

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΟΜΕΙΣ ΑΙΧΜΗΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΓΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Παρασκευή και εφαρμογή εδώδιμων μεμβρανών στη συντήρηση
κερασιών (*Prunus avium* L.)

Δημήτριος Ι. Γκάτζος

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Ελένη Τσαντίλη, Καθηγήτρια ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ

2021

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Παρασκευή και εφαρμογή εδώδιμων μεμβρανών στη συντήρηση
κερασιών (*Prunus avium* L.)

Preparation and application of edible membranes in the preservation of
cherries (*Prunus avium* L.)

Δημήτριος Ι. Γκάτζος

Εξεταστική Επιτροπή:

Τσαντίλη Ελένη, Καθηγήτρια ΓΠΑ (επιβλέπουσα)
Ουζουνίδου Γεωργία, Διευθύντρια Ερευνών ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ
Ακουμιανάκη-Ιωαννίδου Αναστασία, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Παρασκευή και εφαρμογή εδώδιμων μεμβρανών στη συντήρηση κερασιών (*Prunus avium* L.)

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Δενδροκομίας

Περίληψη

Τα κεράσια είναι οι καρποί πλούσιοι σε θρεπτικά συστατικά με μεγάλη οικονομική σημασία. Παρόλα αυτά είναι πολύ ευπαθή κατά την μετασυλλεκτική τους διαχείριση και για το λόγο αυτό χρειάζεται να βρεθούν τρόποι βελτίωσης της συντήρησής τους και διατήρησης της ποιότητάς τους μετά τη συγκομιδή. Μια σύγχρονη τάση στη μετασυλλεκτική διαχείριση των ευπαθών νωπών τροφίμων αποτελεί η χρήση εδώδιμων μεμβρανών και μάλιστα τελευταία υπάρχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση νέων βιο-υλικών για την παραγωγή τους, με στόχο τον περιορισμό της χρήσης συσκευασιών από πλαστικό. Η παρούσα εργασία έχει σαν σκοπό τη μελέτη της μετασυλλεκτικής διαχείρισης των κερασιών με τη χρήση εδώδιμων μεμβρανών και παράλληλα τη διερεύνηση χρήσης των κλαδωδίων φραγκοσυκιάς ως πρώτη ύλη για την παρασκευή καινοτόμων εδώδιμων μεμβρανών, δεδομένου ότι τα κλαδώδια αποτελούν παραπροϊόν του δενδροκομικού αυτού είδους με αυξανόμενο οικονομικό ενδιαφέρον και τάση καλλιέργειας.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν καρποί της ποικιλίας Regina που συγκομίστηκαν στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας από παραγωγικό οπωρώνα. Κλαδώδια φραγκοσυκιάς (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, Cactaceae) επεξεργάστηκαν με τη χρήση 'πράσινων' διαλυτών (green solvents) και έγινε παραλαβή της γέλης των κλαδωδίων και απομόνωση των πολυσακχαριτών της γέλης που χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτες ύλες εδώδιμων μεμβρανών. Στα κεράσια έγιναν τέσσερις (4) επεμβάσεις εδώδιμων μεμβρανών με εμβάπτιση: (i) Gel-25: μεμβράνη 25% γέλης (v/v), (ii) Gel-50: μεμβράνη 50% γέλης (v/v), (iii) Poly: μεμβράνη 1% πολυσακχαρίτη γέλης (w/v), (iv) Chito: μεμβράνη 1% χιτοζάνης (w/v), και κεράσια χωρίς την εφαρμογή μεμβρανών χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρας. Όλα τα κεράσια τοποθετήθηκαν σε διάτρητες συσκευασίες πολυπροπυλενίου (PP) και τοποθετήθηκαν σε ψυκτικό θάλαμο θερμοκρασίας 1°C και RH 90% για 28 ημέρες.

Εξετάσθηκε η επίδραση της επέμβασης και της διάρκειας συντήρησης και στα χαρακτηριστικά των κερασιών 7, 14, 21 και 28 μέρες μετά τη συγκομιδή. Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν η απώλεια βάρους, η συνεκτικότητα, οι παράμετροι L^* , a^* , b^* , C , h° του χρώματος του φλοιού, καθώς και τη δύναμη απόσπασης του ποδίσκου ως τα κύρια ποιοτικά χαρακτηριστικά αντίληψης του καταναλωτή. Μελετήθηκαν ακόμη τα ολικά φαινολικά (TP), η ολική αντιοξειδωτική δράση (TAC) εκτιμώμενη με τις μεθόδους DPPH και FRAP, τα ολικά φλαβονοειδή (TF) και οι ολικές ανθοκυάνες (TA).

Οι επεμβάσεις εδώδιμων μεμβρανών φάνηκε, σε σχέση με το μάρτυρα, ότι καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης περιορίσαν σημαντικά την απώλεια βάρους και να οδήγησαν σε συνεκτικότερους καρπούς τις πρώτες 14 μέρες, ενώ δεν είχαν σημαντική επίδραση στη δύναμη απόσπασης ποδίσκου. Μετά τις 14 μέρες η συνεκτικότητα του μάρτυρα είχε απότομη αύξηση η οποία προήλθε από τη μεγαλύτερη απώλεια βάρους του καρπού. Μόνο οι παράμετροι L^* και h° του χρώματος επηρεάστηκαν στατιστικά σημαντικά από τις επεμβάσεις, με την Chito να παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές L^* σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες επεμβάσεις σε όλη τη διάρκεια της συντήρησης. Τις πρώτες 14 μέρες συντήρησης οι καρποί που είχαν δεχτεί επέμβαση με εδώδιμες μεμβράνες είχαν μικρότερη αυξητική τάση των τιμών του h° σε σχέση με το μάρτυρα. Συνολικά με βάση τα δεδομένα του χρώματος φάνηκε ότι η Chito οδήγησε στο μεγαλύτερο περιορισμό της ταχύτητας ωρίμασης, ακολουθούμενη από τις

επεμβάσεις μεμβράνης από κλαδώδια φρεγκόσुकου (Gel-25, Gel-50, Poly), ενώ ο μάρτυρας έδειξε την ταχύτερη ωρίμαση μετασυλλεκτικά.

Ο προσδιορισμός των TP, TAC, TF και TAN, σε όλες τις επεμβάσεις, έδειξε μια σταδιακή πτώση των τιμών τους τις 21 πρώτες μέρες συντήρησης και άνοδο την 28 μέρα. Όλες οι εδώδιμες μεμβράνες έδειξαν μια τάση διατήρησης των TP, TAC, TF και TAN σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με το μάρτυρα, και αυτή η θετική επίδραση ήταν μεγαλύτερη την 21 και 28 μέρα.

Συμπερασματικά φάνηκε ότι η χρήση εδώδιμων μεμβρανών για τη συντήρηση των κερασιών μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την διατήρηση της ποιότητας των καρπών. Παράλληλα η χρήση κλαδωδίων για την παραγωγή νέων εδώδιμων μεμβρανών έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα σχεδόν εφάμιλλα με τη χιτοζάνη που αποτελεί μια διαδεδομένη ουσία για τη συγκεκριμένη χρήση.

Λέξεις κλειδιά: εδώδιμες μεμβράνες, κεράσια, κλαδώδια φραγκοσυκιάς, ολικά φαινολικά, ολικά αντιοξειδωτικά, φλαβονοειδή, ανθοκυάνες.

Επιστημονική περιοχή: Εδώδιμες μεμβράνες, συντήρηση κερασιών

Λέξεις Κλειδιά: εδώδιμες μεμβράνες, κεράσια, συντήρηση, παρασκευή εδώδιμων μεμβρανών

Preparation and application of edible membranes in the preservation of cherries (*Prunus avium* L.)

Faculty of Grop Science
Arboriculture Laboratory

Abstract

Cherries are fruit of high economic importance. They are rich in nutrients, however, they are very perishable during their post-harvest handling and therefore, it is necessary to investigate ways to maintain their quality after harvest and improve their storability. A modern trend in the post-harvest management of perishable fresh produce is the use of edible coatings. In addition, there is a high interest to explore new biomaterials for the production of edible coatings, aiming to restrict the use of plastic packaging materials. The objective of this study is the post-harvest management of cherries using edible coatings along with the investigation of the prickly pear cladode use (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, Cactaceae), as a raw material, for the production of innovative edible coatings since the cladodes are a by-product of prickly pear cultivation. 'Regina' cherries were harvested at the stage of commercial maturity from a productive orchard and used for the experiment. Prickly pear cladodes were processed with green solvents, the mucilage of the cladodes was obtained and the polysaccharides from the mucilage were isolated. Crude mucilage and polysaccharides were used as raw materials for edible coating preparation alongside with chitosan. Four (4) edible coating treatments were applied to cherries by immersion: (i) Gel-25: 25% crude mucilage coating (v/v), (ii) Gel-50: 50% crude mucilage coating (v/v), (iii) Poly: 1% crude mucilage polysaccharide coating (w/v), (iv) Chito: 1% chitosan coating (w/v), and cherries without coating application were used as controls. All cherries were placed in perforated polypropylene (PP) packages and stored in a cooling chamber at 10°C and 90% RH for 28 days. The effects of coating treatments and storage duration on the characteristics of cherries were examined 7, 14, 21 and 28 days after harvest. The studied fruit attributes were the weight loss, fruit firmness, the parameters L^* , a^* , b^* , C , h° of peel color and the pedicel removal force as they are major quality consumer-perceived characteristics. Total phenolics (TP), total antioxidant activity (TAC) assessed by DPPH and FRAP methods, total flavonoids (TF) and total anthocyanins (TAN) were also measured as largely related with quality and nutritional value of these fruit. Edible coatings, compared with control, showed a significant efficiency in the reduction of WL during the whole storage period. Also, they resulted in firmer fruit during the first 14 days of storage, but they exhibited no effects on pedicel removal force. After 14 days in storage, firmness of the controls had a sharp increase which resulted from greater weight loss. Only the L^* and h° parameters of the color were significantly affected by the coating treatments. Chito showed the highest L^* values compared to all other treatments and controls throughout the storage period. During the first 14 days of storage, edible coatings had a lower increasing trend in h° values in comparison with control fruit. Overall, based on the color data, Chito showed the greater limitation of the ripening rate, followed by coatings of prickly pear cladodes (Gel-25, Gel-50, Poly), while the control showed the fastest post-harvest ripening. The determination of TP, TAC, TF and TAN, in all treated and control fruit showed a gradual decrease in their values during the first 21 days of storage and an increase at 28 days. All edible coatings had a trend to maintain TP, TAC, TF and TAN at higher levels than control, and this positive effect was greater at 21 and 28 days. In conclusion, it has been shown that the use of edible coatings of harvested cherries can significantly improve their storability and maintenance of fruit quality. At the same time, the use of cladodes for the production of new edible coatings showed promising results, almost comparable to chitosan, which is a widespread substance for this use.

Scientific area: Edible membranes, cherry preservation

Key words: edible membranes, cherries, preservation, preparation of edible membranes

Περιεχόμενα	
Περίληψη.....	3
Ευχαριστίες.....	10
Εισαγωγή.....	11
1.Κεράσι – Γενικά.....	11
1.1 Καταγωγή, Βοτανική ταξινόμηση, Μορφολογικά χαρακτηριστικά, Κλιματικές και εδαφικές συνθήκες Κερασιάς.....	11
1.2 Καρπός και Τρόπος καρποφορίας.....	12
1.3 Ποικιλίες.....	12
1.3.1 Ποικιλία Regina.....	13
1.5 Σύσταση Καρπού.....	15
1.8 Ωρίμανση Καρπού.....	16
1.9 Διαδικασία ωρίμανσης.....	16
1.9.1 Ανάπτυξη του καρπού.....	16
1.9.2 Ανάπτυξη χρώματος.....	16
1.9.3 Ανάπτυξη γεύσης.....	16
1.9.4 Μαλάκωμα καρπών.....	17
1.10 Συγκομιδή κερασιού.....	17
1.10.1 Κριτήρια συγκομιδής.....	17
1.10.2 Εργασίες συγκομιδής.....	18
1.11 Συμπεριφορά μετά τη συγκομιδή και συντήρηση καρπών.....	19
2.Εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις.....	21
2.1 Ορισμός.....	21
2.2 Ιδιότητες εδώδιμων επικαλύψεων και μεμβρανών (Edible coatings and films).....	21
2.3 Πλεονεκτήματα εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων.....	22
2.4 Σύσταση εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων.....	22
2.4.1 Πολυσακχαρίτες.....	23
2.4.2 Πρωτεΐνες.....	24
2.4.3 Λιπίδια.....	26
2.4.4 Σύνθετες εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις.....	26
2.5. Τρόποι παραγωγής των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων.....	26
2.6 Εφαρμογές και μελλοντικές χρήσεις των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων.....	27
2.7 Εφαρμογή εδώδιμων μεμβρανών στα κεράσια.....	28
2.8 Φραγκόσυκο (<i>Opuntia</i> spp).....	28
2.8.1 Καταγωγή – Ονομασία.....	28
2.8.2 Μορφολογία.....	29
2.8.3 Χρήση.....	29

2.8.4. Κλαδώδιο φρακοσυκιάς (μορφολογία, σύσταση, χρήσεις)	30
2.7.5. Χρήση κλαδώδιου για παρασκευή εδώδιμων μεμβρανών.....	31
2.9 Σκοπός της εργασίας	32
3.Υλικά και Μέθοδοι	33
3.1 Φυτικό Υλικό	33
3.1.1 Κεράσια.....	33
3.2 Διαδικασία παραγωγής πρώτων υλών από κλαδώδια φραγκοσυκιάς για την Παρασκευή εδώδιμων μεμβρανών.....	34
3.2.1 Γέλη κλαδώδιου (Product A).....	34
3.2.2 Πολυσακχαρίτης κλαδώδιου (Product B)	34
3.3 Πειραματικό σχέδιο και χαρακτηριστικά των καρπών που αξιολογήθηκαν	35
3.4 Εφαρμογή εδώδιμης μεμβράνης-Συσκευασία-Συντήρηση καρπών	36
3.4.1 Διαδικασία παρασκευής εδώδιμων μεμβρανών	36
3.4.2 Διαδικασία εφαρμογής εδώδιμων μεμβρανών	37
3.5 Συσκευασία-συντήρηση κερασιών και δειγματοληψίες.....	38
3.6 Μετρήσεις ποιοτικών- καρπολογικών χαρακτηριστικών	39
3.7 Εκτίμηση αντιοξειδωτικών ουσιών καρπών.....	41
3.7.1 Εκχύλιση αντιοξειδωτικών ουσιών	41
3.7.2 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών (TP).....	41
3.8 Προσδιορισμός ολικών φλαβονοειδών	41
3.9 Προσδιορισμός Ανθοκυανών	42
3.10 Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (TAC).....	42
3.11 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων	43
4.Αποτελέσματα	44
4.1 Απώλεια Βάρους.....	44
4.2 Ανάλυση Χρώματος	45
4.2.1 Παράμετρος L^*	45
4.2.2 Παράμετρος a^*	46
4.2.3 Παράμετρος b^*	47
4.2.4 Παράμετρος h°	48
4.2.5 Παράμετρος C	49
4.3 Συνεκτικότητα καρπών	50
4.4 Απόσπαση ποδίσκου	51
4.5 Σύγκριση εμφάνισης μούχλας/αλλοιώσεων επιφάνειας.....	52
4.6 Προσδιορισμός των ολικών φαινολικών (TP)	52
4.7 Προσδιορισμός των φλαβονοειδών (TF)	54
4.8 Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής δράσης.....	55
4.8.2 Μέθοδος DPPH.....	56

4.9 Προσδιορισμών των ολικών ανθοκυανών (TAN).....	57
5. Συμπεράσματα & Συζήτηση	58
Βιβλιογραφία	63

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 Καρπός Regina	13
Εικόνα 2 Κλαδί ποικιλίας Regina	13
Εικόνα 3 Ανάλυση σχήματος καρπού κερασιάς	15
Εικόνα 4 Κλαδώδια και καρποί φραγκοσυκιάς.....	28
Εικόνα 5. Χρωματογραφικό διάγραμμα των παραμέτρων του L*, a*, b*, h° και C*.....	40
Εικόνα 6 Αναγωγή του συμπλόκου Fe ³⁺ -TPTZ σε Fe ²⁺ -TPTZ παρουσία αντιοξειδωτικού (κατά Huang., 2005).	42
Εικόνα 7 Η ρίζα DPPH (2,2- διφαινύλ-1-πυκριδραζύλ) (κατά Huang κ.α., 2005).....	43
Εικόνα 8 Απώλεια βάρους % για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7,14, 21, 28)	44
Εικόνα 9 Παράμετρος L* χρώματος για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7,14, 21, 28).....	45
Εικόνα 10 Παράμετρος a* χρώματος, για όλες τις επεμβάσεις(control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7,14, 21, 28).....	46
Εικόνα 11 Παράμετρος b* χρώματος για όλες τις επεμβάσεις, για τις διάφορες ημέρες συντήρησης.....	47
Εικόνα 12 Παράμετρος h° χρώματος για όλες τις επεμβάσεις(control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7,14, 21, 28).....	48
Εικόνα 13 Παράμετρος C χρώματος για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7,14, 21, 28).....	49
Εικόνα 14 Σύγκριση συνεκτικότητας (g) των κερασιών για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7,14, 21, 28).....	50
Εικόνα 15 Σύγκριση απόσπασης ποδίσκου (g) των κερασιών για όλες τις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7,14, 21, 28).....	51
Εικόνα 16 Σύγκριση ανάπτυξης αλλοιώσεων επιφάνειας ανά μέσον όρο 10 κερασιών για όλες τις επεμβάσεις(control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7,14, 21, 28).....	52
Εικόνα 17 Σύγκριση των ολικών φαινολικών (TP) επί ξηρού βάρους των κερασιών για όλες τις επεμβάσεις(control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7,14, 21, 28).....	53
Εικόνα 18 Σύγκριση των ολικών φλαβονοειδών (TF) επί ξηρού βάρους των κερασιών για όλες τις επεμβάσεις(control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7,14, 21, 28).....	54
Εικόνα 19 Σύγκριση των ολικών αντιοξειδωτικών (Tant) με τη μέθοδο FRAP επί ξηρού βάρους των κερασιών για όλες τις επεμβάσεις(control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7,14, 21, 28).....	55
Εικόνα 20 Σύγκριση των ολικών αντιοξειδωτικών (Tant) με τη μέθοδο DPPH επί ξηρού βάρους των κερασιών για όλες τις επεμβάσεις(control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7,14, 21, 28).....	56
Εικόνα 21 Προσδιορισμός των ολικών ανθοκυανών (TAN) επί ξηρού βάρους των κερασιών για όλες τις επεμβάσεις(control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7,14, 21, 28).....	57

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά την καθηγήτρια του Εργαστηρίου Δενδροκομίας κυρία Ελένη Τσαντίλη για την ανάθεση της μελέτης και τη συνεχή επιστημονική καθοδήγηση και επίβλεψη κατά την εκπόνηση αυτής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συναδέλφους, για την πολύτιμη βοήθεια τους σε διάφορα στάδια της εργασίας και κυρίως τον Διδάκτορα του Εργαστηρίου Δενδροκομίας Μιλτιάδη Χριστόπουλο καθώς επίσης και την Υποψήφια Διδάκτορα του Εργαστηρίου Δενδροκομίας Αθανασία Καραντζή.

Εισαγωγή

1.Κεράσι – Γενικά

1.1 Καταγωγή, Βοτανική ταξινόμηση, Μορφολογικά χαρακτηριστικά, Κλιματικές και εδαφικές συνθήκες Κερασιάς

Η κερασιά κατάγεται από την περιοχή του Καυκάσου και τις γειτονικές περιοχές της Μ. Ασίας. Η πρώτη διαμάχη για την καταγωγή του κερασιού καταγράφεται από τον Αθηναίο, τον Έλληνα σοφιστή και γραμματικό. Σε ένα δείπνο μεταξύ Ελλήνων και Ρωμαίων, περιγράφει σε ένα από τα βιβλία του (2.51) ο Αθηναίος, ένας καλεσμένος επιτέθηκε στους Έλληνες λέγοντας ότι δεν γνώριζαν ότι ο στρατηγός Λούκουλος, ο οποίος ήταν γνωστός για την καλοφαγία του, ήταν ο πρώτος που έφερε το κεράσι στην Ιταλία και του έδωσε το όνομα «κέρασος» από τον τόπο καταγωγής του, την Κερασούντα του Πόντου. Σ αυτό το σημείο σηκώθηκε έτοιμος για καυγά ο Δίφιλος από τη Σίφνο, λέγοντας ότι πολλά χρόνια πριν το Λούκουλο, ο διάδοχος του Μεγάλου Αλεξάνδρου, Λυσίμαχος είχε εισάγει το κεράσι από την Μ. Ασία σαν ένα νόστιμο φρούτο. Έτσι αποδείχτηκε ότι το κεράσι ήταν γνωστό στους Αρχαίους Έλληνες.

Η κερασιά ανήκει στην τάξη Rosales, οικογένεια Rosaceae, γένος Prunus, υπογένος Cerasus (Βασιλακάκης, 2016; Ποντίκης, 1996).

Η κερασιά είναι δένδρο φυλλοβόλο μεγάλου μεγέθους μπορεί να φθάσει τα 10-15μ. (έχει παραγωγική ζωή 40-50 χρόνια και μπαίνει στην παραγωγή από το 4° έως 6° χρόνο). Το δένδρο έχει βλάστηση συνήθως ορθόκλαδη που η κόμη του ανοίγει προς τα πάνω. Τα φύλλα είναι απλά, κατ' εναλλαγή, ελλειψοειδή, διπλά οδοντωτά και αδενοφόρα. Οι οφθαλμοί διακρίνονται σε απλούς ανθοφόρους και ξυλοφόρους και φέρονται ανά ένας σε κάθε κόμβο.

Η διάκριση μεταξύ ξυλοφόρων και ανθοφόρων οφθαλμών μακροσκοπικώς είναι δύσκολη. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί είναι διατεταγμένοι προς τη βάση του βλαστού του έτους. Αυτοί οι οφθαλμοί εκπτύσσονται νωρίτερα από τους ξυλοφόρους, είναι πιο στρογγυλοί και πάντοτε μασχαλιαίοι. Ο καθένας τους περιέχει 1 έως 5 άνθη, αλλά συνήθως 2 με 3. Στην κερασιά οι επάκριοι οφθαλμοί είναι πάντοτε ξυλοφόροι, ισχύει δηλαδή ότι και για τα άλλα πυρηνόκαρπα. Οι ξυλοφόροι βλαστοί το επόμενο έτος δίνουν βραχύ βλαστό που φέρει στο άκρο ξυλοφόρο οφθαλμό επεκτάσεως και ανθοφόρους οφθαλμούς στα πλάγια, ώστε το σύνολο αυτών να αποτελέσει κατά την έκπτυξη των ανθέων τη λεγόμενη «ανθοδέσμη Μαΐου» (μπουκέτο ή Ροζέτα Μαΐου).

Τα άνθη είναι λευκά με μακρύ ποδίσκο, παράγονται πριν την έκπτυξη των φύλλων, όπου από ένα ανθοφόρο οφθαλμό βγαίνουν πολλά άνθη. Σχηματίζονται ανά 3-7 σε κάθε ανθοφόρο οφθαλμό. Κάθε άνθος αποτελείται από πέντε σέπαλα, πέντε πέταλα, έναν ύπερο και 30 περίπου στήμονες.

Ο ύπερος αποτελείται από την ωθήκη και ένα στύλο. Η ωθήκη είναι μονόχωρη, περίγυνη αποτελείται από δύο σπερματικές βλάστες από τις οποίες γονιμοποιείται η μία και εξελίσσεται σε σπέρμα του καρπού.

Ο πυρήνας (κουκούτσι) είναι σφαιρικού σχήματος έως ελλειψοειδούς, λείος και διακριτικός μορφολογικά περιέχει ένα μόνο σπέρμα (ψίχα), το οποίο είναι σκληρό και βάση αυτού γίνεται η διάκριση των ποικιλιών. Οι ρίζες είναι επιπόλαιες και στον κορμό αναδίδονται παραφυάδες.

Η κερασιά μπαίνει στην παραγωγική ζωή από τον τέταρτο έως έκτο χρόνο της ηλικίας της, δίνοντας αξιόλογη καρποφορία που εξαρτάται από το υποκείμενο που έχει χρησιμοποιηθεί. Η παραγωγική ζωή του δέντρου υπολογίζεται σε 40 έως 50 έτη.

1.2 Καρπός και Τρόπος καρποφορίας

Ο καρπός είναι δρύπη με σχήμα σφαιρικό ως καρδιάσχημο. Ο φλοιός είναι λεπτός, με χρώμα κίτρινο, κόκκινο ή μαύρο. Η σάρκα είναι κίτρινη έως βαθυκόκκινη (σχεδόν μαύρη), τραγανή (τραγανόσαρκα) ή μαλακή (μαλακόσαρκα). Άλλοτε εκπύρηνη ή ημισυμπύρηνη, με γλυκιά γεύση.

Τα κύρια καρποφόρα όργανα της κερασιάς είναι τα μπουκέτα Μαΐου (λογχοειδή), οι μικτοί βλαστοί και λεπτοκλάδια (βλαστοί μήκους μέχρι 25εκ.).

Η ροζέτα φέρει 4-5 ανθοφόρους οφθαλμούς και έναν βλαστοφόρο οφθαλμό στη μέση που συνεχίζει την επιμήκυνσή της. Η ροζέτα μπορεί να δίνει καρποφορία έως και 7 έτη και εξαρτάται από τη θρεπτική κατάσταση του δένδρου και από την ηλιοφάνεια. Ο σχηματισμός των ροζετών γίνεται κατά τη βλαστική περίοδο και συμπληρώνεται η ανάπτυξη τους κατά τη ληθαργική περίοδο που ακολουθεί και ανθίζουν την επόμενη άνοιξη μέσα Απρίλη με αρχές Μαΐου.

Η διαφοροποίηση των οφθαλμών της κερασιάς γίνεται το καλοκαίρι και η διαπίστωση των καταβολών των ανθέων γίνεται τέλη Ιουλίου με αρχές Αυγούστου.

Οι μικτοί βλαστοί είναι δευτερεύοντα καρποφόρα όργανα της κερασιάς οι οποίοι φέρουν σ' όλο το μήκος τους ανθοφόρους, ξυλοφόρους οφθαλμούς και ένα επάκριο ξυλοφόρο οφθαλμό. Αυτοί οι βλαστοί δεν παρουσιάζουν μεγάλη ζωηρότητα και μπορούν να φθάσουν σε μήκος τα 15-40 εκατοστά ((Βασιλακάκης, 2016; Ποντίκης, 1996).

1.3 Ποικιλίες

Υπάρχουν πολλές ποικιλίες στη καλλιέργεια της κερασιάς. Οι ποικιλίες αυτές διακρίνονται ανάλογα με το χρώμα του καρπού (ερυθρές, μελανές, ξανθές ή γαλανές), την σκληρότητα ή τραγανότητα της σάρκας (τραγανόσαρκα ή απαλόσαρκα), το ασυμβίβαστο (αυτογόνιμες ή αυτόστειρες) και με το αν είναι κανονικές ή νάνες.

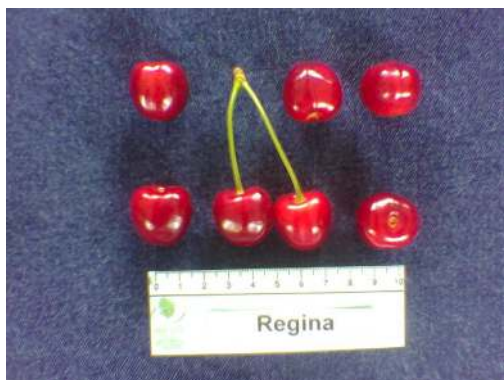
Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες κερασιάς στη χώρα μας μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες:

α) Στις κλασικές ποικιλίες, οι οποίες ακόμη καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση, όπως η Bigarreau Burlat, η Larian, η Lapins, η B.S. Hardy Giant, η Ferrovia, η Van, η Germersdorfer, η Τραγανά Εδέσσης και τα Μπακιρτσέικα.

