0,904443
3	HPMC	0,725904	0,849852		0,990760	<b>0,032376</b>	0,769055
4	HPMC:Chitosan	0,732177	0,850153	0,990760		<b>0,030160</b>	0,770576
5	Chitosan 1,5%	<b>0,017711</b>	<b>0,038152</b>	<b>0,032376</b>	<b>0,030160</b>		<b>0,039314</b>
6	Chitosan 2%	0,546378	0,904443	0,769055	<b>0,770576</b>	<b>0,039314</b>	

Πίνακας 7.40 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής του υφής στα σπαράγγια. Τομή κατά μήκος του κορμού.

Univariate Tests of Significance for Υφή κορμού (παράλλ.) (asparagus.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	3800,007	1	3800,007	88,91592	0,000000
Επικάλυψη	268,961	5	53,792	1,25868	0,326230
Χρόνος	1004,056	9	111,562	2,61042	0,042281
Error	726,531	17	42,737		

Πίνακας 7.41 Ανάλυση διακύμανσης της μεταβολής της αρέσκειας στα σπαράγγια.

Univariate Tests of Significance for Αρέσκεια (asparagus.sta) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	1067,219	1	1067,219	1639,413	0,000000
Επικάλυψη	4,477	5	0,895	1,375	0,282289
Χρόνος	36,438	9	4,049	6,219	0,000640
Error	11,067	17	0,651		