β) Στις νέες, υποσχόμενες, μεγαλόκαρπες και πολλές από αυτές αυτογόνιμες ποικιλίες, οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλη δυναμική φυτεύσεων τελευταία, όπως η Sweet Early, η Early BiGi, η Early Lory, η Early Star, η Giorgia, η Canada Giant, η Grace Star, η Blaze Star, η Kordia, η Regina, η Samba, η Black Star, η Sabrina, η Satin, η Big Star, η Skeena, η Sweetheart, η νέα σειρά Sweet κ.ά.

γ) Στις τοπικές, μικρού ενδιαφέροντος αλλά καλά εγκλιματισμένες στις περιοχές όπου καλλιεργούνται, όπως τα Κόκκινα Αναστασιάς, το Τραγανό Κομοτηνής, το Μαύρο Τριπόλεως, η Φράουλα Βόλου, η Καραμέλα Τριπόλεως, το Πετροκέρασο Αχαΐας, το Μοσχάτο Ευβοίας κ.ά., που καλλιεργούνται σε μικρές εκτάσεις για την κάλυψη τοπικών κυρίως αναγκών (Βασιλακάκης, 2016).

Στη συγκεκριμένη μελέτη, τα κεράσια που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από την ποικιλία Regina.



Εικόνα 1 Καρπός Regina

1.3.1 Ποικιλία Regina

Η συγκεκριμένη ποικιλία χαρακτηρίζεται από το έντονο κόκκινο χρώμα και την τραγανότητα του καρπού. Δημιουργήθηκε στη Γερμανία από το Jork Experiment Station, το 1957. Είναι διασταύρωση των ποικιλιών Schneiders Spate Knorpelkirsche x Rube. Καλλιεργείται στην Κεντρική Ευρώπη. Τελευταία παρουσιάζει δυναμική φυτεύσεων και στη χώρα μας.

Το δέντρο της ποικιλίας, χαρακτηρίζεται ως ημιρθόκλαδο, μετρίου έως μεγάλου μεγέθους και έχει μεγάλη παραγωγικότητα. Ο καρπός του είναι καρδιόσχημος έως επιμήκης καρδιόσχημος, μεγάλου προς μέτριου μεγέθους. Είναι όψιμη ποικιλία με την εποχή ωρίμανσης να είναι στα τέλη Μαΐου με πρώτο δεκαήμερο του Ιουνίου. Παρουσιάζει σχετική ανθεκτικότητα στο σχίσμο και σχετική ευαισθησία στη μονιλία (*Monilinia laxa*). Από παρατηρήσεις του Ι.Φ.Δ., φαίνεται να επικονιάζεται από τη Ferrovia, την Kordia, την Cristalina και την Τραγανά Εδέσσης. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται ως καλοί επικονιαστές της οι ποικιλίες Kordia, Summit και Sam (Χατζηχαρίσης και Καζαντζής, 2014).



Εικόνα 2 Κλαδί ποικιλίας Regina

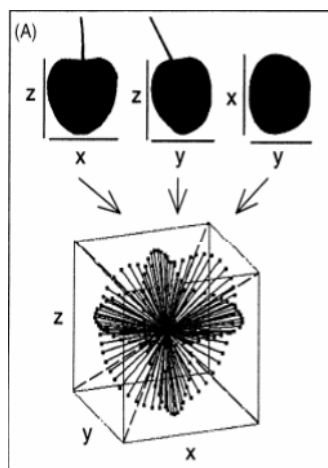
Αποτελεί αξιόλογη ποικιλία όσον αφορά την εποχή ωρίμανσης του καρπού, την πολύ καλή συμφωνία της με νάνα υποκείμενα, την παραγωγικότητα και τον καλής ποιότητας καρπό της, που απορροφάται εύκολα από τις αγορές. Οι παραγωγικές δυνατότητές της ξεπερνούν αυτές που έδειξε στις συλλογές αξιολόγησης του Ι.Φ.Δ. Τελευταία παρουσιάζει μεγάλη δυναμική φυτεύσεων στη χώρα μας. Προτείνεται για καλλιέργεια. Μπορεί να συγκαλλιεργηθεί με την Koridia, με την οποία αλληλο-επικονιάζονται και έχουν διαδοχική ωρίμανση καρπού με διαφορά λίγων ημερών (Χατζηχαρίσης και Καζαντζής, 2014).

1.4 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά κερασιού

Στη συνέχεια, αναλύονται τα βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των καρπών του κερασιού με βάση μελέτες και έρευνες που έχουν γίνει σύμφωνα με τη βιβλιογραφία.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Usenic et al., 2005), η συγκέντρωση πτητικών ενώσεων, σακχάρων και οργανικών οξέων σε 12 ποικιλίες κερασιών με τις μεθόδους HPLC και αέρια χρωματογραφία (GC), καθώς και το βάρος του καρπού, τα Δ.Σ.Σ., το pH, την οξύτητα (TA) και το χρώμα των καρπών. Το βάρος κυμαινόταν από 8.8 έως 14.5 g ανά καρπό, τα Δ.Σ.Σ. 13.5-24.5 °Brix και ο λόγος Δ.Σ.Σ./TA 18.3-29. Το chroma ήταν ο καλύτερος δείκτης από τις μεταβλητές του χρώματος (L^* , a^* , b^* , hue, chroma). Οι κυριότερες μη πτητικές ουσίες που βρέθηκαν στις μελετώμενες ποικιλίες ήταν η γλυκόζη (5.2-8.8 g/100 g v.β.), η φρουκτόζη (4.4-6.4 g/100 g v.β.), η σορβιτόλη, η μανιτόλη (2.2-8 g/100 g v.β.) και το μηλικό οξύ (502.7-948.3 mg/100 g v.β.). Οι κυριότερες πτητικές ουσίες ήταν οι (E)-2-εξενόλη, βενζαλδεΐδη, εξανάλη και (E)-2-εξανάλη. Οι Usenic κ.α. 2005 ψέκασαν γιββερελλικό οξύ στις ποικιλίες Van και Sunburst κατά την ωρίμανση των καρπών και μελέτησαν τις φυσικοχημικές μεταβολές. Αυτοί οι ερευνητές παρατήρησαν ότι το GA3 επιβραδύνει την ωρίμανση του καρπού, ελαττώνει το σχίσιμο του καρπού και αυξάνει το βάρος και τα Δ.Σ.Σ. Η ανταπόκριση της κερασιάς στο GA3 εξαρτάται από την ποικιλία.

Σε έρευνα με 600 καταναλωτές στις Η.Π.Α. προσπάθησαν να προσδιορίσουν την αναλογία των διαλυτών στερεών συστατικών (Δ.Σ.Σ.), των οξέων και του χρώματος στις ποικιλίες Brooks και Bing που θα έκανε τις ποικιλίες αυτές πιο αποδεκτές από τους καταναλωτές. Οξύτητα μεγαλύτερη του 0.6% μείωσε την αποδοχή στην ποικιλία Brooks, με Δ.Σ.Σ <16%, ενώ στην ποικιλία Bing αυτό συνέβη με Δ.Σ.Σ \leq 13%. Το μεγαλύτερο ποσοστό των Αμερικανών καταναλωτών θα αγόραζε κεράσια με βαθύ κόκκινο χρώμα, ενώ ποσοστό Δ.Σ.Σ >16% θα ικανοποιούσε την πλειονότητα των καταναλωτών. Αναλύθηκε ακόμα το σχήμα του καρπού κερασιάς ποικιλίας Sam και διαπίστωσαν συμμετρία του αριστερού και του δεξιού ημικαρπίου στην πρόσοψη, αλλά ασυμμετρία στην πλάγια όψη.



Εικόνα 3 Ανάλυση σχήματος καρπού κερασιάς

Δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στο σχήμα καρπών που είχαν συλλεγεί 57 ημέρες μετά την άνθηση, με αυτούς που είχαν συλλεγεί 71 ημέρες μετά την άνθηση. Το πρότυπο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μελέτη διαφόρων παραγόντων στο σχήμα του καρπού.

1.5 Σύσταση Καρπού

Αν και τα κεράσια αποτελούνται κατά κύριο λόγο από νερό και διαλυτά στερεά (σάκχαρα) περιέχουν και άλλες ουσίες όπως ανθοκυανίνες οι οποίες είναι υπεύθυνες για το χρώμα, οξέα (μηλικό και κιτρικό οξύ) και σε πολύ μικρές ποσότητες αρωματικές ουσίες. Τα σάκχαρα, τα οξέα και οι αρωματικές ουσίες ευθύνονται για τη γεύση.

Τα κεράσια είναι καλές πηγές φλαβονοειδών και ανθοκυανινών. Οι ανθοκυανίνες του γλυκού κερασιού είναι η ρουτινοζίδιο και το γλυκοζίδιο της κυανιδίνης και της πεονιδίνης και το ρουτινοζίδιο της πελαργονιδίνης. Το ξινό κεράσι περιέχει ακόμα περισσότερες ανθοκυανίνες. Το ξινό κεράσι έχει επίσης καμφερόλη, ισοαμνεστίνη και παράγωγά της, αλκαλοειδή και μελατονίνη.

Οι ανθοκυανίνες είναι χρωστικές ουσίες οι οποίες δίνουν το κόκκινο και μωβ χρώμα σε φρούτα όπως τα κεράσια, τα μούρα, τα σταφύλια, τα ρόδια κ.α. και οι οποίες με τη σειρά τους παρουσιάζουν αντιοξειδωτική και αντιφλεγμονώδη δράση στον οργανισμό. Στα έγχρωμα άνθη και καρπούς, οι ανθοκυανίνες είναι ζωτικής σημασίας στην προσέλκυση των ζώων για τη γονιμοποίηση των ανθέων και τη διασπορά των καρπών. Επίσης, προστατεύουν τα κύτταρα κατά την φωτοσύνθεση απορροφώντας ακτινοβολία. Η βιοσύνθεση των ανθοκυανινών επηρεάζεται από την παρουσία της άμεσης ακτινοβολίας. Οι ανθοκυανίνες είναι γλυκοζίτες με σάκχαρα στη θέση 3. Δίχως τα σάκχαρα τους, οι ανθοκυανίνες ονομάζονται ανθοκυανιδίνες (Kupferman, 2001; Serrano et al., 2005; Pappas et al., 2011).

Από την άλλη το γλυκό κεράσι είναι πλουσιότερο σε φαινολικά οξέα. Οι σπουδαιότερες φαινολικές ουσίες στα κεράσια είναι οι ανθοκυανίνες με κυριότερες την 3-ρουτινοσιδική κυανιδίνη και την 3-γλυκοζιδική κυανιδίνη και δευτερεύοντες την 3-ρουτινοσιδική πεονιδίνη και την 3-γλυκοζιδική πεονιδίνη. (Kupferman, 2001; Serrano et al., 2005; Serrano et al., 2009; Usepic et al., 2005). Οι κυριότερες πολυφαινόλες είναι το καφέιλταρταρικό οξύ και το 3-ρ-κουμαροϋλκουϊνικό οξύ (Robards et al, 1999), καθώς και το νεοχλωρογενικό οξύ (Gao and Mazza, 1995). Μελετώντας 11 ποικιλίες κερασιών προσδιόρισαν την ολική περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες με τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC). Οι τιμές κυμαίνονταν από 82 έως 297 mg/100 g νωπού βάρους για τις σκουρόχρωμες ποικιλίες και

από 2 έως 41 mg/100 g v.β. για τις ανοιχτόχρωμες ποικιλίες (Serrano et al., 2005; Usenic et al., 2005). Τέλος, τα φλαβονοειδή αποτελούν τη μεγαλύτερη κατηγορία των πολυφαινολών και παρουσιάζουν μία ιδιαίτερα ωφέλιμη δράση για τον οργανισμό κυρίως εξαιτίας των αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων. Τα φλαβονοειδή παρουσιάζουν επίσης μία αντικαρκινική δράση και συμβάλλουν στην καταπολέμηση των φλεγμονών (Serrano et al., 2005; Serrano et al., 2009; Usenic et al., 2005)..

1.8

Ωρίμανση

Καρπού

Η ωρίμανση των κερασιών πραγματοποιείται παράλληλα με την ταχεία αύξηση του μεγέθους του καρπού και του βάρους του, κατά τη διάρκεια των τελευταίων βδομάδων πριν τη συγκομιδή. Η συγκέντρωση των σακχάρων αυξάνεται καθώς οι καρποί ωριμάζουν, ενώ τα οξέα όπως το μηλικό, παραμένουν σχετικά σταθερά .

1.9 Διαδικασία ωρίμανσης

Η διαδικασία ωρίμανσης του κερασιού, ακολουθεί τα παρακάτω στάδια.

1.9.1 Ανάπτυξη του καρπού

Η ανάπτυξη του καρπού του κερασιού πραγματοποιείται σε τρία στάδια (I, II, III). Το πρώτο (I) και το τρίτο (III) στάδιο χαρακτηρίζονται ως φάσεις ταχείας ανάπτυξης ενώ το δεύτερο στάδιο (II) χαρακτηρίζεται ως ένα ήρεμο στάδιο. Κατά τη διάρκεια του πρώτου σταδίου γίνεται η κυτταροδιαίρεση, ενώ κατά το δεύτερο και τρίτο στάδιο τα κύτταρα αυξάνονται σε μέγεθος. Το τελικό μέγεθος του κερασιού συνεπώς, είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού της κυτταροδιαίρεσης και της αύξησης των κυττάρων σε μέγεθος. Το μήκος της φάσης της κυτταροδιαίρεσης (στάδιο I) καθορίζει στην ουσία το μέγεθος του καρπού. Οι "δροσερές" εποχές επεκτείνουν την περίοδο της κυτταροδιαίρεσης με αποτέλεσμα τα κεράσια να αναπτύσσονται περισσότερο σε μέγεθος. Οι υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου μειώνουν αυτήν την φάση, με συνέπεια τα κεράσια να αναπτύσσονται λιγότερο σε μέγεθος. Η θερμοκρασία είναι επίσης σημαντική κατά τη διάρκεια του τρίτου σταδίου (III). Κατά τη διάρκεια περιόδων με κανονικές θερμοκρασίες η αύξηση των κυττάρων και η ωρίμανση συνεχίζεται κανονικά. Εντούτοις, εάν οι θερμοκρασίες είναι πολύ υψηλές, η αύξηση των κυττάρων σταματά και η ωρίμανση συνεχίζεται με συνέπεια τα κεράσια να ωριμάζουν αλλά να έχουν μικρότερο μέγεθος από αυτό που πρέπει. Το μέγεθος των φρούτων καθορίζεται επίσης και από το φορτίο της παραγωγής. Το μεγάλο μέγεθος παραγωγής οδηγεί σε μικρότερα φρούτα (Μαρθοπούλου, 2006) .

1.9.2 Ανάπτυξη χρώματος

Οι ανθοκυανίνες αρχίζουν να συσσωρεύονται στο φλοιό και τη σάρκα των κερασιών λίγες βδομάδες πριν τη συγκομιδή. Τα κεράσια στην αρχή αποκτούν χρώμα άχυρου, μετά ελαφρύ κόκκινο, στη συνέχεια κόκκινο το οποίο σκουραίνει προς μαυνί και τελικά γίνονται μαύρα. Η απώλεια του πράσινου χρώματος και η ανάπτυξη του αχυρένιου, σχετίζεται με την συγκέντρωση των χρωστικών και τη διάσπαση της χλωροφύλλης στη σάρκα του καρπού. Η ανάπτυξη του κόκκινου χρώματος οφείλεται στη σύνθεση των ανθοκυανινών στο φλοιό και στη σάρκα και το μαύρισμα καθώς πλησιάζει η ωρίμανση, οφείλεται στην αύξησή τους ή στην οξειδωσή τους και εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την ηλιακή ακτινοβολία (Μαρθοπούλου, 2006; Kafkaletou et al., 2015).

1.9.3 Ανάπτυξη γεύσης

Η γεύση του καρπού καθορίζεται από τη συγκέντρωση των διαλυτών στερεών (γλυκύτητα), οξέων (οξύτητα) και αρωματικών ουσιών. Σε σύγκριση με άλλα φρούτα τα κεράσια παράγουν έναν μικρό αριθμό αρωματικών ουσιών. Η οξύτητα γενικά κυμαίνεται μεταξύ 0,6 και 1% και

οφείλεται κυρίως στο μηλικό οξύ (κατά 85% περίπου). Έχει επίσης ανιχνευτεί και μικρή ποσότητα κιτρικού οξέος. Το pH κατά την ωρίμανση περνάει από το 3,3 στο 4, έτσι το κεράσι είναι ένας μέτρια όξινος καρπός. Τα κεράσια είναι πλούσια σε σάκχαρα, περίπου 8-24% του νωπού βάρους τους, αυτό το ποσοστό εξαρτάται από την ποικιλία, το στάδιο ωριμότητας και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα κύρια σάκχαρα είναι η φρουκτόζη και η γλυκόζη, με τη δεύτερη σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Το κεράσι δεν περιέχει καθόλου σουκρόζη. Η οξύτητα εξασθενεί ελαφρά και τα σάκχαρα μειώνονται ταχύτατα μετά την συγκομιδή των κερασιών. Τα αποθηκευμένα κεράσια χάνουν την οξύτητα τους πολύ γρήγορα και αυτό παρατηρείται πιο έντονα σε καρπούς που συλλέχθηκαν τελείως ώριμοι (Tsantili et al., 2007). Τα σάκχαρα των ανώριμων καρπών παραμένουν πιο σταθερά μετά τη συγκομιδή, αλλά συχνά είναι σε ανεπαρκείς ποσότητες για να καταστήσουν τον καρπό ελκυστικό προς τον καταναλωτή. Η εξασθένηση της γεύσης στη συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας μπορεί να οφείλεται σε απώλεια οξέων (Μαρθοπούλου, 2006).

1.9.4 Μαλάκωμα καρπών

Καθώς τα κεράσια πλησιάζουν στην ωρίμανση, η υφή τους αλλάζει. Οι διάφορες ποικιλίες διαφέρουν σημαντικά στην υφή (συνεκτικότητα, τραγανότητα) και στον τρόπο μαλακώματος. Κατά την ωρίμανση των καρπών παρατηρείται μια απότομη πτώση της συνεκτικότητας της σάρκας (μια μείωση της συνεκτικότητας έως 60% σε διάρκεια 7 ημερών είναι συνηθισμένη). Η απομάκρυνση του καρπού από το δέντρο επηρεάζει το ρυθμό μεταβολής των παραγόντων που καθορίζουν την ποιότητα (χρώμα, γλυκύτητα, συνεκτικότητα κ.λ.π). Ο ρυθμός μεταβολής επηρεάζεται σημαντικά από το στάδιο ωριμότητας του καρπού κατά τη διάρκεια της συγκομιδής. Οι ανώριμοι καρποί μετά τη συγκομιδή τους μπορεί να μαλακώσουν πολύ πιο γρήγορα από καρπούς που συγκομίσθηκαν σε πιο προχωρημένο στάδιο ωριμότητας (Serrano et al., 2009).

1.10 Συγκομιδή κερασιού

Ο χρόνος συγκομιδής των φρούτων καθορίζεται από την ωριμότητά τους. Ο όρος ωριμότητα έχει διπλή έννοια:

- Συλλεκτική ή εμπορική ωριμότητα και
- Ωριμότητα για κατανάλωση

Με τον όρο συλλεκτική ή εμπορική ωριμότητα, εννοούμε ότι το φρούτο πάνω στο φυτό έχει ολοκληρώσει τις φάσεις αύξησης και ανάπτυξης και είναι κατάλληλο για συντήρηση, βιομηχανική επεξεργασία κ.λ.π. Με τον όρο ωριμότητα για κατανάλωση, εννοούμε το στάδιο της φυσιολογικής ωριμότητας του φρούτου, όπου το φρούτο έχει αποκτήσει όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και μπορεί να καταναλωθεί. Στα κεράσια το στάδιο της συλλεκτικής ή εμπορικής ωριμότητας συμπίπτει με το στάδιο της ωριμότητας για κατανάλωση (Serrano et al., 2009).

1.10.1 Κριτήρια συγκομιδής

Λόγω του ό,τι οι καρποί της κερασιάς είναι μικρού μεγέθους η συγκομιδή πρέπει να γίνεται σε ένα χέρι για να συμφέρει οικονομικά. Οι καρποί όμως δεν ωριμάζουν ταυτόχρονα και αυτό δημιουργεί μερικά προβλήματα. Έτσι σαν κριτήρια συγκομιδής θεωρούνται εκείνα που αφορούν το μεγαλύτερο ποσοστό καρπών (Kupferman et al., 2003).

Οι παραγωγοί, χρησιμοποιούν ως κριτήρια συγκομιδής τα παρακάτω:

1. Μέγεθος

καρπών

Το μέγεθος των καρπών είναι ενδεικτικό μόνο κριτήριο ωρίμανσης και συγκομιδής

διότι επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως, από τη διατροφή του δέντρου, την ηλικία, το κλάδεμα, και τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος που επικρατούν.

2. **Χρώμα** **καρπών**
Το βασικό χρώμα σταδιακά μεταβάλλεται κατά την ωρίμανση από πράσινο σε κόκκινο.
3. **Συνεκτικότητα** **ολόκληρου** **φρούτου/σάρκας**
Με διάτρηση η ελαστικότητα.
4. **Καρπική** **περίοδος**
Είναι ο αριθμός των ημερών από την πλήρη άνθηση ως την ωρίμανση. Η καρπική περίοδος μερικών ποικιλιών κερασιών κυμαίνεται σε ημέρες.
5. **Περιεχόμενο** **σε** **διαλυτά** **στερεά**
Το περιεχόμενο του χυμού των κερασιών σε διαλυτά στερεά θεωρείται ως καλός δείκτης ωριμότητας.

Ο προσδιορισμός της έναρξης της συγκομιδής πραγματοποιείται, με την αξιολόγηση των κλιματολογικών συνθηκών γενικότερα κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και ειδικότερα με την αξιολόγηση των κλιματολογικών συνθηκών κατά το κρίσιμο στάδιο της ωρίμανσης, με την αξιολόγηση των στατιστικών στοιχείων που υπάρχουν στην έδρα της γεωργικής εκμετάλλευσης που αφορούν στην έναρξη της συγκομιδής κατά τις προηγούμενες χρονιές και τέλος με την κατάταξη των ποικιλιών κατά σειρά πρωιμότητας. Συγκεκριμενοποίηση του ακριβούς χρόνου έναρξης της συγκομιδής, πραγματοποιείται μέσω επισκέψεων, του επιβλέποντα γεωπόνου, στα αγροτεμάχια ο οποίος δίνει και την τελική έγκριση για την έναρξη της συγκομιδής. Μετά την έναρξη της συγκομιδής των πρώιμων ποικιλιών ακολουθείται και η έναρξη συγκομιδής των υπολοίπων ποικιλιών κατά την σειρά πρωιμότητας (Kurfertman et al, 2003).

1.10.2 Εργασίες συγκομιδής

Η συγκομιδή των κερασιών είναι ιδιαίτερως κουραστική εργασία και όλος ο χειρισμός απαιτείται να γίνεται με μεγάλη προσοχή. Το μικρό μέγεθος των καρπών και το ύψος των δέντρων δημιουργούν προβλήματα. Ο καρπός πρέπει να συγκομίζεται μαζί με τον ποδίσκο. Αν αυτό δεν γίνει, τότε οι ιστοί γύρω από τον ποδίσκο σπάζουν και ο καρπός σαπίζει πολύ γρήγορα. Επίσης πρέπει να γίνεται με προσοχή η κοπή των καρπών, έτσι ώστε να μη καταστρέφονται οι ροζέτες, γιατί αυτό μειώνει την ανθοφορία το επόμενο έτος.

Το πιο σημαντικό συστατικό μιας επιτυχημένης συγκομιδής είναι η απομάκρυνση της σοδειάς στο κατάλληλο στάδιο ωριμότητας και χωρίς εκτεταμένους μωλωπισμούς. Το κεράσι είναι ένας ευπαθής καρπός και μπορεί εύκολα να τραυματιστεί από κακούς χειρισμούς κατά τη συλλογή και τη μεταχείριση του. Για αυτό το λόγο δίνονται οδηγίες στους συλλέκτες (εργάτες) ώστε να κρατούν τους καρπούς από το μίσχο και να τους απομακρύνουν από το κλαδί με μία ανοδική κίνηση, καθώς και να έχουν κομμένα νύχια και να μην ασκούν πίεση στον καρπό. Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται νωρίς την ημέρα, να ξεκινάει το πρωί και να σταματάει όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος φτάσει τους 30 °C περίπου. Ο καρπός τότε έχει μεγαλύτερο μέγεθος και είναι πιο συνεκτικός. Η θερμοκρασία της σάρκας του καρπού στο δέντρο παραμένει κοντά στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα, οπότε οι καρποί που εκτίθενται άμεσα στον ήλιο μπορεί να είναι πιο θερμοί από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Τα κεράσια συλλέγονται σε πλαστικούς ή ξύλινους κουβάδες και έπειτα τοποθετούνται σε πλαστικά κιβώτια (κλουβάκια) αφού πρώτα έχουν τοποθετηθεί στον πυθμένα των κιβωτίων φύλλα χαρτιού, για να μην τραυματίζονται. Πριν τη μεταφορά τους διατηρούνται σε σκιερό μέρος σκεπασμένα με υγρή λινάτσα για να προστατεύονται από τον ήλιο και το θερμό αέρα.

1.11 Συμπεριφορά μετά τη συγκομιδή και συντήρηση καρπών

Τα κεράσια μετά τη συγκομιδή τους συνεχίζουν να αναπνέουν και να εκτελούν τις μεταβολικές τους διεργασίες. Η αναπνοή είναι μία λειτουργία, όπου οι αποθηκευμένες ουσίες παρουσία O_2 διασπώνται σε απλούστερες με ταυτόχρονη παραγωγή CO_2 και νερού.

Ανάλογα με την παρουσία ή την απουσία ενός αναπνευστικού μεγίστου (κλιμακτήριο) κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των καρπών και ανάλογα με την αντίδρασή τους στην παρουσία αιθυλενίου στο εσωτερικό ή στο εξωτερικό τους περιβάλλον, τα φρούτα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: στους κλιμακτηρίους και στους μη κλιμακτηρίους καρπούς (Ματσατσίνης, 2000). Τα κεράσια θεωρούνται μη κλιμακτήρια φρούτα, η εσωτερική τους ποιότητα δεν βελτιώνεται μετά τη συγκομιδή και η ένταση της αναπνοής επηρεάζεται μόνο από τη θερμοκρασία. Η σημασία του αιθυλενίου στην ανάπτυξη και στην ωρίμανση των κερασιών συζητείται ακόμα, αλλά τα επίπεδα του αιθυλενίου και πρόδρομες ουσίες του αυξάνονται στους ιστούς κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Ωστόσο, εφαρμογή του αιθυλενίου δεν προωθεί αισθητά την ωρίμανση των καρπών.

Η θερμοκρασία, όπως αναφέρθηκε παραπάνω επηρεάζει έντονα την αναπνοή των κερασιών. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, τόσο πιο έντονη γίνεται η αναπνοή. Οι χαμηλές θερμοκρασίες καθυστερούν την απώλεια της συνεκτικότητας (μαλάκωμα), την απώλεια διαλυτών στερεών και την αποσύνθεση χρώματος. Τα κεράσια μετά τη συλλογή τους πρέπει να μεταφερθούν πολύ γρήγορα στο συσκευαστήριο, επειδή είναι πολύ φθαρτά φρούτα και κάθε καθυστέρηση επηρεάζει τη μετασυλλεκτική ζωή τους (Πάσσαμ κ.α., 2016; Tsantili et al., 2007).

Σχετικά με τη συντήρηση των κερασιών, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι για τη βέλτιστη διατήρηση τους στην καλύτερη δυνατή κατάσταση. Η διατήρηση ενός “φρέσκου”, σε άριστη κατάσταση ποδίσκου επί του καρπού, από τη συγκομιδή έως την κατανάλωση αποτελεί επιδίωξη των μεταπωλητών και στοιχείο που επίσης χαρακτηρίζει την ποιότητα των καρπών.

Οι καρποί, αμέσως μετά τη συγκομιδή αναπνέουν με ρυθμό διαρκώς αυξανόμενο, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Ταχεία ψύξη, αμέσως μετά τη συγκομιδή, συνεπάγεται μικρές απώλειες υγρασίας και άριστη ποιότητα. Η συντήρηση για μεγάλο χρονικό διάστημα ακόμα και σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα δε συνιστάται καθώς υποβαθμίζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών.

Γενικά, τα κεράσια έχουν διάρκεια συντήρησης που δεν ξεπερνά τις 4 εβδομάδες. Συνιστώμενες θερμοκρασίες συντήρησης είναι από -1 έως 0 °C, αλλά θα πρέπει να δίνεται προσοχή να μην πέσουν σε τιμές που οδηγούν σε πάγωμα των καρπών (-3 έως -1 °C). Η σχετική υγρασία των ψυκτικών θαλάμων συνιστάται να ρυθμίζεται στο 90-95%, απαραίτητη για τη διατήρηση ενός υγιούς πράσινου ποδίσκου. Προτείνεται η χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας που οδηγεί σε σύσταση αερίων 3-10% O_2 και 10-15% CO_2 (Kupferman and Sanderson, 2001). Επίσης, στα κεράσια έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία μετασυλλεκτικές και προσυλλεκτικές εφαρμογές με $CaCl_2$ για τη βελτίωση της υφής των καρπών (Tsantili et al., 2007).

Μύκητες όπως η μονίλια και ο βοτρύτης καταστρέφουν τους καρπούς που έχουν συγκομισθεί αν δε γίνει προσεκτική μεταχείριση πριν και μετά την συγκομιδή. Η πρόψυξη με κρύο νερό (hydro-cooling) χρησιμοποιείται ευρέως, ως μέθοδος διατήρησης της ποιότητας αμέσως μετά τη συγκομιδή. Στο διαλογητήριο, η διαχείριση των κερασιών γίνεται πάντα υπό ψύξη. Τα

κεράσια τοποθετούνται σε κατάλληλες σακούλες ή κουπάκια τα οποία βοηθούν στη διατήρηση της ποιότητας μετά τη συγκομιδή.

2. Εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις

Από τους προϊστορικούς χρόνους ο άνθρωπος παρατήρησε την ευεργετική επίδραση των μεμβρανών στη συντήρηση των τροφίμων του. Κάλυπτε τα θηράματά του με το δέρμα τους ή με φύλλα, τους καρπούς τους άφηνε με την επιδερμίδα τους. Πολύ σύντομα ανακάλυψε το λείο και χωρίς πόρους πηλό, υλικά που έβρισκε έτοιμα και χωρίς ανάγκη ιδιαίτερης επεξεργασίας για να τα χρησιμοποιήσει ως μέσα συσκευασίας. Αργότερα άρχισε να ράβει τα δέρματα των ζώων, να σχηματοποιεί τον πηλό σε πρόδρομες μορφές ανόπτησης (annealing) και εφηύρε τις πρώτες λαμιναρισμένες επιφάνειες, κάλυπτε τους διάφορους περιέκτες με φύλλα μετάλλου ή κηρούς βελτιώνοντας πολύ τις ιδιότητές τους.

2.1 Ορισμός

Εδώδιμη επικάλυψη ορίζεται ένα λεπτό φύλλο από φυσικά πολυμερή που χρησιμοποιείται για την επικάλυψη των τροφίμων, ενώ εδώδιμη μεμβράνη είναι ένα προσχηματισμένο, λεπτό στρώμα από φυσικά πολυμερή, το οποίο, αφού σχηματιστεί, μπορεί να τοποθετηθεί επάνω ή/και ανάμεσα στα συστατικά ενός τροφίμου. Η κυριότερη διαφορά των εδώδιμων μεμβρανών από τις επικαλύψεις είναι ότι τα πρώτα αποτελούν ανεξάρτητες δομές που προσθέτονται στην επιφάνεια του προϊόντος σε μετέπειτα φάση, ενώ τα δεύτερα είναι λεπτά στρώματα που σχηματίζονται απευθείας στην επιφάνεια του προϊόντος με τη βύθιση, το βούρτσισμα ή τον ψεκασμό. Επικαλύψεις χρησιμοποιούνται στα νωπά φρούτα και στα λαχανικά με σκοπό να τα προστατεύσουν από μικροβιολογικές αλλοιώσεις, να εμποδίσουν την απομάκρυνση υγρασίας και ταυτόχρονα να επιβραδύνουν το ρυθμό της αναπνευστικής δραστηριότητας, χωρίς τον κίνδυνο δημιουργίας συνθηκών αναερόβιας αναπνοής που οδηγεί στη γρήγορη σήψη τους (Kupferman and Sanderson, 2001; Serrano et al., 2009).

Ο σκοπός της χρησιμοποίησης των εδώδιμων συσκευασιών είναι η επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του προϊόντος, καθώς και η δυνατότητα κατανάλωσης μαζί με τα τρόφιμα ή χωρίς με περαιτέρω αφαίρεσή της. Οι εδώδιμες μεμβράνες προσφέρουν κάποιο φραγμό στη μετανάστευση υγρασίας, καθώς και αερίων, όπως οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα και αιθυλένιο. Μια μεμβράνη μπορεί επίσης να προστατεύει την επιφάνεια του τροφίμου και να αποτρέπει την απώλεια άλλων σημαντικών συστατικών του, όπως αρωματικών ενώσεων, λιπιδίων. Γενικά, το πάχος τους είναι λιγότερο από 0.3 mm. Η ιδέα για τη χρησιμοποίηση εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων προήλθε από τον προστατευτικό ρόλο και τη συμβολή που προσφέρει ο εξωτερικός φλοιός (φλούδα) των φρούτων και λαχανικών στη διάρκεια συντήρησής τους και κύρια στη μείωση της απώλειας υγρασίας (Donhowe et. al., 1994). Οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις σε καμία περίπτωση δεν αντικαθιστούν την ανάγκη για συσκευασία των τροφίμων με μη εδώδιμα υλικά συσκευασίας. Εκείνο που κάνουν είναι να ενεργούν βοηθητικά προς αυτά, βελτιώνοντας την ποιότητα του προϊόντος και επιμηκύνοντας τη διάρκεια συντήρησής του.

2.2 Ιδιότητες εδώδιμων επικαλύψεων και μεμβρανών (Edible coatings and films)

Η ανάγκη για την ανάπτυξη των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων είναι βασισμένη σε μια πλειάδα πλεονεκτημάτων που η χρήση τους μπορεί να προσφέρει για τους καταναλωτές και τη βιομηχανία τροφίμων, σε σχέση με τα μη εδώδιμα συνθετικά υλικά συσκευασίας. Συγκεκριμένα, παράγονται από εδώδιμα υλικά τα οποία μπορούν να καταναλωθούν μαζί με το προϊόν ή να βιο-αποικοδομηθούν εύκολα συμβάλλοντας στον περιορισμό των αποβλήτων και της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Μ' αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα να αξιοποιηθούν υποπροϊόντα των βιομηχανιών (π.χ. πρωτεΐνες ορού από τυροκομεία) ως

πρώτες ύλες για την παρασκευή εδώδιμων μεμβρανών. Το χαμηλό κόστος και η βιοαποικοδόμηση των εδώδιμων συσκευασιών προβάλλονται ως η οικολογική απάντηση στην πετρελαιοεξαρτώμενη βιομηχανία της πλαστικής συσκευασίας. Ο κυριότερος ρόλος των εδώδιμων μεμβρανών είναι η βελτίωση της συντήρησης, καθώς και των μηχανικών, οργανοληπτικών και διατροφικών ιδιοτήτων του τροφίμου. Οι μεμβράνες ρυθμίζουν το ρυθμό μεταφοράς της υγρασίας, επιβραδύνουν τη μεταφορά οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα, επιβραδύνουν την απομάκρυνση λιπαρών ουσιών και επιπλέον επιβραδύνουν τη μεταφορά ουσιών διαλυμένων στο τρόφιμο. Επίσης, συγκρατούν τις αρωματικές ουσίες του προϊόντος και παράλληλα μπορούν να λειτουργήσουν ως φορείς λειτουργικών συστατικών, όπως αντιμικροβιακών, αντιοξειδωτικών και άλλων συντηρητικών ελέγχοντας την απελευθέρωσή τους στην επιφάνεια του προϊόντος (Guilbert et al., 1996; Rojas-Grau et al., 2009)

2.3 Πλεονεκτήματα εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων

Οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις παρουσιάζουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συνθετικές μεμβράνες (Miller and Crotchta, 1997; Donhowe, 1992; Bai and Plotto, 2016):

- Παράγονται από εδώδιμες, ανανεώσιμες πρώτες ύλες
- Καταναλώνονται μαζί με το προϊόν με αποτέλεσμα να μην αφήνουν απόβλητα
- Ακόμη και στην περίπτωση που δεν καταναλωθούν με το προϊόν, δε μολύνουν το περιβάλλον, γιατί γρήγορα αποσυντίθεται, αφού είναι πλήρως βιοδιασπώμενα υλικά
- Είναι δυνατόν να ενσωματωθούν σε αυτά ουσίες που ενισχύουν το χρώμα, την οσμή και τη γεύση, με αποτέλεσμα να βελτιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τη αποδοχή του προϊόντος
- Επίσης, μπορούν να ενσωματωθούν αντιμικροβιακές ουσίες και αντιοξειδωτικά, βελτιώνοντας τη διάρκεια συντήρησης του προϊόντος.
- Η χρησιμοποίηση πρωτεϊνών για την παραγωγή τους βελτιώνει τη θρεπτική αξία του προϊόντος
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συσκευασία και επικάλυψη μεμονωμένων τεμαχίων του προϊόντος, όπως π.χ. κεράσια, φράουλες και γενικά στα φρούτα και λαχανικά, όπου πρακτικά είναι αδύνατη η εφαρμογή των συνθετικών μεμβρανών
- Σε προϊόντα, όπως η πίτσα και οι πίτες, μπορούν να τοποθετηθούν ανάμεσα στις στρώσεις των διαφόρων συστατικών εμποδίζοντας με τον τρόπο αυτό τη μεταφορά ουσιών από τη μία στρώση στην άλλη, γεγονός που ενδεχόμενα θα υποβάθμιζε την ποιότητα του προϊόντος. Η ιδιότητα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε κομμένες φρουτοσαλάτες.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενθυλάκωση διαφόρων ουσιών και την ενσωμάτωσή τους σε προϊόντα, με αποτέλεσμα τη σταδιακή και ελεγχόμενη απελευθέρωσή τους στη διάρκεια της παραγωγής ή της συντήρησης των προϊόντων.

2.4 Σύσταση εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων

Οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις κατηγοριοποιούνται συνήθως σύμφωνα με το δομικό υλικό τους. Έτσι, τα συστατικά από τα οποία παρασκευάζονται μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες: υδροκολλοειδή (πρωτεΐνες και πολυσακχαρίτες) και λιπίδια. Τα υδροκολλοειδή είναι πολυμερή με μακρά αλυσίδα που έχουν την ιδιότητα να αυξάνουν το ιξώδες του διαλύματος. Συγκεκριμένα, για τη βιομηχανία τροφίμων, είναι σημαντικό το γεγονός ότι οι πολυσακχαρίτες είναι διαθέσιμοι σε μεγάλες ποσότητες, συνήθως χαμηλού κόστους και δεν είναι τοξικοί (Donhowe and Fennema, 1992; Fennema et al., 1994).

Οι πολυσακχαρίτες που χρησιμοποιούνται συνηθέστερα είναι το άμυλο και τα παράγωγα κυτταρίνης. Οι πρωτεΐνες που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως η καζεΐνη, οι πρωτεΐνες ορού γάλακτος, το κολλαγόνο, οι πρωτεΐνες σίτου, καλαμποκιού, σόγιας και άλλων προϊόντων (Baldwin and Baker, 2002; Han, 2014). Στα λιπίδια συμπεριλαμβάνονται οι φυσικοί κηροί, τα μόνο-, δι- και τριγλυκερίδια. Επίσης, χρησιμοποιούνται μίγματα από τα παραπάνω συστατικά). Τέτοια είναι:

- Το μίγμα μεθυλοκυτταρίνης ή υδροξυ-προπυλο-μεθυλο-κυτταρίνης με τα λιπαρά οξέα στεατικό και παλμιτικό οξύ, την παραφίνη και το κερι των μελισσών
- Το μίγμα πρωτεϊνών, όπως η καζεΐνη, η γλουτένη και η ζεΐνη με ακετυλιωμένα μονογλυκερίδια, παραφίνη και κερι μελισσών.

Η παραγωγή σύνθετων εδωδιμων και βιοδιασπώμενων μεμβρανών συνδυάζοντας πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες με λιπίδια, στηρίζεται στα πλεονεκτήματα των ιδιοτήτων των επιμέρους συστατικών ξεχωριστά καθώς και στη συνεργιστική δράση μεταξύ τους (Altenhofen et. al., 2009).

2.4.1 Πολυσακχαρίτες

Οι πολυσακχαρίτες δημιουργούν διαφανείς και ομοιογενείς εδωδιμες μεμβράνες, οι οποίες έχουν καλές μηχανικές ιδιότητες. Ωστόσο, η εφαρμογή τέτοιων μεμβρανών είναι περιορισμένη εξαιτίας της υδροφιλικότητας τους που έχει ως αποτέλεσμα οι μεμβράνες από πολυσακχαρίτες να μην χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που στόχος είναι ο έλεγχος της μετανάστευσης των υδρατμών. Αυτές οι μεμβράνες όμως έχουν καλές ιδιότητες φραγμού στο οξυγόνο, στο διοξείδιο του άνθρακα και στα λιπίδια. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται ύστερα από ανάμειξη με άλλα βιοπολυμερή (Andrady, 1997) την προσθήκη υδρόφοβων υλικών όπως κηροί, λιπαρά οξέα (Anker, 2001; Ayrançi and Tunc, 2003)) ή ύστερα από την χημική τροποποίηση της δομής του πολυμερούς (Marques, 2006)

Οι μεμβράνες που παράγονται από παράγωγα κυτταρίνης, όπως η καρβοξυμεθυλο-κυτταρίνη (CMC), η μεθυλοκυτταρίνη (MC), η υδροξυπροπυλο-μεθυλοκυτταρίνη (HPMC) και η υδροξυπροπυλο-κυτταρίνη (HPC) παρουσιάζουν επιθυμητά χαρακτηριστικά. Οι μεμβράνες από HPC έχουν καλύτερες ιδιότητες διαπερατότητας σε O₂ και υδρατμούς και μεγαλύτερη επιμήκυνση στην τάνυση αλλά είναι εντελώς διαλυτές στο νερό (Belalía et al., 2008). Επιπλέον, αναπτύχθηκαν μεμβράνες από μίγματα των MC ή HPMC με λιπίδια, όπως το κερι μέλισσας, το βαμβακέλαιο καθώς και λιπαρά οξέα με στόχο την ελάττωση της διαπερατότητας σε υδρατμούς. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διαπερατότητα σε υδρατμούς μειώνεται με τη χρησιμοποίηση λιπαρών οξέων ενώ η διαπερατότητα σε CO₂ εξαρτάται από τον τύπο του λιπαρού οξέος που ενσωματώνεται (Ayrançi και Tunc, 2003).

Στις μεμβράνες αμύλου η κρυσταλλικότητα και η διαπερατότητα σε αέρια επηρεάζεται από την πηγή του αμύλου, την περιεκτικότητα σε αμυλόζη και τα μοριακά χαρακτηριστικά του πλαστικοποιητή ((Thunwall, 2006)(Andrady, 1997)). Η διαπερατότητα σε υδρατμούς των μεμβρανών αμύλου αυξάνεται με την αύξηση της περιεκτικότητας σε αμυλοπηκτίνη (Phan The, 2005) . Για να σχηματιστούν οι μεμβράνες, τα υδατικά διαλύματα του αμύλου πρέπει να ζελατινοποιηθούν πριν την έγχυση και ξήρανσή τους. Γι' αυτόν τον λόγο η θερμική και κρύα ζελατινοποίηση έχουν υιοθετηθεί ως τεχνικές μοριακής διασποράς, με την πρώτη μέθοδο να είναι η πλέον διαδεδομένη. Στην πρώτη περίπτωση, τα υδατικά διαλύματα του αμύλου θερμαίνονται, για να ζελατινοποιηθεί το άμυλο, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η ζελατινοποίηση γίνεται παρουσία διαλυμάτων NaOH. Οι Flores et. al. 2007a μελέτησαν την επίδραση των διαφορετικών τεχνικών ζελατινοποίησης και ξήρανσης στις φυσικοχημικές ιδιότητες μεμβρανών αμύλου ταπύοκα οι οποίες περιείχαν σορβικά άλατα. Χαμηλά ποσοστά ζελατινοποίησης και ξήρανσης οδήγησαν στη δημιουργία μεμβρανών με υψηλότερες τιμές στο συντελεστή ελαστικότητας και στην τάση εφελκυσμού ενώ η γρήγορη ζελατινοποίηση και

ξηρανση επέφερε μείωση στις μηχανικές ιδιότητες και στη διαπερατότητα σε υδρατμούς. Άμυλο γλυκοπατάτας, επίσης χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή αντιμικροβιακών εδώδιμων μεμβρανών με ενσωμάτωση σορβικού καλίου ή χιτοζάνης (Shen et al., 2010) Βρέθηκε ότι η ενσωμάτωση σορβικού καλίου καθυστέρησε την ανάπτυξη της κρυσταλλικότητας και οι δεσμοί υδρογόνου που σχηματίστηκαν ανάμεσα στη χιτοζάνη και το άμυλο μείωσαν την διαπερατότητα σε αέρια και βελτίωσαν τις μηχανικές ιδιότητες.

Οι μεμβράνες από χιτοζάνη, όπου αφορούν και την παρούσα εργασία είναι διαφανείς, εύκαμπτες, με καλές μηχανικές ιδιότητες και έχουν χαμηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα ((Sandford, 1989), (Kalra, 1993)) Ωστόσο, παρουσιάζουν υψηλή διαπερατότητα σε υγρασία. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα οι Vargas et al. (2008) προετοίμασαν υψηλού μοριακού βάρους μεμβράνες χιτοζάνης στις οποίες πρόσθεσαν διαφορετικές συγκεντρώσεις ελαϊκού οξέος. Οι μεμβράνες με την υψηλότερη συγκέντρωση ελαϊκού οξέος είχαν την μικρότερη διαπερατότητα σε υδρατμούς και προσρόφηση σε υγρασία. Λόγω της ικανότητας σχηματισμού μεμβρανών από χιτοζάνη, αυτές χρησιμοποιούνται εκτενώς για προστασία, βελτίωση της ποιότητας και επιμήκυνση της διάρκειας ζωής των φρέσκων και μεταποιημένων τροφίμων. Η χιτοζάνη έχει δοκιμαστεί ως επικάλυψη σε τομάτες, ροδάκινα, ακτινίδια, φράουλες ((Du, 1997), (Vargas et al., 2008)). Από τις έρευνες αυτές προέκυψε πως η χιτοζάνη προκαλεί μείωση της αναπνοής και της παραγωγής αιθυλενίου, αύξηση της εσωτερικής συγκέντρωσης του οξυγόνου, διατήρηση της σκληρότητας των καρπών, της τιτλοδοτούμενης οξύτητας και του βασικού χρώματος, μείωση των απωλειών βάρους και μείωση της φθοράς από παθογόνους μικροοργανισμούς.

Η πουλλουλάνη είναι ένας υδατοδιαλυτός μικροβιακός πολυσακχαρίτης που παράγεται εξωκυτταρικά από διαφορετικά στελέχη του *Aureobasidium pullulans*. Ο καθαρός πολυσακχαρίτης είναι μια λευκή, άμορφη, μη υγροσκοπική σκόνη, η οποία διαλύεται τόσο σε ζεστό όσο και σε κρύο νερό. Η αλυσίδα της πουλλουλάνης σε υδατικά διαλύματα έχει ακανόνιστη διαμόρφωση λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε α-(1→6) δεσμούς, οι οποίοι ευθύνονται για την ευλυγισία του μακρομορίου και τον άμορφο χαρακτήρα αυτού του πολυσακχαρίτη στη στερεά κατάσταση (Gidley, 1993). Η πουλλουλάνη σχηματίζει πολύ καλές εδώδιμες μεμβράνες οι οποίες είναι άχρωμες, άοσμες, διαφανείς, εύκαμπτες και ανθεκτικές στη διεύθυνση λιπαρών ουσιών και οξυγόνου.

2.4.2 Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες καλύπτουν έναν μεγάλο αριθμό πρωτεϊνών ζωικής και φυτικής προέλευσης (συμπεριλαμβανομένης της καζεΐνης, της πρωτεΐνης σόγιας, του κολλαγόνου, της ζελατίνης, του ορού γάλακτος, της γλουτένης σίτου και της ζεΐνης αραβοσίτου). Για μερικές πρωτεΐνες, όπως του ορού γάλακτος, της σόγιας, της γλουτένης σίτου απαιτείται μετουσίωση με θέρμανση των πρωτεϊνικών διαλυμάτων σε αλκαλικές ή όξινες συνθήκες για να σχηματιστεί το πλέγμα της μεμβράνης (Choi, 2001).

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 μοριακού δικτυώματος (Gennadios et. al, 1990).

Οι πρωτεΐνες διακρίνονται από τους πολυσακχαρίτες καθώς βασίζονται σε περίπου 20 μονομερή αμινοξέα, σε αντίθεση με αυτούς που αποτελούνται έστω και από ένα μονομερές όπως η γλυκόζη στην περίπτωση της κυταρίνης και του αμύλου. Η δομή των αμινοξέων είναι παρόμοια. Περιέχουν μια αμινομάδα (NH₂) και μια καρβοξυλική ομάδα (COOH) οι οποίες είναι συνδεδεμένες στο ίδιο άτομο άνθρακα. Ωστόσο, κάθε αμινοξύ έχει μια διαφορετική πλευρική ομάδα που συνδέεται με τον κεντρικό άνθρακα η οποία του προσδίδει ένα μοναδικό χαρακτήρα. Η πλευρική ομάδα μπορεί να είναι πολική (υδρόφιλη) ή μη-πολική (υδρόφοβη),

θετικά φορτισμένη ή αρνητικά φορτισμένη σε $pH=7$ (Cheftel, 1985) . Οι περισσότερες πρωτεΐνες περιέχουν 100 έως 500 υπολείμματα αμινοξέων. Ανάλογα με την ακολουθία των αμινοξέων (πρωτοταγής δομή της πρωτεΐνης), η πρωτεΐνη μπορεί να πάρει διαφορετικές δομές κατά μήκος της πολυπεπτιδικής αλυσίδας (δευτεροταγής δομή πρωτεΐνης) οι οποίες βασίζονται σε δεσμούς υδρογόνου, δυνάμεις van der Waals, υδρόφοβες, ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις καθώς και δισουλφιδικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των υπολειμμάτων αμινοξέων (Cheftel, 1985) .

Η τριτοταγής δομή αναφέρεται στην τρισδιάστατη οργάνωση (οργάνωση στο χώρο) μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας η οποία έχει τμήματα καλά οργανωμένα ή και τυχαία διαμόρφωση. Οι κύριοι τύποι των δυνάμεων που συμμετέχουν στη διαμόρφωση των πολυπεπτιδικών αλυσίδων αλλά και στη διατήρηση της διαμόρφωσης είναι οι δεσμοί υδρογόνου, οι υδρόφοβες επιδράσεις και οι ιοντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πολικών ομάδων.

Τέλος, η τεταρτοταγής δομή αναφέρεται στην οργάνωση στο χώρο αυτών των υπομονάδων καθώς και στη φύση της διεύθυνσής τους. Η δευτεροταγής, τριτοταγής και τεταρτοταγής δομή μπορεί να τροποποιηθεί από φυσικούς και χημικούς παράγοντες όπως θερμότητα, μηχανικές κατεργασίες, υδροστατική πίεση, ακτινοβολία καθώς και οξέα και αλκάλια, μέταλλα (Cheftel, 1985) .

Οι παράγοντες αυτοί συχνά χρησιμοποιούνται κατά τη δημιουργία πρωτεϊνικών μεμβρανών και επικαλύψεων για τη βελτίωση της διαμόρφωσης των πρωτεϊνών, των 23 πρωτεϊνικών αλληλεπιδράσεων με αποτέλεσμα τις μεταβολές στις φυσικοχημικές ιδιότητες των μεμβρανών.

Οι πρωτεΐνες γάλακτος είναι οι πιο διαδεδομένες πρωτεΐνες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή εδωδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων. Οι καζεΐνες και οι πρωτεΐνες ορού γάλακτος αποτελούν τα κύρια κλάσματα των πρωτεϊνών γάλακτος (80% και 20% αντίστοιχα), που έχουν αποκτήσει μεγάλο ενδιαφέρον δεδομένου ότι μπορούν να προσφέρουν υψηλή θρεπτική αξία και ευχάριστη γεύση εκτός από τις ιδιότητες φραγμού. Στις καζεΐνες περιλαμβάνονται οι $\alpha s1-$, $\alpha s2-$, $\beta-$ και $\kappa-$ καζεΐνη και στις πρωτεΐνες ορού γάλακτος η $\beta-$ λακτογλοβουλίνη, η α -λακταλβουμίνη, η αλβουμίνη του ορού, οι ανοσοσφαιρίνες και οι πρωτεόζες- πεπτόνες. Αποτελούν βασικό παράγοντα στη διατροφή του ανθρώπου και απομονώνονται σχετικά εύκολα από το γάλα. Τα τελευταία χρόνια η έρευνα εστιάζεται στα χαρακτηριστικά και στις ιδιαίτερες ιδιότητες των πρωτεϊνών του γάλακτος σε μοριακό επίπεδο. Βρέθηκε ότι, τόσο οι καζεΐνες όσο και οι πρωτεΐνες ορού του γάλακτος περιέχουν στο μόριο τους περιοχές οι οποίες, όταν απελευθερωθούν με ενζυμική υδρόλυση μπορούν κάτω από ορισμένες συνθήκες να παρουσιάσουν βιολογική δραστηριότητα. Τα πεππίδια που εμφανίζουν αυτή την ιδιότητα χαρακτηρίζονται ως βιοενεργά πεππίδια (Clare, 2000). Τέτοια πεππίδια μπορούν να δημιουργηθούν και κατά τη διαδικασία παραγωγής διαφόρων γαλακτοκομικών προϊόντων, όπως προκύπτει από την απομόνωση και ταυτοποίησή τους από τυριά μέσης κυρίως ωρίμανσης, από γιαούρτια και άλλα γαλακτοκομικά προϊόντα. Η δημιουργία τους κατά την ωρίμανση των τυριών αποδίδεται στη δράση των ενζύμων των οξυγαλακτικών καλλιεργειών και των δευτερευουσών καλλιεργειών.

Οι μεμβράνες από πρωτεΐνες ορού γάλακτος (WPI) είναι διαφανείς, εύκαμπτες και παρουσιάζουν χαμηλή διαπερατότητα σε αέρια (οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα), σε αρωματικές ενώσεις και σε λιπαρές ουσίες. Εντούτοις, οι μεμβράνες αυτές δεν παρέχουν προστασία από τις απώλειες υγρασίας λόγω του υδρόφιλου χαρακτήρα τους. Ενσωμάτωση λιπιδίων στις μεμβράνες πρωτεϊνών ορού γάλακτος, βελτιώνουν τις ιδιότητες φραγμού σε υγρασία με την αύξηση της υδροφοβικότητας. Τα λιπίδια που προστίθεται στις μεμβράνες πρωτεϊνών ορού γάλακτος περιλαμβάνουν τα ακετυλιωμένα μονογλυκερίδια, το κερι μέλισσας, καθώς και λιπαρά οξέα (Kamper, 1985).

2.4.3 Λιπίδια

Τα λιπίδια που χρησιμοποιούνται στις εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις συμπεριλαμβάνουν τους κηρούς (κερί μέλισσας, κερι καντελλίλα και κερι καρναούμπα), μονο-, δι- και τριγλυκερίδια και λιπαρά οξέα. Τα λιπίδια έχουν την ιδιότητα να περιορίζουν τις απώλειες σε υγρασία λόγω του υδρόφοβου χαρακτήρα που έχουν οι κηροί και τα λίπη, και παράλληλα προσδίδουν γυαλάδα στην επιφάνεια του προϊόντος κάνοντας ελκυστικότερη την εμφάνισή τους. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται εκτεταμένα στην επικάλυψη εσπεριδοειδών, μήλων, τομάτας, αγγουριών και άλλων προϊόντων, όπως τα τυριά (Morillon, 2002). Ένα μειονέκτημα των λιπιδικών μεμβρανών είναι ότι η χρήση τους ως ανεξάρτητες μεμβράνες είναι περιορισμένη, διότι υπολείπονται δομικής ακεραιότητας και αντοχής. Συνεπώς, τα λιπίδια χρησιμοποιούνται συχνά μαζί με τα 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 (Hernández, 1994).

2.4.4 Σύνθετες εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις

Οι πολυσακχαρίτες και οι πρωτεΐνες είναι αξιόλογα υλικά για την παραγωγή εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων καθώς παρουσιάζουν εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες. Το μειονέκτημα τους είναι ότι δεν παρέχουν προστασία στη μετανάστευση υγρασίας. Η λύση στο πρόβλημα αυτό βρίσκεται στην ενσωμάτωση λιπιδίων λόγω των υδροφοβικών ιδιοτήτων τους, ιδίως εκείνων που έχουν υψηλό σημείο τήξης όπως είναι το κερι μέλισσας και το κερι καρναούμπα (Morillon, 2002). Μπορεί όμως τα λιπίδια να βελτιώνουν τις ιδιότητες φραγμού σε υγρασία, η διαφάνεια των μεμβρανών ή επικαλύψεων μπορεί να επηρεάζεται. Για παράδειγμα, η δημιουργία σύνθετης μεμβράνης υδροξυ-προπυλο-μεθυλο-κυτταρίνης (HPMC) σε συνδυασμό με λιπαρά οξέα δίνει χαμηλές τιμές διαπερατότητας σε υδρατμούς (WVP) και μικρότερη διαφάνεια σε σχέση με την απλή μεμβράνη HPMC (Jiménez, 2010).

2.5. Τρόποι παραγωγής των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων

Η παραγωγή των εδώδιμων μεμβρανών γίνεται χρησιμοποιώντας την υγρή (έγχυση διαλύματος) ή την ξηρή διαδικασία (εξώθηση). Η μέθοδος, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως, είναι η πρώτη κατά την οποία εξατμίζεται ο διαλύτης, με συνέπεια το σχηματισμό ενός πλέγματος των αλυσίδων του πολυμερούς. Η δεύτερη μέθοδος, η εξώθηση, καθώς και η συμπίεση, είναι κατάλληλες για την παραγωγή μεμβρανών σε μεγάλη κλίμακα, δεδομένου ότι απαιτούν πιο σύντομο χρόνο επεξεργασίας και λιγότερο χώρο από τη μέθοδο της έγχυσης. Τα βιοπολυμερή σε ξηρή κατάσταση έχουν αρκετά υψηλές θερμοκρασίες υαλώδους μετάβασης (Sothornvit, 2007) εξαιτίας των ισχυρών διαμοριακών δεσμών υδρογόνου), με αποτέλεσμα συχνά να αποσυντίθεται (διαλύεται) σε χαμηλότερες θερμοκρασίες πριν την επίτευξη του T_g . Επομένως, η προσθήκη πλαστικοποιητών είναι απαραίτητη στις περισσότερες περιπτώσεις για τη μείωση του T_g του βιοπολυμερούς κάτω από τη θερμοκρασία αποσύνθεσής του (Orliac, 2003). Οι εδώδιμες επικαλύψεις εφαρμόζονται άμεσα επάνω στα τρόφιμα με βύθιση, ψεκασμό ή βούρτσισμα. Είναι τεχνικές άμεσης εφαρμογής όπου η μεμβράνη είναι ακόμη στην υγρή της φάση και με βούρτσισμα ή ψεκασμό ή εμβάπτιση και στη συνέχεια αποστράγγιση ή φυγοκέντρωση εφαρμόζεται στο τρόφιμο, όπου λαμβάνει χώρα και η τελική της διαμόρφωση.

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

ψεκασμός πλεονεκτεί έναντι της εμβάπτισης στο ότι δίνεται η δυνατότητα σχηματισμού μεμβράνης λεπτότερου πάχους, υπάρχει η ευχέρεια εφαρμογής στη μία μόνο πλευρά του τροφίμου σε περιπτώσεις που επιθυμούμε την αποφυγή μεταφοράς υγρασίας, αρωματικών ουσιών από το ένα υλικό στο άλλο και τέλος με τον ψεκασμό μπορεί να δημιουργηθεί και δεύτερο στρώμα μεμβράνης σε ένα τρόφιμο που θα επικάλυπτε το πρώτο για καλύτερη προστασία.

2.6 Εφαρμογές και μελλοντικές χρήσεις των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων

Οι εδώδιμες μεμβράνες και οι επικαλύψεις μπορούν να βρουν εφαρμογή σε πολλά διαφορετικά προϊόντα. Για παράδειγμα, προστατεύουν τα φρούτα και λαχανικά από τις αλλοιώσεις, επιβραδύνουν την αφυδάτωσή τους, ελέγχουν την αναπνοή, βελτιώνουν την υφή τους, καθώς και βοηθούν στη διατήρηση των πτητικών αρωματικών ουσιών (Han, 2014; Lin and Zhao, 2007).

Έτσι, μεμβράνες που προσφέρουν κάποιο φραγμό στη μετανάστευση υγρασίας, ορισμένο βαθμό διαπερατότητας στο οξυγόνο και πιο ειδικά στο διοξείδιο του άνθρακα κρίνονται κατάλληλες για επικάλυψη φρέσκων φρούτων και λαχανικών (Vargas et al., 2008). 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.

Διάφορες ανεπιθύμητες καταστάσεις, όπως της επιφανειακής ξήρανσης των φρέσκων ή κατεψυγμένων τροφίμων, αποτρέπονται με τη χρήση των εδώδιμων επικαλύψεων. Επιπλέον, στην τεχνολογία τροφίμων οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις χρησιμοποιούνται για λόγους μηχανικής υποστήριξης, αποφυγής συσσωματωμάτων, αύξηση βάρους (στα προϊόντα εξώθησης), ως συσκευαστικά μέσα για τη διάλυση συστατικών ή άλλων πρόσθετων.

Στις εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις υπάρχει η δυνατότητα να προστεθούν επιπλέον ουσίες, όπως αντιμυκητιακοί, αντιοξειδωτικοί παράγοντες, χρωστικές, αρώματα, ευεργετικοί μικροοργανισμοί κτλ, με σκοπό τη διατήρηση της λειτουργικότητας, κυρίως στην επιφάνεια του τροφίμου, με τη χαμηλότερη δυνατή συγκέντρωση. Στην περίπτωση αυτή η μεμβράνη δρα ως φορέας που εγκλωβίζει την ουσία ή τον μικροοργανισμό, δημιουργώντας έτσι συνθήκες ελεγχόμενης απελευθέρωσής αυτών (Gennadios et. al., 1990) (Donhowe et. al., 1994)).

Οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις είναι συστήματα που υπόσχονται πολλά για το μέλλον της βελτίωσης της ποιότητας τροφίμων και διατήρησή τους κατά τα στάδια της επεξεργασίας και αποθήκευσης. Στην πραγματικότητα βρίσκουν εφαρμογή εκεί που οι πλαστικές συσκευασίες αντενδείκνυνται. Αποτελούν, με μια πιο καινοτόμα οπτική ένα είδος έξυπνης συσκευασίας διότι έχουν προστατευτική δράση, είναι επιλεκτικές και έχουν άπειρες χρήσεις. Οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις είναι φυσικά πολυμερή απομονωμένα από αγροτικά προϊόντα όπως πρωτεΐνες κρέατος και λαχανικών, κόμμεα, σάκχαρα πατάτας, λιπίδια που είναι εντελώς βιοαποικοδομήσιμα άρα και ασφαλή για το περιβάλλον.

Το κόστος τους μπορεί να είναι 10- έως 50- πλάσιο του κόστους των απλών μεμβρανών πολυαιθυλενίου αλλά στις πιο εξελιγμένες μορφές των τελευταίων το κόστος εξισώνεται, συνεπώς δεν αποτελεί απαραίτητα τροχοπέδη στην εξέλιξή τους. Η τιμή των συμβατικών μεμβρανών αυξάνεται καθώς η άνοδος της τιμής του πετρελαίου καταγράφει ρεκόρ καθημερινά με τα αποθέματα να λιγοστεύουν, εν αντιθέσει με τις εδώδιμες μεμβράνες όπου εφαρμόζονται για συγκεκριμένους λόγους και σε συγκεκριμένα προϊόντα. Κλείνοντας, τα εδώδιμα πολυμερή και οι πλαστικές ύλες μπορούν να δράσουν συνεργιστικά για την

προώθηση νέων εφαρμογών, με περισσότερο βιοαποικοδομήσιμα υλικά, σε ένα οικολογικότερο πλαίσιο προσεγγίσεων. Με αυτόν τον τρόπο τα πλαστικά και οι εδώδιμες συσκευασίες μπορούν να αποτελέσουν το κλειδί για την συσκευασία τροφίμων του αύριο.

2.7 Εφαρμογή εδώδιμων μεμβρανών στα κεράσια

Τα κεράσια είναι αρκετά ευαίσθητα τόσο πριν, όσο κατά αλλά και μετά τη συγκομιδή τους. Μετασυλλεκτικά χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής και λόγω της έντονης μεταβολικής τους δραστηριότητας, καθώς και γιατί μπορεί να προσβληθούν από διάφορες μικροβιολογικές κυρίως ασθένειες.

Η εφαρμογή των εδώδιμων μεμβρανών συμβάλλει στην καθυστέρηση και στην μείωση των ασθενειών αυτών, καθώς επίσης διατηρεί σε μεγάλο βαθμό και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα αναλλοίωτα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των κερασιών. Αυτό επιβεβαιώνεται από διάφορες μελέτες που έχουν διεξαχθεί κατά καιρούς.

Ο Romanazzi, 2010 σε μελέτη που διεξήγαγε για την εφαρμογή χιτοζάνης σε διάφορα ευπαθή φρούτα μεταξύ των οποίων και τα κεράσια, δεν παρατήρησε κάποια φυτοτοξική επίδραση και μάλιστα απετράπη σε μεγάλο βαθμό η ανάπτυξη της καφέ σήψης που προέρχεται από τον *Monillia spp.*, αλλά και του *Penicillium exronsum*. Σε θετικά συμπεράσματα κατέληξαν οι Pasquariello κ.α. 2015. Συγκεκριμένα διαπίστωσαν ότι η χιτοζάνη δημιουργούσε μια ισχυρή επιφάνεια στο φρούτο, όπου παρεμπόδιζε την απώλεια υγρασίας, καθώς επίσης ανέστειλε τη δραστηριότητα της πολυφαινολοξειδάσης, της υπεροξειδάσης και της λιποξυγενάσης.

Ο (Kerch et. al. 2011) μελετώντας τα ποσοστά μεταβολής της βιταμίνης C και των πολυφαινολών στα κεράσια απέδειξαν την υπεροχή των εδώδιμων μεμβρανών σε σύγκριση με το μάρτυρα. Μετά από 7 ημέρες συντήρησης στους 4 °C τα κεράσια είχαν αυξημένες τιμές ανθοκυανών, ολικών φαινολικών και βιταμίνης C.

2.8 Φραγκόσυκο (*Opuntia spp*)

2.8.1 Καταγωγή – Ονομασία

Η φραγκοσυκιά κατάγεται από το Μεξικό και είναι από τα πρώτα αμερικάνικα φυτά που ήρθαν στην Ευρώπη (Barbera, G., F. Carimi, and P. Inglese). Ο κάκτος *Opuntia* (οικογένεια κακτοιδών – Cactaceae, υποοικογένεια *Opuntioideae*, γένους *Opuntia*) παράγει περίπου 200-1500 είδη και αναπτύσσεται κυρίως σε ξηρές (λιγότερο από 250 mm ετήσια βροχόπτωση) και ημι-άνυδρες (ετήσια βροχόπτωση 250-450 mm) ζώνες.



Εικόνα 4 Κλαδώδια και καρποί φραγκοσυκιάς

Το επιστημονικό όνομα *Opuntia* δόθηκε από τον Σουηδό Κάρολο Λινναίο για την ομοιότητα του με ένα αινιγματικό φυτό, σύμφωνα με τον οποίο, ήταν ένα εδώδιμο φυτό το οποίο μπορούσε να διαδοθεί με ριζοβολία από τα φύλλα του (Davenport, L. and U. Quattrocchi, 2002). Μερικές από τις κοινές Αγγλικές ονομασίες για το φυτό αυτό και τον καρπό του είναι : «Ινδικό σύκο σπούντια», «σύκο βαρβαρίας», «κάκτος αγλάδι» και «αγκαθωτό αγλάδι». Το όνομα του είδους «ινδικό σύκο» είτε προέρχεται από την ινδική συκή, είτε ίσως να δηλώνει την ινδική (τότε δυτική Ινδία η Αμερική) προέλευσή του (Benson, L., 1982). Οι πιο κοινές ονομασίες για τα είδη *Opuntia* είναι *poral* – νοπάλ, *tuna* – τούνα, και φρογκοσυκιά.

2.8.2 Μορφολογία

Η φραγκοσυκιά είναι κάκτος, πολυετής, δενδρόμορφος, παχύφυτος, πυκνόμορφος, αιθαλής, με ξυλώδη κορμό και με βλαστό όρθιο που φτάνει 3-5 μέτρα ύψος. Περίπου 200 είδη του γένους *Opuntia* αποτελούνται κυρίως από θαμνώδη, χαμηλή αναπτυσσόμενη μάζα που σχηματίζει φυτά με κυλινδρικά ή πεπλατυσμένα τμήματα μίσχων με τις μεγάλες αγκαθωτές ακίδες μήκους 30-40 εκατοστά (Wallace, 2002). Το ριζικό σύστημα της επιφάνειας είναι πυκνότατο και έχει την ιδιορρυθμία να ανανεώνεται κάθε χρόνο. Οι ρίζες που τίθενται σε αδράνεια, δηλαδή οι νεκρές, πλουτίζουν το έδαφος με άφθονη οργανική ύλη. Γίνεται μια πρώτης τάξεως λίπανση. Για αυτό οι φραγκοσυκιές είναι πάντα ακμαίες έστω και αν φύονται σε βραχώδη εδάφη. Η φραγκοσυκιά μεγαλώνει συνήθως με επίπεδα, στρογγυλεμένα κλαδώδια (*cladodes*), που ονομάζονται επίσης *platyclades*. Οι βλαστοί όλων των κάκτων φέρουν τροποποιημένα κλαδιά, τα περιοχίδια (*areoles*), τα οποία μοιάζουν με μικρά εξογκώματα, πάνω στα οποία εκφύονται δυο ειδών αγκάθια : τα μεγάλα, που μπορεί να φτάνουν λίγα εκατοστά, μοιάζουν με καρφιά και προέρχονται από τροποποιημένα φύλλα όπως σε όλους τους κάκτους, και τα γλωχίδια, μικροσκοπικά αγκάθια που αποσπώνται εύκολα και κολλούν στο δέρμα, στα ρούχα και γενικά παντού. Τα γλωχίδια είναι τροποποιημένες τρίχες του φυτού, και μπορούν να βρεθούν και σε λίγα ακόμα συγγενικά γένη. Τα άνθη του φέρουν την ωθήκη που είναι υποφυής και μονόχωρος, και ο στύλος καταλήγει σε ένα πολλαπλό στίγμα. Δημιουργούνται πάνω σε βλαστούς συνήθως 1 – 10 εκατοστά σε διάμετρο. Βρίσκονται επάνω σε εξογκώματα που ευρίσκονται προς την κορυφή του πεπλατυσμένου βλαστού, ή στην επιφάνεια εκείνη που είναι περισσότερο εκτεθειμένη στον ήλιο. Τα πέταλα και τα σέπαλα είναι πολλαπλά και διατεταγμένα σπειροειδώς από την κορυφή του φυτού. Οι στήμονες είναι πολυάριθμοι, τα σέπαλα είναι πολύ μικρά, μόλις διακρίνονται, ενώ τα πέταλα είναι ευδιάκριτα με χρώμα κίτρινο-πορτοκαλί. Τα φύλλα της είναι μικρά, εύπτωτα, βελονοειδή, σκληρά, μυτερά όργανα. Ο καρπός του είναι το φραγκόσυκο. Είναι ζουμερός και παχύρρευστος και σε κάποιες ποικιλίες η μορφολογία του μπορεί να διαφέρει, π.χ. να είναι χωρίς αγκάθια ή σκληρές τρίχες. Περιέχει μεγάλο αριθμό σπερμάτων και ζυγίζει 150-450 γραμμάρια, το χρώμα του είναι ανάλογο της ποικιλίας του (κίτρινο, κόκκινο, λευκό). Πολλοί τύποι φραγκοσυκιών εξελίσσονται σε πυκνές, μπερδεμένες δομές (Wallace, 2002).

Τέλος, ευδοκίμει σε θερμούς και ηλιόλουστους τόπους, χωρίς ιδιαίτερη προτίμηση στο έδαφος, αρκεί αυτό να μην είναι υγρό ή να στραγγίζεται καλώς. Ήτοι σε βραχώδης, πετρώδεις, αμμώδεις, ξηρές τοποθεσίες, σε αβαθή εδάφη ή μέτριου βάθους, φτωχά σε οργανική ύλη, οξέα ή ελαφρώς αλκαλικά και όπου άλλη καλλιέργεια είναι δύσκολη έως αδύνατη.

2.8.3 Χρήση

Αποτελεί τον πιο οικονομικά σημαντικό κάκτο παγκοσμίως, καθώς έχει την ικανότητα να φύεται και να καρποφορεί σε διάφορες χώρες όπως κυρίως αυτές της Λατινικής Αμερικής, σε ορισμένες της Ασίας ακόμα και στην Ευρώπη. Στη χώρα μας έχει αρχίσει και αναπτύσσεται το ενδιαφέρον σχετικά με την μελέτη και την καλλιέργεια του φυτού, ενώ έχει ενταχθεί στις

προωθούμενες καλλιέργειες του υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης σε ορισμένες περιφερειακές ενότητες.

Η ιστορία του φραγκόσουκου είναι στενά συνυφασμένη με την ανθρωπότητα και την εμπορική χρήση του ως πηγή τροφίμων, ζωοτροφών, ως χρωστική ουσία και πρώτη ύλη για παραγωγή διαφόρων παραγώγων όπως οι εδώδιμες μεμβράνες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη. Το φραγκόσουκο έχει αρκετές χρήσεις (πηγή τροφής, στην ιατρική κτλ), κυρίως όμως καλλιεργούταν για την παραγωγή της κοχενίλης (*Dactylopius coccus*), ενός παρασιτικού κακκοειδούς εντόμου προσαρμοσμένο μόνο για αυτό το γένος φυτών, το σώμα του οποίου δίνει κόκκινη βαφή. Σχεδόν από την αρχή της ανακάλυψης του φραγκόσουκου, υπήρχε ενδιαφέρον για τη χρήση του για ξηρές και ημίξηρες περιοχές του κόσμου ως τροφή και ζωοτροφή. Το φραγκόσουκο ήταν ένα από τα βασικά είδη διατροφής μαζί με το καλαμπόκι. Εκτός από τις παραπάνω χρήσεις του φραγκόσουκου, τα αγκάθια των κάκτων, οι εξωτικές δομές και τα όμορφα λουλούδια του παραμένουν μέχρι και σήμερα ακαταμάχητα αξιοθέατα.

Μπορεί να προσδώσει μεγάλα οικονομικά οφέλη, καθώς πέραν από τους καρπούς που μπορεί να καταναλωθούν είτε νωποί ως φρούτα, ενώ από την επεξεργασία παράγονται διάφορα προϊόντα διατροφής, καλλυντικά, φαρμακευτικά σκευάσματα κ.α. Τα νεαρά κλαδώδια είναι επίσης εδώδιμα και περιέχουν πληθώρα θρεπτικών συστατικών και ιχνοστοιχείων.

2.8.4. Κλαδώδιο φραγκοσουκιάς (μορφολογία, σύσταση, χρήσεις)

Τα κλαδώδια είναι τα πεπλατυσμένα στελέχη του φυτού της φραγκοσουκιάς και αποτελούν τα φωτοσυνθετικά μέσα του φυτού, προέρχονται από την μεταμόρφωση των βλαστών και έχουν αποθησαυριστικό ρόλο, καθώς σε αυτά αποθηκεύονται σημαντικές ποσότητες νερού και άλλων συστατικών απαραίτητων για την ανάπτυξη του φυτού. Έχουν οβάλ-πεπλατυσμένο σχήμα με μέσο μήκος 30-40 cm, ενώ τα μεγαλύτερα σε ηλικία μπορεί να φτάσουν 70-80 cm, ενώ σε πλάτος κυμαίνονται 18-25 cm. Ανατομικά, σε μια εγκάρσια τομή ενός κλαδωδίου διακρίνονται: ο φλοιός, ο αγγειακός ιστός και ο κύριος ιστός του παχύφυτου.

Ο φλοιός αποτελείται από μία στρώση επιδερμικών κυττάρων και 6-7 στρώσεις υποδερμικών κυττάρων. Τα μεν πρώτα είναι επίπεδα και λεπτά, ενώ τα δεύτερα είναι μεγαλύτερα σε μέγεθος και δρουν ως η πρώτη γραμμή αντιμετώπισης ενάντια σε διάφορες προσβολές από μύκητες, βακτήρια κ.α μικροοργανισμούς που μπορεί να εισέλθουν από τυχόν τραυματισμούς του κλαδωδίου. Σε περίπτωση λοιπόν τραυματισμού, το δέρμα παραμένει άθικτο για μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι τελικά να αντικατασταθεί από το φλοιό. Η επιδερμίδα επίσης είναι υπεύθυνη για την ανταλλαγή αερίων κατά τη φωτοσύνθεση.

Σε αρκετά σημεία της, η επιδερμίδα φέρει στομάτια, όπου ευθύνονται για το φαινόμενο της διαπνοής και για την ανταλλαγή αερίων με το περιβάλλον γενικότερα. Η φραγκοσουκιά, όπως και τα υπόλοιπα κακτοειδή, έχει μικρή πυκνότητα και μεγάλο μέγεθος στομάτων, μορφολογία που αποτελεί εξελικτική προσαρμογή στις ακραίες ξηροθερμικές συνθήκες των ημιορημικών και ερημικών ενδαιτημάτων από τα οποία προέρχεται. Τα κυτταρικά τοιχώματα των συνιστάμενων κυττάρων χαρακτηρίζονται από έντονες εναποθέσεις πηκτινικών ενώσεων.

Όπως προαναφέρθηκε, οι ιδιαίτερες χημικές και διατροφικές ιδιότητες των νωπών κλαδωδίων είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας τους ως ζωντανός φυτικός ιστός ενός ευπροσάρμοστου φυτού που εξελίχθηκε σε έντονα ξηρικά περιβάλλοντα. Ανάλογα με την ηλικία η χημική σύσταση των κλαδωδίων μεταβάλλεται με τη συγκέντρωση των πρωτεϊνών και διάφορων μεταλλικών στοιχείων να μειώνεται, ενώ με τη συγκέντρωση των αδιάλυτων ινών να αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου .

Η χημική σύνθεση των νωπών κλαδωδίων συνίσταται στο μεγαλύτερο μέρος από νερό (91 g / 100 g βλαστού), υδατάνθρακες (4,5 g / 100 g), πρωτεΐνες (1,5 g / 100 g), τέφρα (1,2 g / 100 g), ίνες (1,1 g / 100 g) και λίπη (0,2 g / 100 g) (Rodriguez-Felix A., 1988). Ο βλαστός είναι επίσης πλούσιος σε μέταλλα, ιδιαίτερα ασβέστιο και κάλιο, με συγκεντρώσεις 93 mg / 100 g και 166 mg / 100 g βλαστού αντίστοιχα, ενώ παράλληλα η συγκέντρωση του νατρίου βρέθηκε αρκετά χαμηλή (2 mg / 100 g). Εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η παρουσία λειτουργικών ενώσεων ανάμεσα στα συστατικά του, δηλαδή ενώσεων που αποδεδειγμένα βοηθούν στην πρόληψη νόσων όπως οι καρδιοπάθειες, ο διαβήτης και άλλες. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται οι φυτικές ίνες, τα υδροκολλοειδή (γέλη και πηκτίνες), χρωστικές ουσίες (καροτενοειδή), μεταλλικά στοιχεία (ασβέστιο και κάλιο) και ουσίες με αντιοξειδωτική δράση (βιταμίνη C, πολυφαινόλες) (FAO., 2013).

Η γέλη της φραγκοσυκιάς συμμετέχει σε πλήθος φυσιολογικών διαδικασιών ως φυσικό μέρος του φυτικού ιστού των κλαδωδίων. Πρόκειται για έναν πολυσακχαρίτη (αραβινογαλακτάνη), που επίσης εντοπίζεται στους καρπούς σε μικρότερη ποσότητα (Saenz, 2004). Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωσή της είναι το είδος της *Opuntia*, η ηλικία του κλαδωδίου και η διαθέσιμη υγρασία του εδάφους ως σύνθεση των καλλιεργητικών εργασιών και των εδαφοκλιματικών συνθηκών. Σε μελέτη της χημικής δομής της, οι (Amin, 1970) ανακάλυψαν πως η γέλη της *Opuntia ficus-indica* είναι ένας ουδέτερος φορτισμένος πολυσακχαρίτης αποτελούμενος από 55 μονοσακχαρικές μονάδες, οι οποίοι περιλαμβάνουν την αραβινόζη, τη ραμνόζη, τη γαλακτόζη και την ξυλόζη.

Τα ρεολογικά χαρακτηριστικά των διαλυμάτων γέλης της *Opuntia* μελετήθηκαν από τους και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα διαλύματα παρουσίαζαν ψευδοπλαστική συμπεριφορά, με τη σχέση ιξώδους-ρυθμού διάτμησης να δείχνει καλύτερη προσαρμογή στο μοντέλο Ostwald de Waale. Η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγούσε σε μικρή μείωση του ιξώδους, ενώ η ιοντική ισχύς του διαλύματος είχε έντονα αρνητική επίδραση στις τιμές του, εν αντιθέσει με την αύξηση του pH, όπου οδηγούσε σε αύξηση της ψευδοπλαστικής συμπεριφοράς και του ιξώδους.

2.7.5. Χρήση κλαδωδίου για παρασκευή εδώδιμων μεμβρανών

Με βάση τις ιδιότητες της γέλης που αναλύθηκαν προηγουμένως, είναι σαφές ότι η βιομηχανία τροφίμων έχει εκδηλώσει έντονο ενδιαφέρον για τη διερεύνηση και ανάπτυξη τεχνολογικών εφαρμογών ικανών να παραγάγουν καινοτόμα λειτουργικά τρόφιμα.

Διερευνήθηκαν από τους Gheribi κ.α. 2018 οι φυσικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες των εδώδιμων μεμβρανών από τα κλαδωδία της *Opuntia*. Τα καλύτερα αποτελέσματα σχετικά με τις ιδιότητες φραγμού των υδρατμών εδώδιμων μεμβρανών ήταν ο συνδυασμός της βλέννας κλαδωδίου με σορβιτόλη με έως και τρεις φορές χαμηλότερη απώλεια υγρασίας από τις άλλες μεμβράνες. Από την άλλη οι τιμές εφελκυσμού (TS) των μεμβρανών σε συνδυασμό με το PEG 200 (polyethylene glycol) και τη σορβιτόλη ήταν περίπου δύο φορές υψηλότερες από εκείνες των μεμβρανών με μόνη τη γλυκερόλη. Σε άλλο πείραμα που εκτέλεσαν οι Espino-Díaz κ.α. 2010, εξέτασαν το πάχος, την αντοχή εφελκυσμού την ικανότητα φραγμού και το ποσοστό επιμήκυνσης των μεμβρανών από τα κλαδωδία, οι οποίες δημιουργήθηκαν σε διαφορετικές τιμές pH (3, 4, 5.6, 7, 8) και σε διαφορετικές συγκεντρώσεις CaCl_2 (0% and 30%). Αυτές που δεν έφεραν CaCl_2 είχαν μικρότερο πάχος και μεγαλύτερη ικανότητα φραγμού, αλλά μεγαλύτερη τάση εφελκυσμού. Στις μεμβράνες με το CaCl_2 το ποσοστό επιμήκυνσης διέφερε μεταξύ pH 4-8, ενώ η τάση εφελκυσμού στις μεμβράνες χωρίς το CaCl_2 το pH, όπου παρουσιάζονταν διαφορές ήταν 5.6-7. Σχετικά με τις παραμέτρους του χρώματος οι υψηλότερες ήταν αυτές των μεμβρανών χωρίς το CaCl_2 .

Οι Del-Valle κ.α 2005 διερεύνησαν αυτή την εφαρμογή ώστε να αυξήσουν το χρόνο ζωής φράουλων αποθηκευμένων στους 5 °C, αναφέροντας ότι οι καρποί διατήρησαν τα

χαρακτηριστικά υφής και γεύσης τους δίχως σημάδια αλλοίωσης ύστερα από 9 μέρες αποθήκευσης, θέτοντας μια βιώσιμη εναλλακτική για τη συντήρηση παρόμοιων ευαλλοίωτων φρούτων όπως τα βατόμουρα και τα σμέουρα. Οι Allegra κ.α. 2017 διερεύνησαν την εφαρμογή εδώδιμων μεμβρανών παρασκευασμένες από τα κλαδωδία μαζί ή χωρίς το TWEEN 20 σε φέτες ακτινιδίου. Οι φέτες αποθηκεύτηκαν σε παθητική ατμόσφαιρα 5°C εύρος ημερών από 3,5,7,12. Σχετικά με τη συνεκτικότητα και την αναλλοίωτη εμφάνιση, καθώς επίσης με την περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ και πηκτίνες οι μεμβράνες χωρίς το TWEEN 20 είχαν καλύτερα αποτελέσματα στη συντήρηση των ακτινιδίων. Σε πείραμα με σύκα στα οποία εφαρμόστηκε εδώδιμη μεμβράνη από διάλυμα κλαδωδίων της *Oruntia* και εν συνεχεία συντήρησή τους σε πλαστική σακούλα στους 4 °C για 14 ημέρες, αποδείχθηκε ότι η μεμβράνη ήταν αποτελεσματική σε όλες τις παραμέτρους ποιότητας οργανοληπτικές και φυσικοχημικές. Επίσης η ανάπτυξη του *Enterobacteriaceae* καθυστέρησε σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με τον μάρτυρα (Allegra A. I., 2016).

2.9 Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα εργασία είχε σαν γενικό αντικείμενο διερεύνησης τη μετασυλλεκτική διαχείριση των κερασιών με τη χρήση εδώδιμων μεμβρανών. Η επιλογή του είδους της κερασιάς έγινε δεδομένου ότι τα κεράσια είναι μετασυλλεκτικά πολύ ευπαθείς καρποί με μικρό χρόνο συντήρησης και ταχεία υποβάθμιση της ποιότητάς τους. Επιλέχθηκε ποικιλία Regina λόγω των καλών ποιοτικών χαρακτηριστικών της και την ευπάθεια της στην υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών της κατά τη συντήρηση. Η διερεύνηση της χρήσης εδώδιμων μεμβρανών για τη βελτίωση της συντηρησιμότητας των κερασιών έγινε λόγω της σύγχρονης τάσης για ενσωμάτωση της τεχνολογίας αυτής στην αλυσίδα των μετασυλλεκτικών χειρισμών διαφόρων καρπών ως μιας ασφαλούς και φιλικής προς το περιβάλλον τεχνολογίας, για την οποία βιβλιογραφικά δεδομένα χρήσης της στα κεράσια είναι περιορισμένα.

Στην κατεύθυνση αυτή επιλέχθηκε ως σημαντικός στόχος της εργασίας να διερευνηθεί ως πρώτη ύλη για την παρασκευή καινοτόμων εδώδιμων μεμβρανών η χρήση των κλαδωδίων φραγκοσυκιάς, ένα παραπροϊόν δένδροκομικού είδους με αυξανόμενο οικονομικό ενδιαφέρον και τάση καλλιέργειας. Συγκεκριμένα εξετάστηκε τόσο η γέλη του κλαδωδίου ως εδώδιμη μεμβράνη έτοιμη προς χρήση (RTU, ready to use), όσο και η δυνατότητα απομόνωσης των πολυσακχαριτών από τη γέλη και η παραπέρα χρήση τους για την παρασκευή εδώδιμης μεμβράνης. Η σύγκριση της αποτελεσματικότητας των προϊόντων κλαδωδίων φραγκοσυκιάς ως εδώδιμες μεμβράνες έγινε σχέση με τη χρήση χιτοζάνης που αποτελεί, με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα, ένα αποτελεσματικό υλικό για την συγκεκριμένη χρήση. Η μέχρι τώρα η κύρια αξιοποίηση των κλαδωδίων είναι ως ζωοτροφή ή απορρίπτονται ως απόβλητα, όμως με την εφαρμογή τους ως εδώδιμη μεμβράνη θα μπορούσε να βρεθεί μια νέα εφαρμογή τους, συμβάλλοντας σε μεγάλο βαθμό στην κυκλική οικονομία και στην μείωση του περιβαλλοντικού αντίκτυπου από την απόρριψή τους.

3.Υλικά και Μέθοδοι

3.1 Φυτικό Υλικό

3.1.1 Κεράσια

Οι καρποί που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη συλλέχθηκαν από κερασιά ποικιλίας Regina, σε υποκείμενο Gisela 6, καλλιεργούμενες στο Καμάρι Τεγέας, στο νομό Αρκαδίας. Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 16 Ιουλίου 2019, από τυχαία δένδρα μέσα στο αγροτεμάχιο.

Για να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση διαφορετικών σταδίων ωριμότητας στα χαρακτηριστικά των καρπών η συγκομιδή έγινε κατά το στάδιο της εμπορικής ωριμότητας. Οι καρποί ψύχθηκαν στους 4° C εντός 2 h από τη συλλογή τους και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο εντός 24h h.

Μετά την άφιξη των καρπών στο εργαστήριο έγινε διαλογή και μόνο υγιείς καρποί, χωρίς ελαττώματα και ίδιου σταδίου ωριμότητας, προσδιοριζόμενα οπτικά, χρησιμοποιήθηκαν για τα πειράματα. Όλοι οι μετασυλλεκτικές εργασίες στο εργαστήριο (διαλογή, χειρισμοί, συσκευασία) έγιναν σε θερμοκρασία 25° C.



Εικόνα 1. Καρποί κατά την άφιξή τους στο εργαστήριο (αριστερά). Καρποί κατά τη διαλογή (δεξιά).

3.1.2 Φραγκόσυκο *Opuntia* spp.

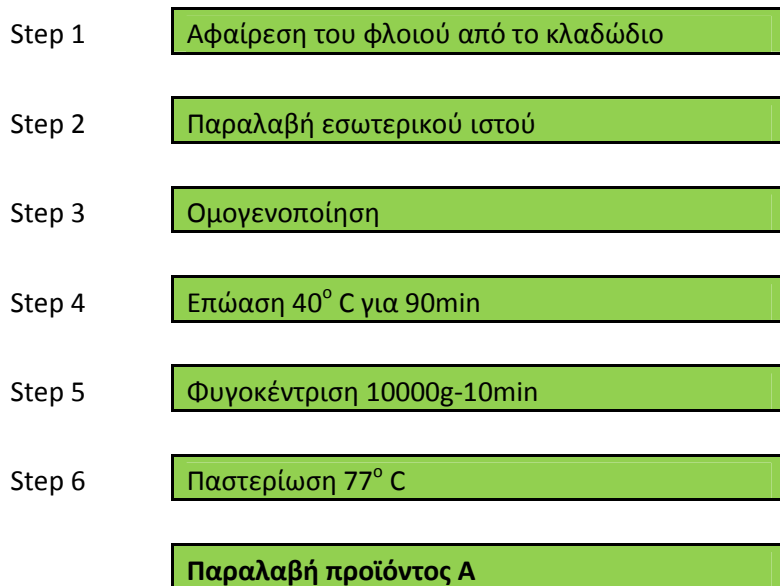
Τα κλαδώδια φραγκοσυκιάς που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των εδώδιμων μεμβρανών προήλθαν από φυτά *Opuntia* spp. καλλιεργούμενα στο Γέρακα Αττικής. Συλλέχθηκαν φύλλα ηλικίας 1-2 και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο εντός 2 h.

3.2 Διαδικασία παραγωγής πρώτων υλών από κλαδώδια φραγκοσουκιάς για την Παρασκευή εδώδιμων μεμβρανών.

Τα κλαδώδια αμέσως μετά την άφιξή τους στο εργαστήριο επεξεργάστηκαν κατάλληλα με στόχο την παραλαβή από αυτά δυο διαφορετικών προϊόντων (γέλη και πολυσακχαρίτης) τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτη ύλη για την παρασκευή εδώδιμων μεμβρανών και εφαρμογή τους στα κεράσια. Η διαδικασία παραλαβής για τη γέλη και τον πολυσακχαρίτη περιγράφεται αναλυτικά στις παρακάτω ενότητες.

3.2.1 Γέλη κλαδωδίου (Product A)

Η παραλαβή της γέλης κλαδωδίου έγινε σύμφωνα με τους Del-Valle κ.α 2005 με κάποιες τροποποιήσεις. Από κάθε κλαδώδιο φραγκόσουκου αφαιρούνταν ο φλοιός του (Step 1) και παραλαμβάνονταν το εσωτερικό μέρος (Step 2). Στη συνέχεια γινόταν ομογενοποίηση του ιστού σε εργαστηριακό μπλέντερ (Step 3) και κάθε παρτίδα 500 g ομογενοποιημένου ιστού επωαζόταν για 90 min σε υδατόλουτρο στους 40°C (Step 4). Μετά την επώαση γινόταν φυγοκέντρηση στα 10000 × g για 10 min και συλλεγόταν η υπερκείμενη γέλη (Step 5). Τέλος γινόταν παστερίωση της γέλης στους 77° C (Step 6) και το παστεριωμένο υλικό αποθηκευόταν στο ψυγείο (4-8° C) μέχρι τη χρήση του ως εδώδιμη μεμβράνη (Product A). Συνοπτικά η μεθοδολογία παραλαβής της γέλης κλαδωδίου παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Διαδικασία παραλαβής γέλης κλαδωδίου.

3.2.2 Πολυσακχαρίτης κλαδωδίου (Product B)

Για την παραλαβή/απομόνωση του πολυσακχαρίτη του κλαδωδίου ακολουθήθηκε η μεθοδολογία των Espino-Díaz κ.α. 2010 με κάποιες τροποποιήσεις. Αρχικά ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω για την παραλαβή της γέλης μέχρι το στάδιο συλλογής της γέλης (Step 1 – Step 5). Στη συνέχεια γινόταν βρασμός (100 °C) της συλλεχθείσας γέλης μέχρι τη συμπύκνωσή της στο 50-60% του αρχικού της όγκου (Step 6). Μετά τη συμπύκνωση γινόταν φυγοκέντρηση στα 3600 × g για 5 min και συλλεγόταν η υπερκείμενη φάση (Step 7). Στη συνέχεια γινόταν κατακρήμνιση (precipitation) των πολυσακχαριτών με προσθήκη αιθανόλης (95%) σε αναλογία 1:1 (εκχύλισμα: αιθανόλη) (Step 8) και επώαση στον 1 °C για 24 h (Step 9). Μετά την επώαση γινόταν συλλογή της μεγάλης μάζας πολυσακχαριτών με χρήση γυάλινου άγκιστρου (glass hook) (Step 10) και

των μικροποσοτήτων με φυγοκέντρωση στα 3600 × g για 5 min καθώς και συλλογή του ιζήματος (pellet) (Step 11). Τέλος γινόταν ξήρανση των πολυσακχαριτών στους 50 °C υπό κενό (-0,7 bar) για 12 h και το προϊόν που πρόκυπτε αποτελούσε την πρώτη ύλη για την παρασκευή εδώδιμης μεμβράνης (Product B). Συνοπτικά η μεθοδολογία παραλαβής των πολυσακχαριτών κλαδωδίου παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.

Σχήμα 2. Παραλαβή πολυσακχαρίτη

Step 1	Αφαίρεση της επιδερμίδας από το κλαδώδιο
Step 2	Παραλαβή εσωτερικού ιστού
Step 3	Ομογενοποίηση
Step 4	Επώαση 40 °C για 90min
Step 5	Φυγοκέντρωση 10000g-10min
Step 6	Βρασμός (100 °C) μέχρι μείωση 50-60% του αρχικού όγκου
Step 7	Φυγοκέντρωση 3600rpm-5min (Παραλαβή υπερκείμενου)
Step 8	Κατακρήμνιση εκχυλίσματος με αιθανόλη 1:1
Step 9	Επώαση 1 °C για 24 h
Step 10	Ανάκτηση πολυσακχαρίτη με άγκιστρο (Παραλαβή του κύριας ποσότητας)
Step 11	Φυγοκέντρωση 3600rpm-5min (Παραλαβή ιζήματος-υπόλειμμα πολυσακχαρίτη)
Step 12	Ξήρανση του ανακτημένου πολυσακχαρίτη στους 50 °C
	Παραλαβή προϊόντος B

Σχήμα 2. Διαδικασία παραλαβής/απομόνωση πολυσακχαρίτη κλαδωδίου.

3.3 Πειραματικό σχέδιο και χαρακτηριστικά των καρπών που αξιολογήθηκαν

Το πειραματικό μέρος περιλάμβανε την αξιολόγηση της επίδρασης χρήσης εδώδιμων μεμβρανών κατά τη συντήρηση κερασιών για 28 ημέρες, σε ψυκτικό θάλαμο, σε θερμοκρασία 1 °C και 90% σχετική υγρασία (RH). Μελετήθηκαν χαρακτηριστικά ποιότητάς των καρπών με βάση την αντίληψη του καταναλωτή και τα αντιοξειδωτικά. Συγκεκριμένα, *εξετάσθηκαν η απώλεια βάρους, το χρώμα, η συνεκτικότητα του καρπού, η απόσπαση ποδίσκου, το καφέτιασμα του ποδίσκου, η ανάπτυξη μούχλας, τα ολικά φαινολικά, τα ολικά φλαβονοειδή, οι*

ολικές ανθοκυάνες και η ολική αντιοξειδωτική ικανότητά εκτιμώμενη με τις μεθόδους DPPH και FRAP.

Τα πειράματα σχεδιάστηκαν ως παραγοντικά κατά το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο (Καλτσίκης, 1989). Εξετάσθηκε η επίδραση δύο παραγόντων στα χαρακτηριστικά των κερασιών κατά τη συντήρησή τους. Συγκεκριμένα εξετάσθηκαν ως παράγοντες, χρόνος συντήρησης (πέντε επίπεδα: 0, 7, 14, 21, 28 days) και η εδώδιμη μεμβράνη σε τέσσερα επίπεδα:

- i. 25% γέλη φραγκόσουκου (Gel-25),
- ii. 50% γέλη φραγκόσουκου (Gel-50),
- iii. 1% πολυσακχαρίτης φραγκόσουκου (Poly),
- iv. 1% χιτοσάνη (Chito).

Το πρώτο επίπεδο του παράγοντα χρόνος συντήρησης (0 days) αντιστοιχεί στα χαρακτηριστικά των κερασιών κατά τη συγκομιδή. Για κάθε συνδυασμό των δύο παραγόντων και των επιπέδων τους χρησιμοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις ($n = 3$).

3.4 Εφαρμογή εδώδιμης μεμβράνης-Συσκευασία-Συντήρηση καρπών

3.4.1 Διαδικασία παρασκευής εδώδιμων μεμβρανών

Ως εδώδιμες μεμβράνες εφαρμόστηκαν 4 διαφορετικού τύπου επεμβάσεις. Πιο συγκεκριμένα:

1. **Gel-25:** Εμβάπτιση σε υδατικό διάλυμα 25% γέλης (v/v), το οποίο αποτελούταν από 25% v/v γέλη + 5% γλυκερόλη (v/v), με τελικό όγκο 500ml.
2. **Gel-50:** Εμβάπτιση σε υδατικό διάλυμα 50% γέλης (v/v), το οποίο αποτελούταν από 50% v/v γέλη + 5% γλυκερόλη (v/v), με τελικό όγκο 500ml.
3. **Poly:** Εμβάπτιση σε υδατικό διάλυμα 1% πολυσακχαρίτη (w/v), το οποίο αποτελούταν από 1% πολυσακχαρίτη (w/v)+ 5% γλυκερόλη (v/v) με τελικό όγκο 500ml (2x250ml).
4. **Chito:** Εμβάπτιση σε οξινομένο υδατικό διάλυμα [0,5% οξικό οξύ(v/v)] 1% χιτοζάνης (w/v), το οποίο αποτελούταν από 1% χιτοζάνη (w/v) + 5% γλυκερόλη (v/v) με τελικό όγκο 500ml.

Για την παρασκευή των εδώδιμων μεμβρανών που χρησιμοποιήθηκαν για τις δυο επεμβάσεις γέλης (Gel-25, Gel-50), γινόταν αραίωση με νερό της καθαρής γέλης κλαδωδίου (Product A), στη επιθυμητή συγκέντρωση, και προσθήκη 5% γλυκερόλης (v/v) ως πλαστικοποιητή και τα τελικά διαλύματα εργασίας είχαν τελικό όγκο 500ml. Για την παρασκευή της εδώδιμης μεμβράνης που χρησιμοποιήθηκε για την επέμβαση πολυσακχαρίτη (Poly), ζυγιζόταν η απαιτούμενη ποσότητα καθαρού πολυσακχαρίτη (Product B) και στη συνέχεια γινόταν διάλυσή του σε νερό στην επιθυμητή συγκέντρωση και προσθήκη 5% γλυκερόλης (v/v). Για την επέμβαση αυτή παρασκευάστηκαν δυο διαλύματα εργασίας των 250 ml. Για την παρασκευή της εδώδιμης μεμβράνης που χρησιμοποιήθηκε για την επέμβαση χιτοζάνης (Chito), ζυγιζόταν η απαιτούμενη ποσότητα χιτοζάνης (Chitosan from shrimp shells, Aldrich Chemistry) και στη συνέχεια γινόταν διάλυσή της σε οξινομένο νερό [0,5% οξικό οξύ (v/v)] υπό συνεχή ανάδευση στους 40° C για 24 h.



Εικόνα 2. Τελικά διαλύματα εργασίας για τις επεμβάσεις εδωδιμων μεμβρανών.

3.4.2 Διαδικασία εφαρμογής εδωδιμων μεμβρανών

Μετά την παρασκευή των διαλυμάτων των εδωδιμων μεμβρανών ακολούθησε η εφαρμογή τους στους καρπούς με εμβάπτιση. Τα διαλύματα τοποθετούνταν σε περιέκτη 1 L και κατόπιν γινόταν εμβάπτιση σε αυτά περίπου 300 g καρπών, όπου παρέμεναν μέσα στο διάλυμα για 1min. Οι καρποί κρατούνταν εξ ολοκλήρου εντός του διαλύματος, στη συνέχεια γινόταν μετάγγιση του διαλύματος σε νέο περιέκτη και οι καρποί αφού στράγγιζε η περίσσια του διαλύματος τοποθετούνταν σε ροή αέρα, για 1 h σε θερμοκρασία δωματίου, προκειμένου να στεγνώσουν.



Εικόνα 3. Στάδιο εμβάπτισης (αριστερά) και στάδιο στράγγισης περίσσιας διαλύματος εδωδιμής μεμβράνης (δεξιά).



Εικόνα 4. Στάδιο τελικού στεγνώματος εδώδιμης μεμβράνης πριν τη συσκευασία των καρπών.

Μετά το στέγνωμα της εδώδιμης μεμβράνης οι καρποί συσκευάστηκαν σε μακρο-διάτρητες σακούλες PP των 15 καρπών ανά συσκευασία. Έπειτα, ομαδοποιήθηκαν σε σακουλάκια των 15 καρπών και για κάθε επέμβαση είχαμε 12 σακουλάκια. Ο αριθμός αυτός προκύπτει από το γεγονός, ότι για τη μέτρηση κάθε βδομάδα, χρησιμοποιούσαμε 3 σακουλάκια από κάθε επέμβαση.

3.5 Συσκευασία-συντήρηση κερασιών και δειγματοληψίες.

Μετά το στέγνωμα της εδώδιμης μεμβράνης τα κεράσια, ανά 15 καρπούς, τοποθετήθηκαν σε διάτρητο πλαστικό συσκευασίας πολύ-προπυλενίου PP, όπου και σφραγίστηκαν. Στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν σε ψυκτικό θάλαμο θερμοκρασίας 1°C και σχετική υγρασία 90%, για 28 μέρες. Συνολικά για συντήρηση τοποθετήθηκαν 12 συσκευασίες ανά επέμβαση και σε κάθε δειγματοληψία (7, 14, 21 και 28 d) λαμβάνονταν 3 συσκευασίες (επαναλήψεις) ανά επέμβαση στις οποίες διενεργούνταν οι μετρήσεις.



Εικόνα 5. Τελική συσκευασία κερασιών πριν τη συντήρησή τους σε ψυκτικό θάλαμο.

3.6 Μετρήσεις ποιοτικών- καρπολογικών χαρακτηριστικών

3.6.1 Απώλεια βάρους

Όλα τα δείγματα (συσκευασίες) ζυγίστηκαν (μικτό και καθαρό βάρος) αμέσως πριν τη τοποθέτησή τους στον ψυκτικό θάλαμο. Σε κάθε δειγματοληψία 3 συσκευασίες ανά επέμβαση ζυγίζονταν (μικτό βάρος) αμέσως μετά την έξοδό τους. Υπολογίστηκε η διαφορά, βάρους εισαγωγής-βάρους εξαγωγής, αποτελεί την απώλεια βάρους του κάθε δείγματος για τον αντίστοιχο χρόνο συντήρησης και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως % απώλεια βάρους (w/w) .

3.6.2 Υφή καρπού

Για τον υπολογισμό της συνεκτικότητας ολόκληρου του καρπού, χρησιμοποιήθηκε αναλυτής TA.HDplus Texture Analyser της εταιρείας Stable Micro Systems., στον οποίο είχε προσαρμοστεί κυλινδρική βελόνα πάχους 2mm, για τη διάτρηση του. Οι παράμετροι της μέτρησης, αφορούσαν την ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος: i) pre-test 5mm/sec, ii) speed-test 1mm/sec, και iii) post-test 10mm/sec.

Ο καρπός τοποθετούταν σταθερά στον αναλυτή, σε σημείο που η βελόνα να έρθει σε επαφή με τον καρπό κάθετα ως προς την ισημέρια. Η έκφραση των αποτελεσμάτων της υφής έγινε σε g της μέγιστης δύναμης που κατέγραψε το όργανο εντός των 5 mm κίνησης της βελόνας εντός του κερασιού.

3.6.3 Χαρακτηριστικά ποδίσκου

Παρατηρήσεις έγιναν και στον ποδίσκο, σχετικά με τη δύναμη απόσπασής του, καθώς και για το καφέτισμα που εμφανίστηκε.

- Δύναμη απόσπασης: Για τη δύναμη απόσπασης ποδίσκου, χρησιμοποιήθηκε ίδιος αναλυτής όπως στην περίπτωση της συνεκτικότητας, στον οποίο είχε προσαρμοστεί ειδικό άγκιστρο, όπου τοποθετούταν το κεράσι για να αποσπαστεί ο ποδίσκος. Οι παράμετροι της μέτρησης, αφορούσαν την ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος: i)pre-test, ii)speed-test και iii)post-test, με ταχύτητα 10mm/sec, καθώς και τη διανυθείσα απόσταση του άγκιστρου που ήταν 30mm. Ο καρπός τοποθετούταν στο άγκιστρο, στο σημείο επαφής ποδίσκου και καρπού. Ο αναλυτής ωθούσε τον καρπό προς τα πάνω, ενώ ο ποδίσκος κρατιόταν σταθερά έως ότου αποκολληθεί. Από τη διαδικασία

αυτή σημειωνόταν η μέγιστη δύναμη (g) που απαιτούνταν για να αποκολληθεί ο ποδίσκος από τον καρπό κατά την κίνηση του αγκίστρου.

- Καφέτιασμα: Γινόταν οπτική αξιολόγηση του καφετιάσματος του ποδίσκου. Συγκεκριμένα αξιολογούνταν: i) η έκταση του καφετιάσματος, σε κλίμακα 0-3, που προσδιόριζε το ποσοστό του ποδίσκου που είχε μεταχρωματιστεί, ii) η ένταση του, σε κλίμακα 0-3, που προσδιόριζε το πόσο έντονος ήταν ο μεταχρωματισμός.

3.6.4 Αξιολόγηση ανάπτυξης μούχλας

Η αξιολόγηση της ανάπτυξης μούχλας/αλλοιώσεων στους καρπούς γινόταν μακροσκοπικά. Η εκτίμηση γινόταν ανά καρπό και η μούχλα αξιολογούνταν σε κλίμακα 0-5, όπου το 0 δεν αντιστοιχεί σε κάποια προσβολή, ενώ το 5 αντιστοιχεί σε προσβολή 100% της επιφάνειας του καρπού.

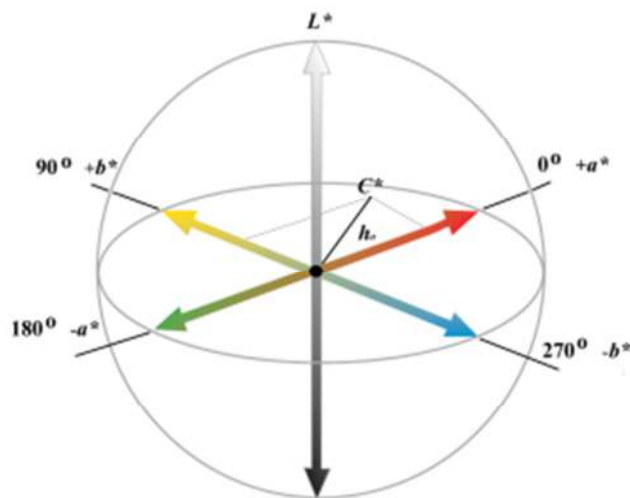
3.6.5 Υγρασία καρπού

Για τον υπολογισμό της υγρασίας, για κάθε δείγμα 6 καρποί τεμαχίστηκαν σε εργαστηριακό ομογενοποιητή (Model 38BL40, Waring commercial, New Hartford, USA) για 15 s. Ζυγίστηκαν 3 g και αποξηράνθηκαν σε φούρνο στους 100 °C για 2 d. Έπειτα με ζύγιση του δείγματος υπολογίστηκε η περιεκτικότητα του καρπού σε νερό η οποία εκφράστηκε ως εκατοστιαία περιεκτικότητα (% w/w).

3.6.6 Χρώμα καρπού

Για τη μέτρηση του χρώματος του καρπού των κερασιών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της χρωματομετρίας και συγκεκριμένα το διαφορικό χρωματόμετρο Minolta CR-300 (Minolta, Germany) όπου μετράει τις CIE (Commission internationale de l'éclairage) συντεταγμένες L^* , a^* και b^* . Η έκφραση του χρώματος έγινε σύμφωνα με τον McGuire (1992) και χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της συντεταγμένης L^* , όπως προέκυψαν από το χρωματόμετρο και οι παράμετροι Hue angle (h°) και Chroma (C^*), οι οποίες υπολογίστηκαν από τις τιμές των συντεταγμένων a^* και b^* ως: $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (εξ. 2) και $h^\circ = \tan^{-1}(b^* a^{*-1})$ (εξ. 3).

Το L^* αποδίδει τη φωτεινότητα, ενώ οι παράμετροι h° και C^* εκφράζουν το χρώμα που κυριαρχεί και την έντασή του, αντίστοιχα. Στο παρακάτω χρωματογραφικό διάγραμμα απεικονίζονται οι μεταβολές του χρώματος σε σχέση με τις παραμέτρους L^* , a^* , b^* , h° και C^* (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Χρωματογραφικό διάγραμμα των παραμέτρων του L^* , a^* , b^* , h° και C^* .

Για τη μέτρηση του χρώματος του καρπού λήφθηκαν μετρήσεις στο μάγουλο κάθε καρπού. Τα συγκεκριμένα σημεία λήψης της μέτρησης επιλέχθηκαν, καθώς αποτελούν τα τμήματα όπου η επιφάνεια τους είναι ομαλή και γίνεται καλή εφαρμογή του φωτοκύτταρου του οργάνου.

3.7 Εκτίμηση αντιοξειδωτικών ουσιών καρπών

3.7.1 Εκχύλιση αντιοξειδωτικών ουσιών

Η εκχύλιση των αντιοξειδωτικών ουσιών από τους καρπούς πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τους (Mac Guire R.G., 1992) με ορισμένες τροποποιήσεις. Συγκεκριμένα, ανά δείγμα 6 καρποί τεμαχίστηκαν σε εργαστηριακό μπλέντερ (Model 38BL40, Waring commercial, New Hartford, USA) για 15s, από το οποίο πάρθηκε 2g ιστού και κατόπιν ομογενοποιήθηκαν με οξινισμένο διάλυμα (20 ml g⁻¹ ιστού) 80% μεθανόλης(v/v) 0,1% 10N HCl σε συσκευή Ultra-Turrax (T 25, Kika Labortechnik, Germany) για 1 min στις 9500 rpm. Στη συνέχεια το ομογενοποιημένο δείγμα μεταφέρθηκε σε λουτρό υπερήχων και παρέμεινε για 60 min σε θερμοκρασία 37 °C, όπου γινόταν ανάδευση ανά 5min. Έπειτα, τα δείγματα τοποθετούνταν στη φυγόκεντρο στις 4000 rpm για 6min και γινόταν λήψη της υπερκείμενης φάσης. Η υπερκείμενη φάση αποθηκευόταν στην κατάψυξη και αποτελούσε το δείγμα για την μέτρηση των αντιοξειδωτικών.

3.7.2 Προσδιορισμός ολικών φαινολικών (TP)

Τα ολικά φαινολικά (TP) προσδιορίστηκαν με κάποιες τροποποιήσεις της μεθόδου Folin-Ciocalteu (Singleton, 1999.), σύμφωνα με τους (Tsantili, 2010). Σε δοκιμαστικό σωλήνα με 2,6 ml DDW προστέθηκαν 0,2 ml αντιδραστήριου Folin-Ciocalteu και 0,2 ml εκχυλίσματος, αραιωμένο στην κατάλληλη συγκέντρωση. Το μείγμα παρέμεινε για 6 min σε θερμοκρασία δωματίου και κατόπιν προστέθηκαν 2 ml ανθρακικού νατρίου (Na₂CO₃) 7% (w/v). Το μείγμα επώαστηκε για 90 min σε θερμοκρασία δωματίου στο σκοτάδι και μετρήθηκε η απορρόφηση του σε μήκος κύματος 750 nm. Τα μετρούμενα ολικά φαινολικά προσδιορίστηκαν με βάση πρότυπη καμπύλη γαλλικού οξέως (GA) και εκφράστηκαν ως ισοδύναμα mg GA ανά g ξηρού βάρους (DW) καρπού (mg GAE g⁻¹ DW). Τα TP μετρήθηκαν εις διπλούν για κάθε επανάληψη.

3.8 Προσδιορισμός ολικών φλαβονοειδών

Για τον υπολογισμό των ολικών φλαβονοειδών (TF) χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Gunes et al. (2002) . Δείγμα όγκου 0,5 mL αναμείχθηκε με 2 ml DDW και 0,15 mL νιτρώδους νατρίου 5% (NaNO₂). Αφού έγινε ανάδευση με vortex, μετά από 5 λεπτά προστέθηκαν 0.15 mL διαλύματος χλωριούχου αργίλου 10% (AlCl₃ *6H₂O) και μετά την πάροδο 6 λεπτών, προστέθηκε 1 mL καυστικού νατρίου (NaOH 1N) και 1,2 mL DDW και καταγράφηκε η απορρόφηση στα 510 nm. Τα μετρούμενα ολικά φαινολικά προσδιορίστηκαν με βάση πρότυπη καμπύλη κατεχίνης (CA) και εκφράστηκαν ως ισοδύναμα mg CA ανά g ξηρού βάρους (DW) καρπού (mg GAE g⁻¹ DW). Τα TF μετρήθηκαν εις διπλούν για κάθε επανάληψη.

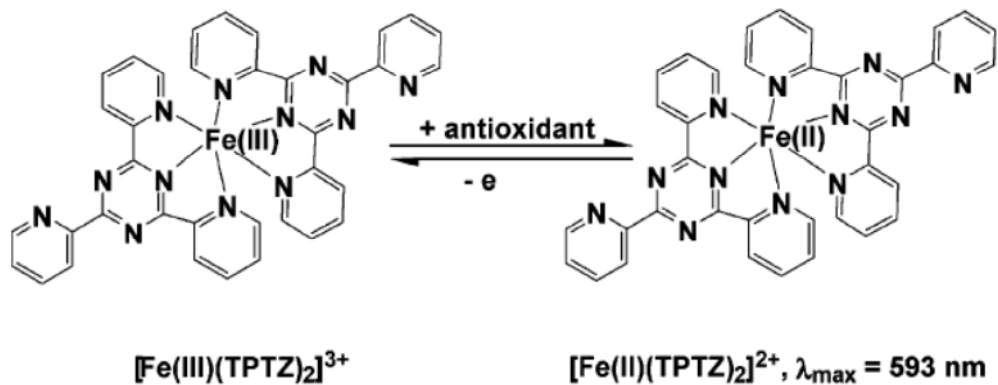
3.9 Προσδιορισμός Ανθοκυανών

Η ανάλυση των ολικών ανθοκυανών (TAN) πραγματοποιήθηκε με βάση τη μέθοδο του Wrolstad (2001), με ορισμένες μετατροπές. Πιο συγκεκριμένα, στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκε 4mL ρυθμιστικού διαλύματος χλωριούχου καλίου με pH 1,0. και 1mL εκχυλίσματος και 4mL ρυθμιστικού διαλύματος οξικού νατρίου με pH 4,5 με 1mL εκχυλίσματος. Μετά από ανάδευση σε vortex και τα δείγματα επωάζονταν για 30 min, και κατόπιν γινόταν μέτρηση της απορρόφησης στα 510 nm και 700nm. Ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων έγινε με βάση το μοριακό συντελεστή απόσβεσης της cyanidin-3-glucoside και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg/g DW καρπού. Οι TAN προσδιορίστηκαν εις διπλούν για κάθε επανάληψη.

3.10 Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (TAC)

Η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα (TAC) εκτιμήθηκε με δύο μεθόδους, τη FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) και την DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity). Η επιλογή δύο διαφορετικών μεθόδων προτείνεται για την καλύτερη αξιολόγηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας, καθώς μόνο μία μέθοδος δεν αρκεί να δώσει μια ολοκληρωμένη εικόνα αυτής (Cao, 1998.).

Η μέθοδος FRAP εφαρμόστηκε σύμφωνα με τους (Benzie and Strain, 1996) και στηρίζεται στη μείωση του θετικού φορτίου του τρισθενούς σιδήρου στο σύμπλοκο Fe^{3+} -TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) κατά την παρουσία κάποιου αντιοξειδωτικού σε όξινο μέσο και στο σχηματισμό του συμπλόκου Fe^{2+} -TPTZ, το οποίο έχει κυανό χρώμα (Εικόνα 6).

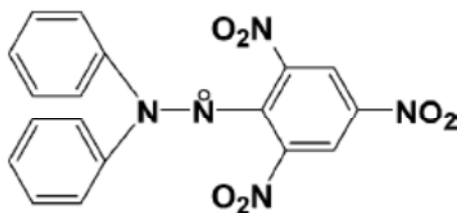


Εικόνα 6 Αναγωγή του συμπλόκου Fe^{3+} -TPTZ σε Fe^{2+} -TPTZ παρουσία αντιοξειδωτικού (κατά Huang., 2005).

Για την εκτέλεση της μεθόδου παρασκευάστηκε το αντιδραστήριο FRAP από τρία διαλύματα, δηλαδή το ρυθμιστικό διάλυμα οξικού οξέος ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) 300 mM με pH 3,6, το διάλυμα TPTZ 10 mM διαλυμένο σε 40 mM υδροχλωρικού οξέως (HCl) και το διάλυμα 20 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Το αντιδραστήριο προκύπτει μετά την ανάμειξη των παραπάνω διαλυμάτων σε αναλογία 10:1:1, με τη σειρά που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στη συνέχεια σε σφραγιζόμενο δοκιμαστικό σωλήνα που περιείχε 3 ml αντιδραστηρίου FRAP (προθερμασμένο στους 37°C), προστέθηκαν 0,05 ml εκχυλίσματος και το μείγμα επωάστηκε στους 37°C για 30 min σκοτάδι. Κατόπιν μετρήθηκε η απορρόφηση σε μήκος κύματος 593 nm.

Η μέθοδος DPPH εφαρμόστηκε σύμφωνα με τους (Brand-Williams, 1995) και βασίζεται στη μείωση της απορρόφησης της ρίζας DPPH \cdot (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) όταν έρθει σε

επαφή με αντιοξειδωτικές ουσίες. Η ρίζα DPPH[·] (Εικόνα 7), σημειώνει το μέγιστο της απορρόφησης της σε μήκος κύματος 515 nm.



Εικόνα 7 Η ρίζα DPPH (2,2- διφαινύλ-1-πυκριδραζύλ) (κατά Huang κ.α., 2005)

Για την εκτέλεση της μεθόδου σε σφραγιζόμενο δοκιμαστικό σωλήνα που περιείχε 3,9 ml μεθανολικού διαλύματος DPPH συγκέντρωσης 60 mM προστέθηκε 0,1 ml εκχυλίσματος. Έπειτα από 30 min επώαση σε θερμοκρασία δωματίου στο σκοτάδι, μετρήθηκε η μείωση της απορρόφησης στα 515 nm.

Στην εκτίμηση της TAC, και για τις δύο μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν, η διάρκεια της επώασης (30 min) που επιλέχθηκε αντιστοιχούσε στο χρόνο που απαιτήθηκε ώστε να σταθεροποιηθεί η αντίδραση. Η TAC προσδιορίστηκε με βάση πρότυπη καμπύλη trolox acid (TA, 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) και εκφράστηκε ως ισοδύναμα μολ TA ανά g ξηρού βάρους (DW) καρπού (μολ TAE g⁻¹ DW σπέρματος). Η TAC προσδιορίστηκε εις διπλούν για κάθε επανάληψη.

Όλες οι μετρήσεις φασματοφωτομετρικές προσδιορίστηκαν με το μηχάνημα CARY 50 Conc UV-Visible Spectrophotometer της εταιρείας Varian.

3.11 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων

Η επίδραση των δύο παραγόντων επί των χαρακτηριστικών που εξετάστηκαν εκτιμήθηκε με δι-παραγοντική (ημέρα συντήρησης × επέμβαση) ανάλυση της διασποράς (ANOVA). Οι συγκρίσεις των μέσων έγιναν με βάση τη μέθοδο Student.

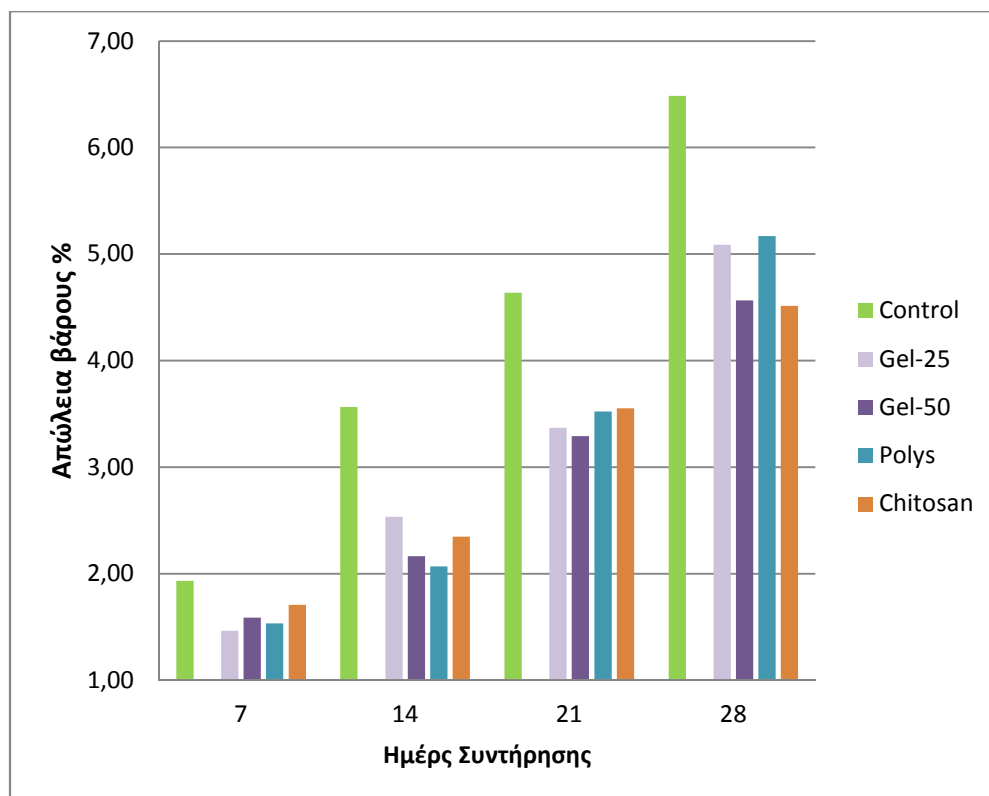
Τα ολικά φλαβονοειδή, οι ολικές ανθοκυανίνες και η απώλεια βάρους αναλύθηκαν στατιστικά μετά τη μετατροπή τους σε LOG για να είναι τα δεδομένα σε κανονική κατανομή. Τα αποτελέσματα τους παρουσιάζονται μετά από μετατροπή πάλι σε κανονικούς αριθμούς.

Όλες οι στατιστικές αναλύσεις έγιναν με το λογισμικό JMP 7.0.1 (SAS Institute, Cary, NC, USA).

4.Αποτελέσματα

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται διαγραμματικά και με σειρά κατά την οποία μελετήθηκαν, τα αποτελέσματα όλων των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν για όλες τις δειγματοληψίες των κερασιών.

4.1 Απώλεια Βάρους



Εικόνα 8 Απώλεια βάρους % για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7, 14, 21, 28). $HSD_{(n=3)}=3.478$ σε $\alpha=0,05$

Στην Εικόνα 8 παρουσιάζεται η ποσοστιαία απώλεια βάρους (WL). Παρατηρείται πως υπάρχει ανοδική τάση κατά το πέρασ των ημερών συντήρησης με την μεγαλύτερη να παρουσιάζεται στον μάρτυρα (Control) όπου προσεγγίζει το 6.5%. Οι επεμβάσεις με τις εδωδιμες μεμβράνες παρουσιάζουν την ίδια τάση περιορισμού της WL σε όλες τις ημέρες συντήρησης. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση φάνηκε ότι σημαντική επίδραση στην απώλεια βάρους έχουν οι ημέρες συντήρησης, αλλά και οι εφαρμογές (***, $P<0.001$), ενώ η αλληλεπίδρασή τους ήταν και αυτή σημαντική (**, $P<0.001$). Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα που παρατίθεται παρακάτω. Η μέση επίδραση των επεμβάσεων για όλες τις ημέρες έδειξε στατιστικά σημαντική μείωση της WL σε σχέση με το μάρτυρα από 11% στην Chito έως 24% στο Gel-25 χωρίς στατιστική διαφορά όμως μεταξύ των εδωδιμων μεμβρανών.

Πίνακας 1 Επίδραση της ημέρας συντήρησης (P day) με τη μέθοδο (P treatment) και της αλληλεπίδρασής τους στην απώλεια βάρους των κερασιών

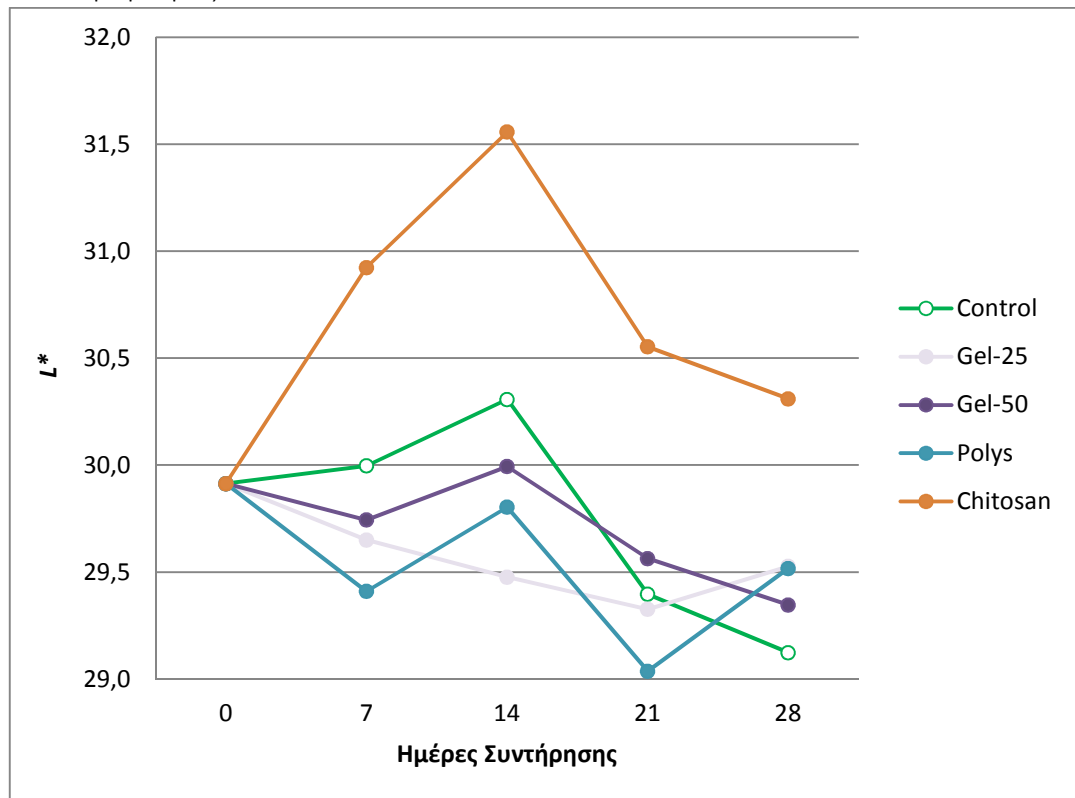
Απώλεια Βάρους

P day	***
P Treatment	***
P day * P Treatment	**

NS μη σημαντικό, * σημαντικό $P < 0,05$, ** σημαντικό $P < 0,01$, *** σημαντικό $P < 0,001$.

4.2 Ανάλυση Χρώματος

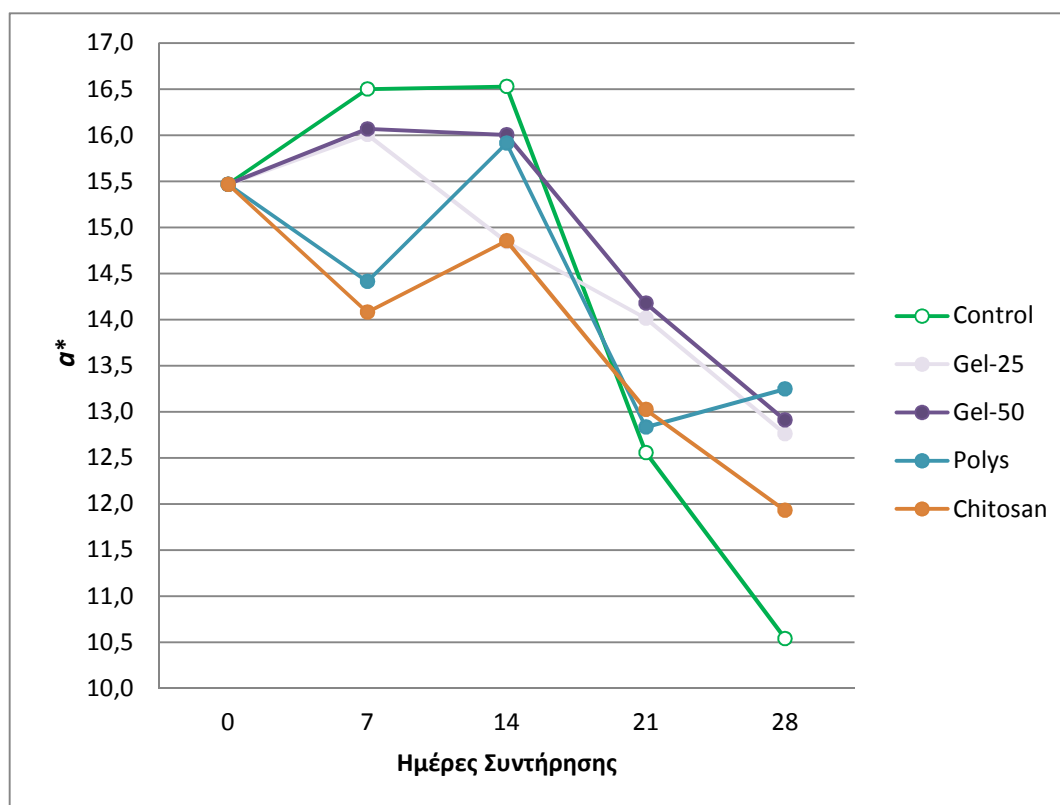
4.2.1 Παράμετρος L^*



Εικόνα 9 Παράμετρος L^* χρώματος για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7, 14, 21, 28). $HSD_{(n=3)} = 1.246$ σε $\alpha = 0,05$

Στο διάγραμμα της Εικόνας 9 απεικονίζονται οι μεταβολές της παραμέτρου L^* του χρώματος. Σε όλες τις επεμβάσεις των εδώδιμων μεμβρανών παρατηρήθηκε μια πτωτική τάση μετά τη 14^η ημέρα κυρίως. Οι υψηλότερες τιμές με αρκετή διαφορά σε σχέση με τις άλλες καταγράφονται από τη Chito, όπου και προσεγγίζει την τιμή 31.5 τη 14^η ημέρα, σε σύγκριση με τις τιμές των υπόλοιπων μεμβρανών που προέρχονται από τα κλαδώδια και μέσο όρο τιμών να καταγράφουν ~30 για την αντίστοιχη ημέρα. Σταθερή πτωτική τάση παρουσιάζει η εφαρμογή Gel-25 για τις 21 πρώτες ημέρες. Κατά την τελευταία ημέρα συντήρησης η εφαρμογή της χιτοζάνης εξακολουθεί και έχει την υψηλότερη τιμή L^* 30.3, ενώ ο μάρτυρας είναι αυτός με τη χαμηλότερη ~30. Ο μάρτυρας μέχρι τη 14^η ημέρα συντήρησης φαίνεται να έχει υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τις εφαρμογές των εδώδιμων μεμβρανών.

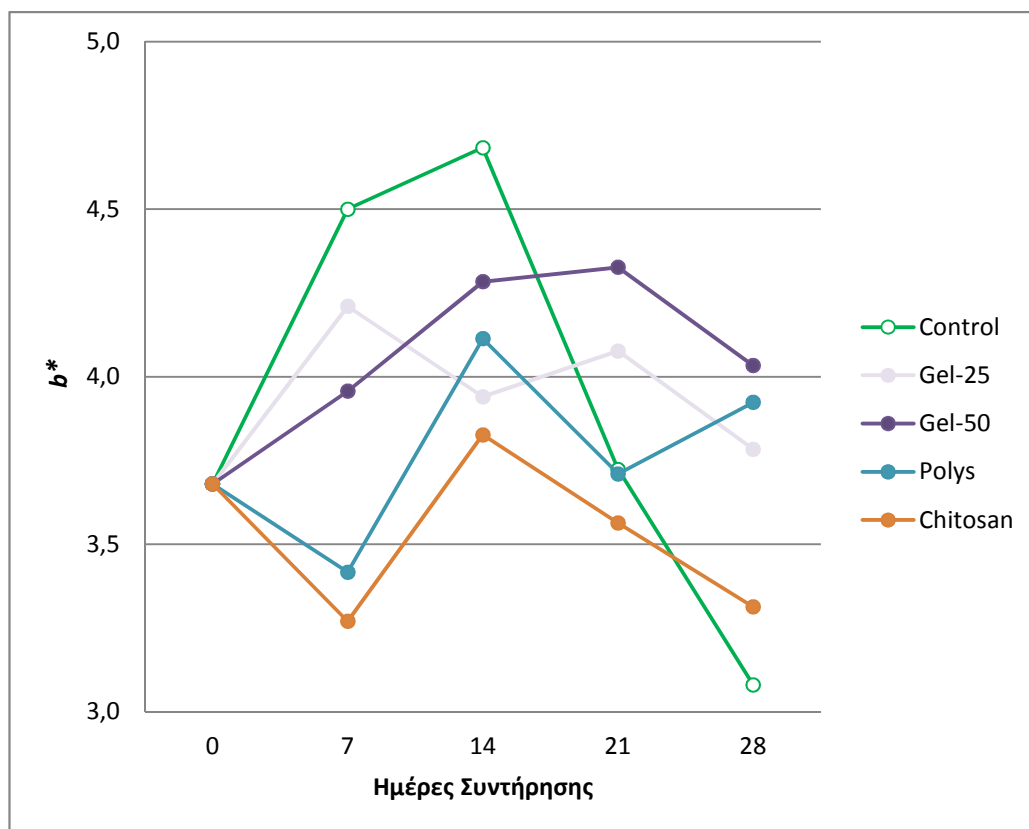
4.2.2 Παράμετρος a^*



Εικόνα 10 Παράμετρος a^* χρώματος, για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7, 14, 21, 28). $HSD_{(n=3)} = 3.925$ σε $\alpha=0,05$

Σχετικά με την παράμετρο a^* αυτή διαπιστώνεται από το διάγραμμα της εικόνας 10 ότι τις ακραίες τιμές τις φέρει ο μάρτυρας (control), όπου για τις 7-14 ημέρες συντήρησης καταγράφει την υψηλότερη τιμή (~ 16.5), αλλά και τη χαμηλότερη κατά την 28^η ημέρα ($a^*=10.5$). Οι εφαρμογές με Poly και Chito φαίνεται να έχουν γενικά παρόμοια συμπεριφορά, όπου για τις πρώτες 7 ημέρες παρατηρείται μείωση και στη συνέχεια (7-14 ημέρες) αύξηση των τιμών, ενώ στη συνέχεια έχουν καθοδική τάση μέχρι το τέλος της συντήρησης. Οι εφαρμογές με τη γέλη κλαδωδίου (gel-25, Gel-50) εμφανίζουν την ίδια τάση για τις 7 πρώτες ημέρες συντήρησης καταγράφοντας τιμή της παραμέτρου ίση με 16, ενώ μειωτική τάση εμφανίζουν και αυτές μέχρι το τέλος της συντήρησης, με τη Gel-25 να έχει τιμή $a^*=12.8$. Η εφαρμογή του πολυσακχαρίτη έχει την μεγαλύτερη τιμή κατά το τέλος της συντήρησης η οποία είναι $a^*=13.2$.

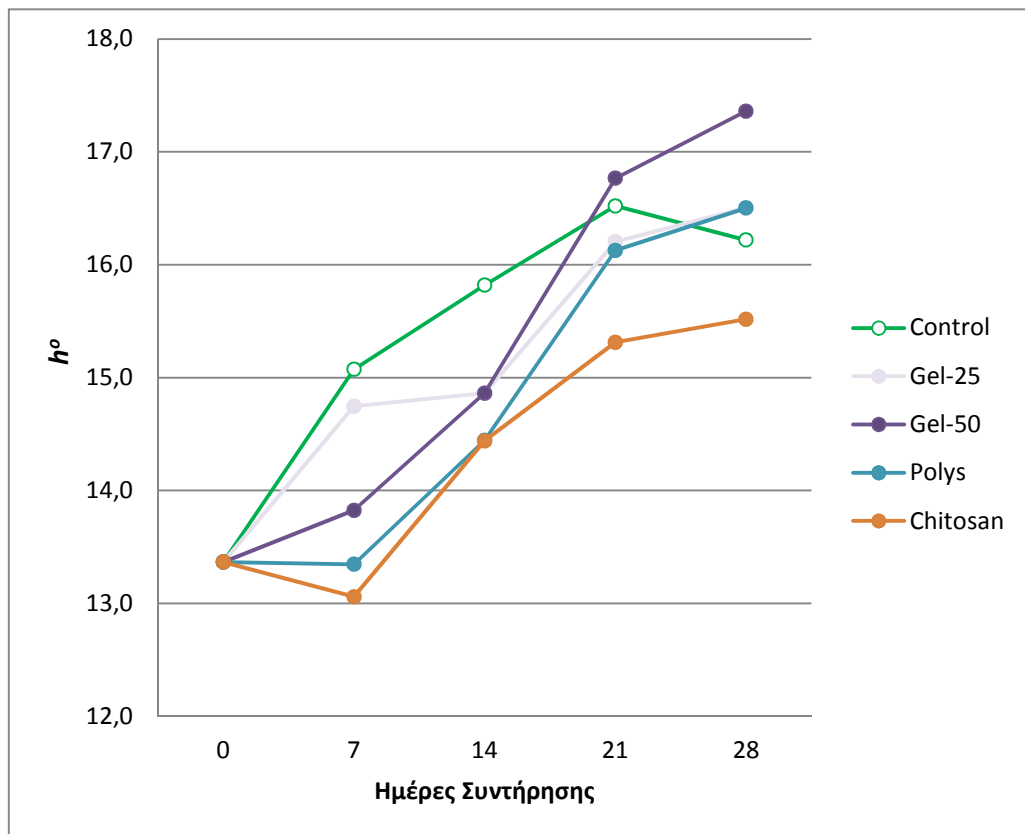
4.2.3 Παράμετρος b^*



Εικόνα 11 Παράμετρος b^* χρώματος για όλες τις επεμβάσεις, για τις διάφορες ημέρες συντήρησης.
 $HSD_{(n=3)} = 1.601$ σε $\alpha=0,05$

Οι τιμές της παραμέτρου b^* το χρώμα εμφανίζονται αναλυτικά στο διάγραμμα της Εικόνας 11. Όπως και στην περίπτωση της παραμέτρου a^* , έτσι και εδώ οι τιμές του μάρτυρα υπερिशύουν έναντι των υπολοίπων για τις πρώτες 14 ημέρες συντήρησης, με απότομη μείωση και καταγραφή της χαμηλότερης κατά την 28^η ημέρα ($b^* \sim 3$). Παρόμοια τάση εμφανίζουν οι τιμές των εφαρμογών της Chito και του Poly. Ανοδική τάση μέχρι και την 21^η ημέρα εμφανίζουν οι τιμές των κερασιών της εφαρμογής με τη Gel-50 και εμφανίζουν την υψηλότερη τιμή $b^* = 4$ κατά την τελευταία ημέρα συντήρησης.

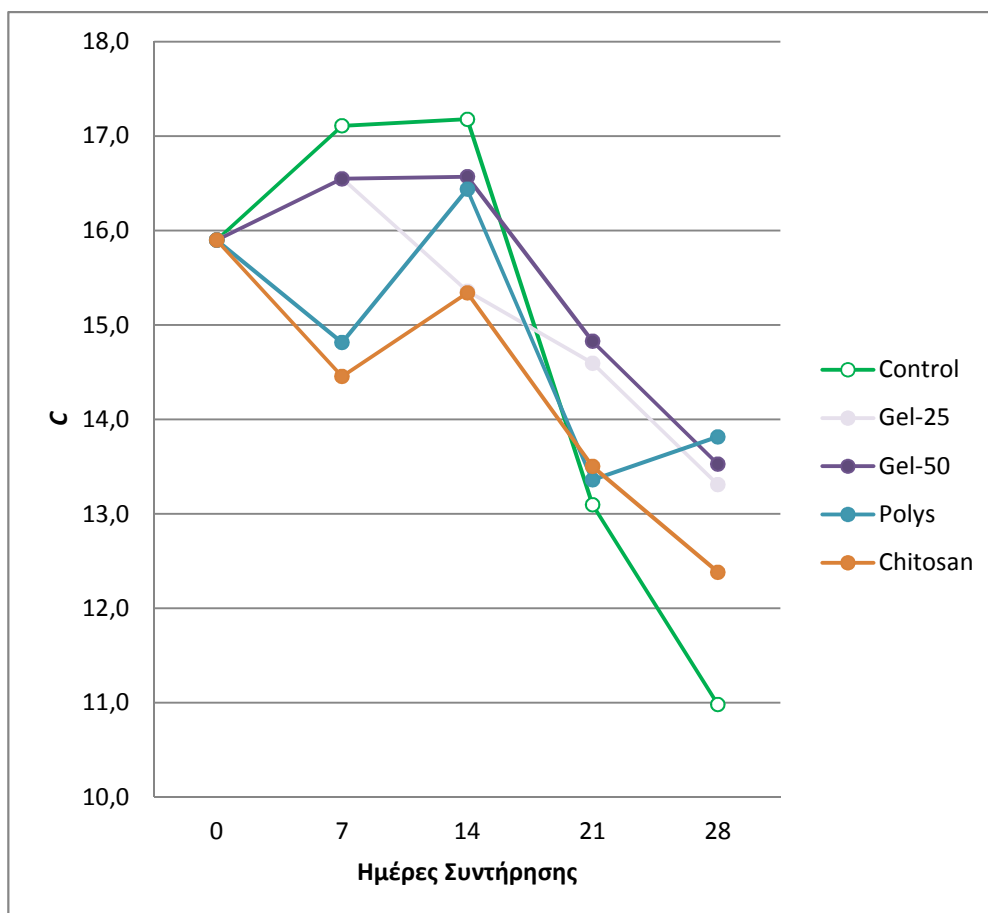
4.2.4 Παράμετρος h°



Εικόνα 12 Παράμετρος h° χρώματος για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7, 14, 21, 28). $HSD_{(n=3)} = 2.385$ σε $\alpha=0,05$

Οι τιμές της παραμέτρου h° , παρουσιάζονται στο διάγραμμα της εικόνας 12, όπως αυτές υπολογίστηκαν από την εξίσωση 3 της προηγούμενης ενότητας. Παρατηρείται αυξητική τάση του h° κατά τη συντήρηση για όλες τις επεμβάσεις. Κατά τις πρώτες 14 ημέρες συντήρησης οι τιμές του μάρτυρα έχουν μεγαλύτερες τιμές και εμφανίζουν μια μικρή σχετικά μείωση της τιμής από (~17 στο 16,5) κατά το διάστημα 21-28 ημερών. Οι εφαρμογές εδώδιμης μεμβράνης που προέρχονται είτε από τη γέλη, είτε από τον πολυσακχαρίτη παρουσιάζουν παρόμοια τάση και καταγράφουν παρόμοια τάση τιμών για τις αντίστοιχες ημέρες συντήρησης. Τις χαμηλότερες τιμές h° παρουσιάζει η εφαρμογή της Chito.

4.2.5 Παράμετρος C



Εικόνα 13 Παράμετρος C χρώματος για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7, 14, 21, 28). $HSD_{(n=3)} = 4.189$ σε $\alpha=0,05$

Αντίστοιχα με την προαναφερθείσα παράμετρο, έτσι και για αυτήν οι τιμές υπολογίστηκαν με βάση την εξίσωση 2 της προηγούμενης ενότητας και αναφέρονται αναλυτικά στο διάγραμμα της εικόνας 13. Διαπιστώνεται μια πτωτική τάση κατά το πέρας των ημερών συντήρησης, με τις πιο ακραίες τιμές να καταγράφονται από τον μάρτυρα, όπου για τις 14 πρώτες ημέρες συντήρησης καταγράφει υψηλότερη τιμή (~17), ενώ κατά την 28^η η τιμή του είναι ίση με 11. Η Chito συγκριτικά με τις υπόλοιπες εδώδιμες μεμβράνες εμφανίζει τις χαμηλότερες τιμές.

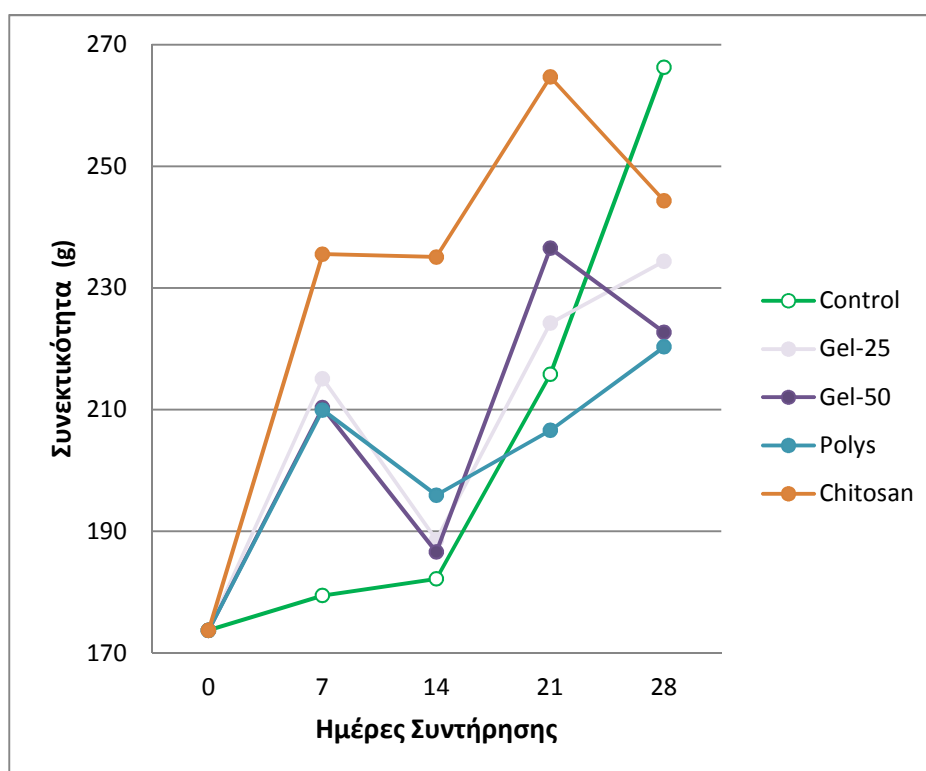
Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων (Πίνακας 2) έδειξε τη σημαντική επίδραση των ημερών συντήρησης για όλες τις παραμέτρους του χρώματος των κερασιών. Η επέμβαση δεν είχε επίδραση στις παραμέτρους a^* , b^* , C^* , ενώ είχε σημαντική επίδραση στις L^* , h° . Καμία σημαντική επίδραση δε φαίνεται να υπάρχει από την αλληλεπίδραση των ημερών και εφαρμογών, με εξαίρεση την παράμετρο L^* .

Πίνακας 2 Επίδραση της ημέρας συντήρησης (*P day*) με τη μέθοδο (*P treatment*) και της αλληλεπίδρασής τους (*P day * P treatment*) στις παραμέτρους του χρώματος των κερασιών

	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>C</i> *	<i>h</i> ^ο
<i>P day</i>	***	***	***	***	***
<i>P treatment</i>	***	NS	NS	NS	**
<i>P day * P treatment</i>	*	NS	NS	NS	NS

NS μη σημαντικό, * σημαντικό $P < 0,05$, ** σημαντικό $P < 0,01$, *** σημαντικό $P < 0,001$.

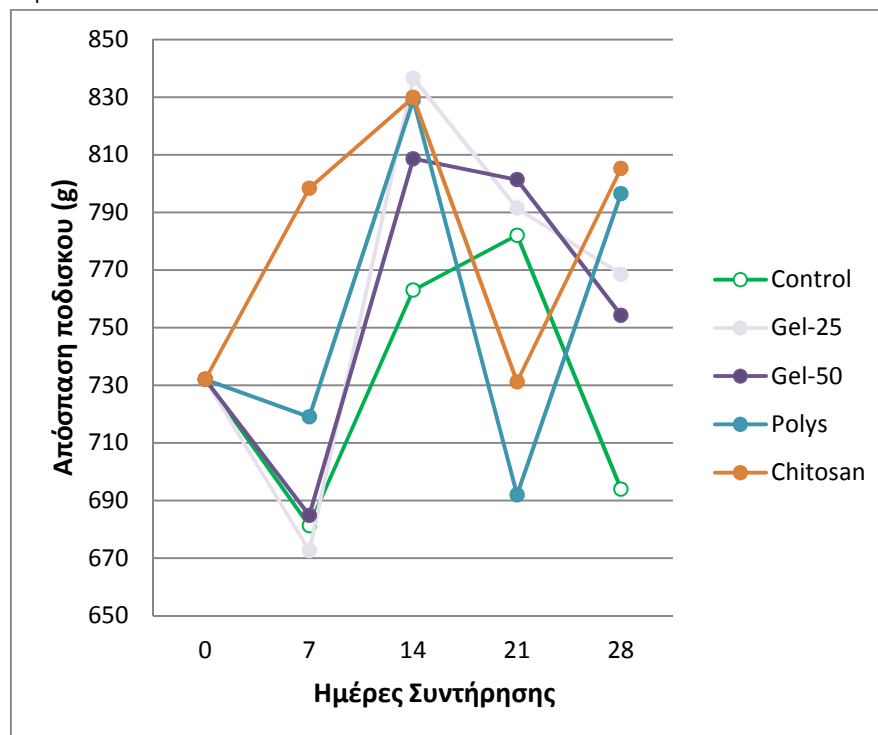
4.3 Συνεκτικότητα καρπών



Εικόνα 14 Προσδιορισμός συνεκτικότητας (g) των κερασιών για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7, 14, 21, 28). $HSD_{(n=3)} = 53.265$ σε $\alpha=0,05$

Παρατηρώντας το διάγραμμα της εικόνας 14, διαπιστώνεται μια αυξητική τάση των τιμών της συνεκτικότητας για όλες τις επεμβάσεις και τα πιο συνεκτικά κεράσια είναι αυτά με την εφαρμογή της Chito, καθώς καταγράφουν στις περισσότερες δειγματοληψίες τις υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Οι μέσες τιμές που καταγράφει η Chito καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης είναι 230 g, έναντι των υπολοίπων εφαρμογών που κατά μέσον όρο εμφανίζουν τιμές ~200g. Συγκεκριμένα παρόμοιες τιμές εμφανίζονται στις εφαρμογές των Gel-25 και Gel-50 και του Poly. Ο μάρτυρας εμφανίζεται να μειονεκτεί στις περισσότερες ημέρες συντήρησης με εξαίρεση την 21^η ημέρα όπου καταγράφει τιμή (216 g) μεγαλύτερη από αυτή του πολυσακχαρίτη και την 28^η όπου φαίνεται να υπερέχει όλων των επεμβάσεων (266 g).

4.4 Απόσπαση ποδίσκου



Εικόνα 15 Προσδιορισμός απόσπασης ποδίσκου (g) των κερασιών για όλες τις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7, 14, 21, 28). $HSD_{(n=3)} = 359.883$ σε $\alpha=0,05$

Η δύναμη απόσπασης ποδίσκου αποτελεί ένα σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό των κερασιών και αναλύεται διεξοδικά στο παραπάνω διάγραμμα (εικόνα 15) για όλες τις επεμβάσεις καθ' όλη τη διάρκεια συντήρησης. Η τάση μεταβολής της απόσπασης ποδίσκου είναι ακανόνιστη κατά τη συντήρηση για όλες τις επεμβάσεις. Ο μέση δύναμη απόσπασης του ποδίσκου σε όλη τη συντήρηση είναι 779, 760, 756, 753 και 730 g για τις Chto, Gel-25, Gel-50, Poly, και μάρτυρα, αντίστοιχα.

Στατιστικά σημαντική ήταν η επίδραση των ημερών συντήρησης και των εφαρμογών αλλά και της αλληλεπίδρασής τους στη συνεκτικότητα των κερασιών, εν αντιθέσει με την απόσπαση του ποδίσκου, που δεν είχε καμιά επίδραση.

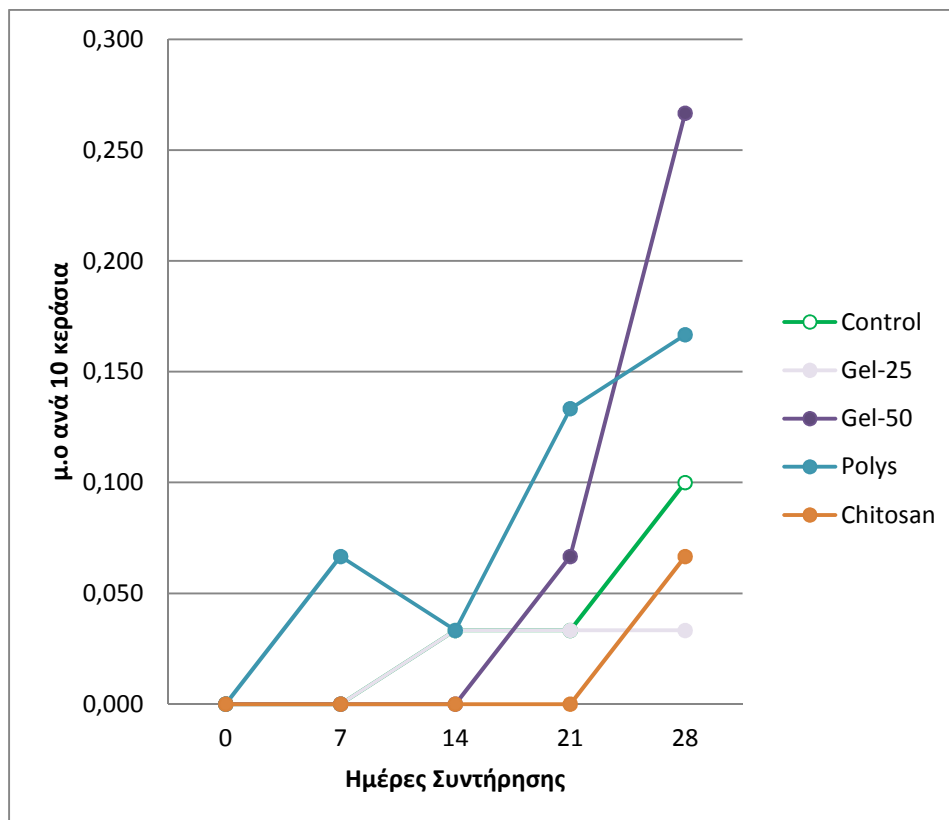
Πίνακας 3 Επίδραση της ημέρας συντήρησης (*P* day) με τη μέθοδο (*P* treatment) και της αλληλεπίδρασής τους (*P* day * *P* treatment) στη συνεκτικότητα και την απόσπαση του ποδίσκου των κερασιών

	Συνεκτικότητα	Απόσπαση ποδίσκου
<i>P</i> day	***	NS
<i>P</i> treatment	***	NS
<i>P</i> day * <i>P</i> treatment	**	NS

NS μη σημαντικό, * σημαντικό $P < 0,05$, ** σημαντικό $P < 0,01$, *** σημαντικό $P < 0,001$.

4.5 Σύγκριση εμφάνισης μούχλας/αλλοιώσεων επιφάνειας

Χαρακτηριστικά που υποδηλώνουν την ποιότητα των κερασιών, όπως και προαναφέρθηκε, είναι η εμφάνιση μούχλας/αλλοιώσεων της επιφάνειας του καρπού κυρίως λόγω ανάπτυξης μικροοργανισμών, όπως οι *Monillia spp.*, αλλά και το *Penicillium exprosum*. Στο παρακάτω διάγραμμα (εικόνα 17) διακρίνονται οι μ.ο αλλοιώσεων στην επιφάνεια ανά δέκα κεράσια.

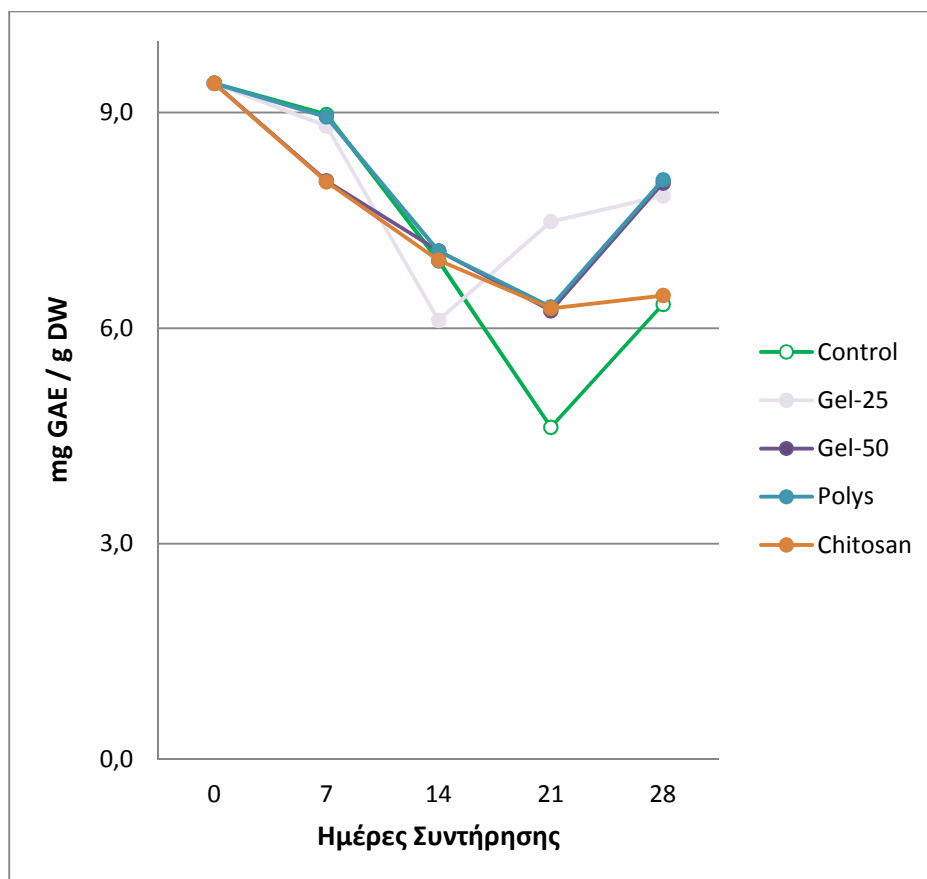


Εικόνα 16 Προσδιορισμός ανάπτυξης αλλοιώσεων επιφάνειας ανά μέσον όρο 10 κερασιών για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7, 14, 21, 28)

Την πιο εμφανή αλλοίωση την εμφανίζουν τα κεράσια με Gel-50 την 28^η ημέρα συντήρησής τους αφού εμφανίζουν την μεγαλύτερη τιμή σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα με τιμή που κυμαίνεται περί το 0,26. Η εφαρμογή της μεμβράνης Poly εμφανίζει από τις επτά πρώτες ημέρες αλλοιώσεις οι οποίες εμφανίζουν ανοδική τάση για το υπόλοιπο διάστημα συντήρησης. Οι υπόλοιπες εφαρμογές ξεκινούν να τις εμφανίζουν περί την 21^η ημέρα με εξαίρεση τη Chito που ξεκινά και έχει μετρήσιμες αλλοιώσεις την τελευταία ημέρα συντήρησης. Το Gel-25 εμφανίζει τις πρώτες αλλοιώσεις κατά τη 14^η ημέρα, όμως παρατηρείται πως το ποσοστό αυτών παραμένει σταθερό μέχρι το πέρας των μετρήσεων και η τιμή που αυτή κυμαίνεται είναι ίση με 0,033.

4.6 Προσδιορισμός των ολικών φαινολικών (TP)

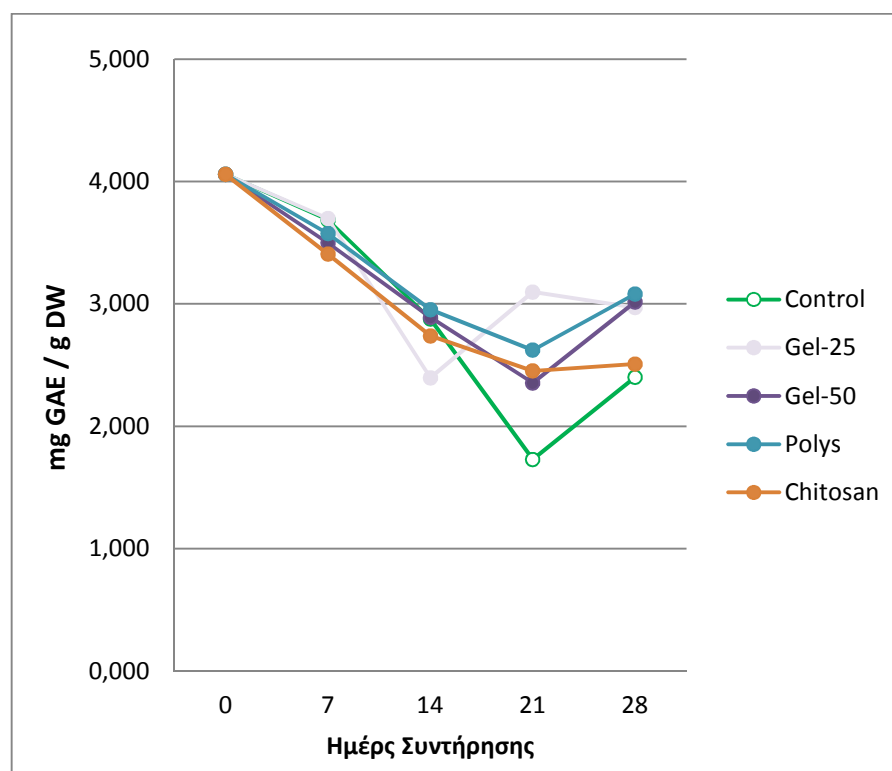
Για την ασφαλέστερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων σημειώνεται ότι οι παρακάτω μετρήσεις (ολικών αντιοξειδωτικών, ολικών φαινολικών, φλαβονοειδών, ανθοκυανών) ανάγονται επί του ξηρού βάρους των κερασιών.



Εικόνα 17 Προσδιορισμός των ολικών φαινολικών (TP) επί ξηρού βάρους των κερασιών για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7, 14, 21, 28). $HSD_{(n=3)} = 4.107$ σε $\alpha=0,05$

Από την εικόνα 17 που παρουσιάζονται οι τιμές των ολικών φαινολικών που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο Folin–Ciocalteu, φαίνεται πως υπάρχει μια πτωτική τάση των ουσιών αυτών κατά τη συντήρηση. Για το μέσο διάστημα της συντήρησης, δηλαδή για τις 14 πρώτες ημέρες των μετρήσεων ο μάρτυρας, Gel-50 και ο Poly εμφανίζουν τις μεγαλύτερες τιμές συγκεντρώσεων, αφού καταγράφουν υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τις υπόλοιπες επεμβάσεις (~7-9 mg GAE/ g DW). Για τις υπόλοιπες ημέρες και μέχρι το τέλος των πειραματικών διαδικασιών καταγράφεται μια απότομη πτώση των τιμών στον μάρτυρα αλλά και στις επεμβάσεις με τη Chito. Ο μάρτυρας την 21^η ημέρα σημειώνει τιμή γύρω στο 4.5 mg GAE/g DW, όπου αποτελεί και τη χαμηλότερη τιμή καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Παρατηρείται πως από την 21^η – 28^η ημέρα υπάρχει μια αυξητική τάση των τιμών των Gel-25, Gel-50 καθώς και του Poly όπου σημειώνουν μέσες τιμές γύρω στα 8 mg GAE/g DW, ενώ οι υπόλοιπες δυο επεμβάσεις μ.ό. τιμών έχουν 6.4 mg GAE/g DW.

4.7 Προσδιορισμός των φλαβονοειδών (TF)

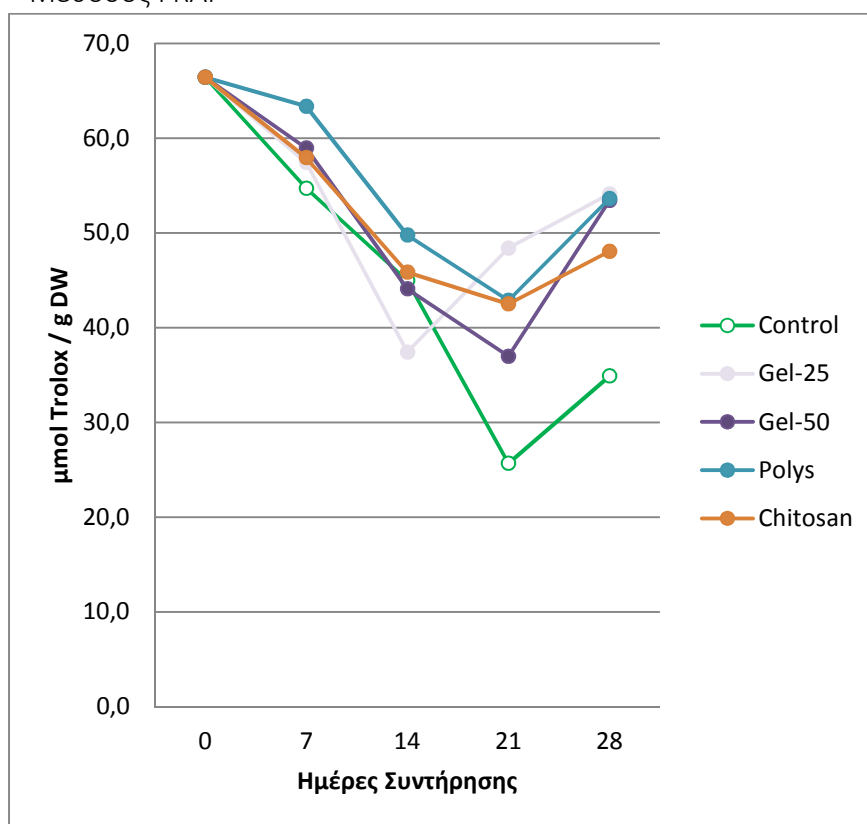


Εικόνα 18 Προσδιορισμός των ολικών φλαβονοειδών (TF) επί ξηρού βάρους των κερασιών για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7, 14, 21, 28).
 $HSD_{(n=3)} = 3.766$ σε $\alpha=0,05$

Στο διάγραμμα της εικόνας 18 φαίνονται αναλυτικά οι τιμές των ολικών φλαβονοειδών που υπολογίστηκαν επί του ξηρού βάρους των κερασιών. Μέχρι την 21^η ημέρα φαίνεται πως υπάρχει μείωση των τιμών αυτών και ύστερα αυξάνονται οι τιμές σε όλες τις επεμβάσεις εκτός από το Gel-25, που από τη 14^η ημέρα άρχισε να σημειώνει ανοδική τάση. Οι υπόλοιπες επεμβάσεις σημείωσαν άνοδο από την 21^η ημέρα συντήρησης. Γενικά διαπιστώνεται πως το Gel-25 έχει από τις πιο υψηλές τιμές φλαβονοειδών στην πλειοψηφία των ημερών με εξαίρεση τη 14^η όπου σημειώνει τη δεύτερη μικρότερη τιμή (2,4 mg CAE/g DW), ενώ την πιο χαμηλή τιμή την έχει ο μάρτυρας κατά την 21^η ημέρα συντήρησης (1,7 mg CAE/g DW). Οι εφαρμογές με τις υψηλότερες τιμές φλαβονοειδών κατά το τέλος της συντήρησης είναι αυτές των μεμβρανών από κλαδωδίο (Poly, Gel-25, Gel-50) με τιμή 3 mg CAE/ g DW. Κατά τη διάρκεια της συντήρησης τις μεγαλύτερες μέσες τιμές τις καταγράφει η επέμβαση του Poly (3.3 mg GAE/ g DW) .

4.8 Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής δράσης

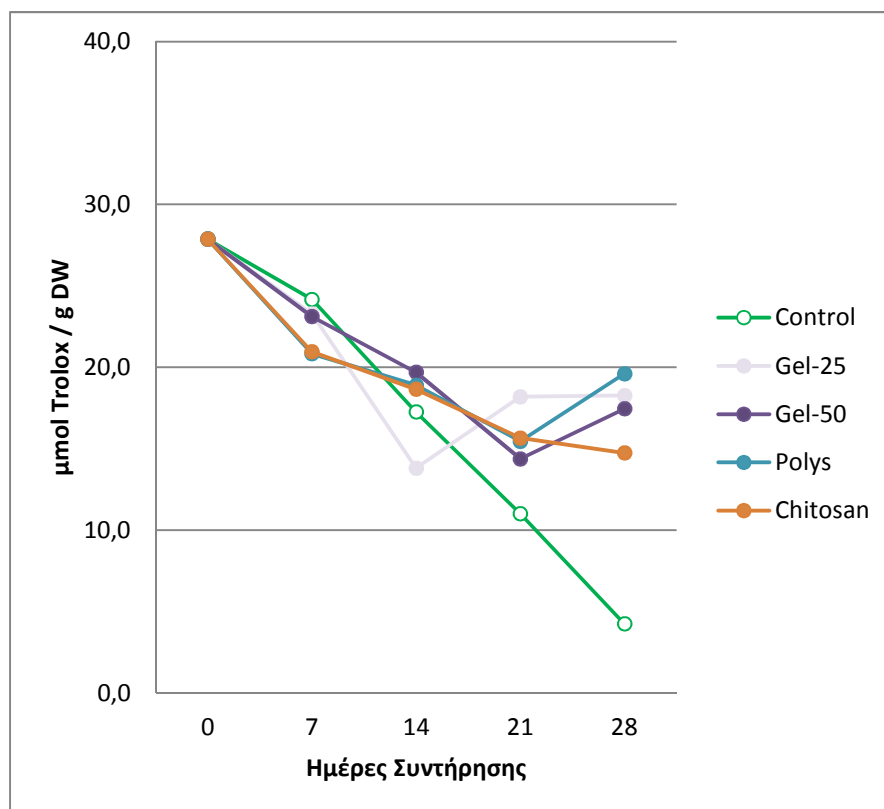
4.8.1 Μέθοδος FRAP



Εικόνα 19 Προσδιορισμός των ολικών αντιοξειδωτικών (Tant) με τη μέθοδο FRAP επί ξηρού βάρους των κερασιών για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7, 14, 21, 28). $HSD_{(n=3)} = 18.923$ σε $\alpha = 0,05$

Οι τιμές της ολικής αντιοξειδωτικής δράσης (TAC) που καταγράφηκαν με τη μέθοδο FRAP αναφέρονται στο διάγραμμα της εικόνας 19. Πτωτική τάση καταγράφεται για την πλειοψηφία των επεμβάσεων μέχρι την 21^η ημέρα συντήρησης των κερασιών, με τη χαμηλότερη τιμή να την έχει ο μάρτυρας (25,7 μmol Trolox/ g DW). Τις υψηλότερες τιμές φαίνεται να τις φέρει η επέμβαση Poly καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης. Κατά την 28^η ημέρα οι εφαρμογές των εδώδιμων μεμβρανών που προέρχονται από το κλαδώδιο έχουν την μεγαλύτερη συγκέντρωση, σημειώνοντας την τιμή των ~53.5 μmol Trolox/ g DW.

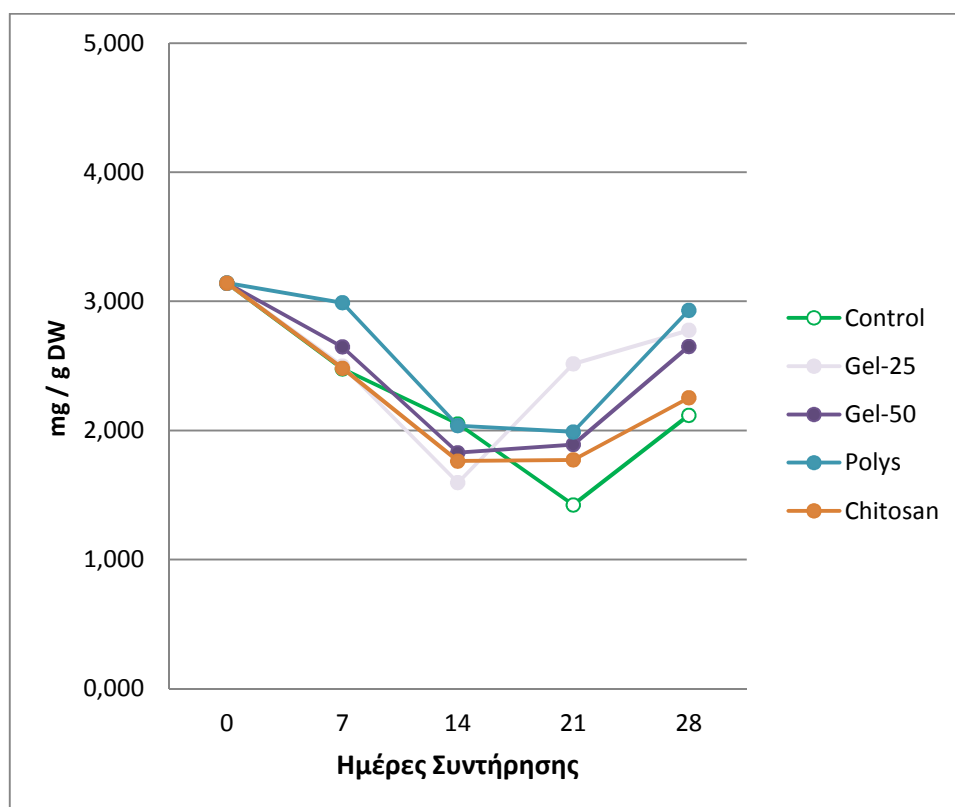
4.8.2 Μέθοδος DPPH



Εικόνα 20 Προσδιορισμός των ολικών αντιοξειδωτικών (Tant) με τη μέθοδο DPPH επί ξηρού βάρους των κερασιών για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7, 14, 21, 28). $HSD_{(n=3)} = 17.525$ σε $\alpha=0,05$

Η δεύτερη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη της TAC, ήταν η μέθοδος DPPH. Πτωτική τάση ακολουθούν όλες οι επεμβάσεις κατά τη συντήρηση με τον μάρτυρα να σημειώνει απότομες μεταβολές. Οι τιμές για τον μάρτυρα ξεκινούν από το ~28 $\mu\text{mol Trolox/ g DW}$ για την πρώτη ημέρα και φτάνουν την τελευταία να έχουν τιμή ~4 $\mu\text{mol Trolox/ g DW}$, όπου αποτελεί και την μικρότερη τιμή καταγραφής για την μέθοδο αυτή. Οι υπόλοιπες επεμβάσεις εδωδιμων μεμβρανών εμφανίζουν παρόμοια τάση και κυμαίνονται στις ίδιες τιμές για τις αντίστοιχες ημέρες συντήρησης. Η εφαρμογή που έχει την υψηλότερη τιμή στο τέλος της συντήρησης, είναι αυτή του Poly με την τιμή να κυμαίνεται ~20 $\mu\text{mol Trolox/ g DW}$. Χαμηλότερες αλλά παρόμοιες τιμές εμφανίζουν οι εφαρμογές των Gel-25 και Gel-50 αντίστοιχα. Η Chito στο τέλος της συντήρησης έχει τιμή 14.7 $\mu\text{mol Trolox/ g DW}$.

4.9 Προσδιορισμών των ολικών ανθοκυανών (TAN)



Εικόνα 21 Προσδιορισμός των ολικών ανθοκυανών (TAN) επί ξηρού βάρους των κερασιών για όλες τις επεμβάσεις (control, gel-25, gel-50, polys, chitosan), για τις διάφορες ημέρες συντήρησης (7, 14, 21, 28). $HSD_{(n=3)} = 3.935$ σε $\alpha=0,05$

Στην εικόνα 21 παρουσιάζονται οι τιμές των ολικών ανθοκυανών. Μέχρι την 21^η ημέρα φαίνεται μια καθοδική τάση σε όλες τις επεμβάσεις. Από την 21^η μέχρι τέλος της συντήρησης οι τιμές έχουν μια ανοδική τάση, ενώ αυξάνονται έως το τέλος της συντήρησης. Τα κεράσια με την επέμβαση Poly εμφανίζουν τις υψηλότερες μέσες τιμές 2.6 mg / g DW. Αντίστοιχες μέσες τιμές παρουσιάζει το Gel-25% (2.5 mg / g DW), με τη διαφορά ότι τη χαμηλότερη τιμή της αυτή η επέμβαση την καταγράφει τη 14^η ημέρα. Την τελευταία ημέρα συντήρησης η εφαρμογή του Poly έχει την μεγαλύτερη τιμή ~3 mg / g DW, ενώ τη χαμηλότερη τιμή την έχει ο μάρτυρας 2.2 mg / g DW.

Στον Πίνακα 4 που παρατίθεται παρακάτω φαίνεται ότι ήταν στατιστικά σημαντική η επίδραση μόνο της ημέρας συντήρησης και όχι των εφαρμογών εδώδιμης μεμβράνης αλλά ούτε και της αλληλεπίδρασης τους στα επίπεδα των TP, TF, Tant και TAN.

Πίνακας 4 Επίδραση της ημέρας συντήρησης (P day) με τη μέθοδο (P treatment) και της αλληλεπίδρασής τους (P day * P treatment) στον προσδιορισμό των TP, TF, Tant, TAN των κερασιών

	TP	TF	Tant (FRAP)	Tant (DPPH)	TAN
P day	***	***	***	***	***
P treatment	NS	NS	NS	NS	NS
P day * P treatment	NS	NS	NS	NS	NS

NS μη σημαντικό, * σημαντικό $P < 0,05$, ** σημαντικό $P < 0,01$, *** σημαντικό $P < 0,001$.

5. Συμπεράσματα & Συζήτηση

Τα κεράσια είναι αρκετά και το περιβάλλον όπου συντηρούνται διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για την μετέπειτα ποιότητά τους και κατ' επέκταση τη διάθεσή τους στην αγορά και το καταναλωτικό κοινό.

Η απώλεια βάρους, που προκύπτει κυρίως από τη διαδικασία της αναπνοής-διαπνοής, είναι μια σημαντική παράμετρος για την εμπορία των κερασιών και οφείλεται κυρίως στην απώλεια υγρασίας, η οποία οδηγεί στην υποβάθμιση του τελικού προϊόντος, επηρεάζοντας την εμφάνισή και την υφή του. Τα κεράσια είναι ευπαθή προϊόντα, λόγω της μεγάλης περατότητας του φλοιού τους η οποία επιτρέπει τη γρήγορη απώλεια βάρους, τόσο από τον καρπό, όσο και από τον ποδίσκο (Romano, 2006).

Στην παρούσα μελέτη η επέμβαση του μάρτυρα, ήταν και αυτή η οποία παρουσίασε την μεγαλύτερη απώλεια βάρους. Αντίθετα σε όσους καρπούς έγινε εφαρμογή εδώδιμης μεμβράνης εμφάνισαν μειωμένη απώλεια βάρους καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης, πράγμα που υποδηλώνει το φραγμό και την προστασία που παρέχουν οι μεμβράνες στους καρπούς, αποτρέποντας τις συνέπειες από τη διαπνοή των προϊόντων, όπως φαίνεται στην εικόνα 22.

Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με τις διάφορες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για τις εδώδιμες μεμβράνες. Σε πείραμα που εκτέλεσαν οι Petriccione κ.α. 2015 με κεράσια τα οποία έφεραν χιτοζάνη ως επικάλυψη, απέδειξαν ότι κατά την τελευταία ημέρα συντήρησης η απώλεια βάρους στον μάρτυρα ήταν ~2,5%, ενώ στην εφαρμογή με τη χιτοζάνη ~1,7%, δηλαδή η χιτοζάνη υπερίσχυε κατά 1% στην απώλεια βάρους σε όλες τις ποικιλίες τις οποίες αυτοί μελέτησαν. Σε παρόμοιο πείραμα κερασιών και οξικής χιτοζάνης διαπιστώθηκε ότι μόνο όσα κεράσια έφεραν την μεμβράνη είχαν μειωμένη απώλεια βάρους (Qi Feng Dang, 2010) . Σε αντίστοιχα αποτελέσματα κατέληξαν και οι Allegra A. I. et. al. 2016, πραγματοποιώντας παρόμοιο πείραμα με φέτες από ακτινίδιο και μεμβράνη από πολυσακχαρίτη κλαδώδιου φραγκοσουκιάς *O. ficus-indica*. Κατέληξαν ότι την τελευταία ημέρα συντήρησης οι φέτες που έφεραν επικάλυψη από το φυτό είχαν έως και 1,2% λιγότερη απώλεια βάρους. Επίσης το ίδιο ίσχυε και για σύκα στα οποία εφαρμόστηκε μεμβράνη πάλι από πολυσακχαρίτη κλαδώδιου της φραγκοσουκιάς και η απώλεια βάρους στην περίπτωση του μάρτυρα ήταν 3,5%, ενώ για την εδώδιμη μεμβράνη μόλις 0,8% (Allegra A. S., 2017). Όσον αφορά τη χρήση γέλης κλαδοδίου ως εδώδιμη μεμβράνη δεν υπάρχει κανένα δεδομένο στη βιβλιογραφία ως προς την επίδρασή της στην απώλεια βάρους οπωροκηπευτικών. Είναι σημαντικό το γεγονός ότι από την παρούσα μελέτη φαίνεται η απόδοση μεμβρανών προερχόμενες από κλαδώδιο φραγκόσουκου στον περιορισμό της απώλειας βάρους να είναι παρόμοια ή/και καλύτερη από αυτή της χιτοζάνης που αποτελεί μια διαδεδομένη ουσία για τη συγκεκριμένη χρήση.

Η συνεκτικότητα και γενικότερα η υφή των καρπών επηρεάζονται άμεσα από βιοχημικές μεταβολές των κυτταρικών τοιχωμάτων (διαλυτοποίηση πηκτινών κλπ) αλλά και έμμεσα από την απώλεια βάρους που οδηγεί σε μείωση της σπαργής του καρπού κατά τη διάρκεια συντήρησης. Ανάλογα με τον καρπό και την έντασή της η απώλεια βάρους μπορεί να οδηγήσει είτε σε αύξηση ή μείωση της συνεκτικότητας κατά τη συντήρηση. Στα κεράσια έχει παρατηρηθεί η αύξηση της συνεκτικότητας κατά τη συντήρησή τους η οποία έχει αποδοθεί στην απώλεια βάρους (Tsantili et al., 2007; Kafkaletou et al., 2015). Στην παρούσα μελέτη τα αποτελέσματα (εικόνα 14) δείχνουν αυξητική τάση της συνεκτικότητας για όλες τις επεμβάσεις σε όλη τη διάρκεια της συντήρησης. Μέχρι την 14^η μέρα οι εφαρμογές των εδώδιμων μεμβρανών και ιδιαίτερα της χιτοζάνης οδηγούν σε αυξημένη συνεκτικότητα

κεράσια σε σχέση με το μάρτυρα γεγονός που είναι θετικό για την ποιότητα με βάση την αντίληψη του καταναλωτή. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στον περιορισμό των βιοχημικών διεργασιών που οδηγούν σε μείωση της συνεκτικότητας ή και σε μηχανικές ιδιότητες των μεμβρανών που καταγράφονται από το όργανο μέτρησης που ενισχύουν την καταγραφόμενη δύναμη. Μετά την 14^η μέρα παρατηρείται μια ταχύτατη αύξηση της συνεκτικότητας του μάρτυρα που πιθανά οφείλεται στην αυξημένη απώλεια βάρους και η αυξημένη αυτή συνεκτικότητα δεν αντιστοιχεί σε βελτίωση της ποιότητας δεδομένου ότι ο καταναλωτής αντιλαμβάνεται την συνεκτικότητα αυτή ως αρνητικό χαρακτήρα ενός σκληρού-αφυδατομένου φρούτου.

Οι Del-Valle κ.α. 2005, διαπίστωσαν ότι μεμβράνη 20% γέλης φραγκόσουκου οδήγησε σε αυξημένη συνεκτικότητα σε φράουλες κατά τη συντήρηση και η θετική επίδραση της μεμβράνης ενισχύθηκε από τη χρήση γλυκερόλης, με εξαίρεση την πρώτη ημέρα συντήρησης όπου σε συνεκτικότητα υπερίσχυε η μεμβράνη χωρίς τη γλυκερόλη. Οι Allegra κ.α. 2016,2017, διαπίστωσαν θετική επίδραση της χρήσης μεμβράνης από πολυσακχαρίτη (6% w/v) κλαδωδίου στη συνεκτικότητα σύκου και φρεσκοκομμένου ακτινιδίου.

Η απόσπαση του ποδίσκου αποτελεί ποιοτικό παράγοντα για την εμπορική διάθεση των κερασιών. Παρατηρώντας το διάγραμμα της εικόνας 15, φαίνεται πως τα κεράσια του μάρτυρα εμφανίζουν χαμηλότερες τιμές καθ' όλη τη διάρκεια της συντήρησης, το οποίο υποδηλώνει την υπεροχή των υπόλοιπων επεμβάσεων στη διατήρηση αυτού του ποιοτικού παράγοντα. Γενικά σε όλες τις επεμβάσεις διαπιστώνεται μια έντονη αύξηση των τιμών μέχρι τη 14^η ημέρα και μετά αυτές μειώνονται στις περισσότερες εφαρμογές μέχρι το τέλος της συντήρησης. Ο μάρτυρας έχει την πιο χαμηλή τιμή στο τέλος της συντήρησης, το οποίο υποδηλώνει για ακόμη μία φορά ότι οι εδωδιμες μεμβράνες συμβάλλουν στη διατήρηση της ποιότητας.

Σχετικά με την εμφάνιση αλλοιώσεων από διάφορους μικροοργανισμούς στην επιφάνεια των κερασιών, όπως φαίνεται και από το διάγραμμα της εικόνας 17, οι εφαρμογές των εδωδιμων μεμβρανών από τη γέλη ή τον πολυσακχαρίτη κλαδωδίου, δεν ήταν αποτελεσματικές. Αυτό πιθανά να οφείλεται στο γεγονός ότι οι γέλη και ο πολυσακχαρίτης του κλαδωδίου είτε δεν περιέχουν ουσίες με ισχυρή αντιμικροβιακή δράση ή περιέχουν συστατικά που ευνοούν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Σε άλλες μελέτες οι επεμβάσεις από πολυσακχαρίτη κλαδωδίων φάνηκε ότι προς το τέλος της συντήρησης επίσης δεν μπόρεσαν να αποτρέψουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, παρόλα αυτά την καθυστέρησαν (Allegra A. S., 2017). Αντίθετα η χρήση μεμβράνης από χιτοζάνη έδειξε να καθυστερεί την ανάπτυξη μούχλας, γεγονός που επιβεβαιώνεται.

Παρόλα αυτά η εφαρμογή της χιτοζάνης απεδείχθη και η πιο αποτελεσματική, αφού η αλλοίωση των κερασιών ξεκίνησε μετά την 21^η ημέρα συντήρησης και σημείωσε πολύ χαμηλές τιμές συγκριτικά με τον μάρτυρα, οι αλλοιώσεις του οποίου εμφανίστηκαν το ίδιο διάστημα. Ο συνδυασμός χιτοζάνης με υποβατικές συνθήκες (0,50 atm) οδήγησε στην μείωση της καφέ σήψης και άλλων αλλοιώσεων όπως της γκρι μούχλας και διάφορων στιγμάτων έως και 90%. (Romanazzi, 2010). Σε κεράσια που δεν έφεραν καμία μεμβράνη μελέτη των Qi Feng Dang et. al. 2010 απέδειξε ότι την 15^η ημέρα έφεραν αλλοιώσεις οι οποίες τα κατέστησαν ακατάλληλα για εμπορική διάθεση (~26 g/ 100 g), ενώ για όσα έφεραν μεμβράνη χιτοζάνης η αλλοίωση που σημειώθηκε ήταν 0,8 g/ 100 g.

Σχετικά με τις παραμέτρους του χρώματος η εφαρμογή της χιτοζάνης εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές στην παράμετρο L^* , κάτι το οποίο ενδιαφέρει τόσο τους παραγωγούς, όσο και τους καταναλωτές, καθώς αποτελεί ποιοτικό παράγοντα για την μεταπώληση των ίδιων των μεμβρανών

Η παράμετρος a^* υποδηλώνει την ένταση του κόκκινου χρώματος και στην παρούσα μελέτη φαίνεται ότι τις 14 πρώτες ημέρες συντήρησης ο μάρτυρας εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές, δηλαδή πιο έντονο κόκκινο χρώμα στα κεράσια. Από τη 14^η ημέρα όμως μέχρι το τέλος της συντήρησης εμφανίζει μειωτική τάση και μάλιστα την πιο χαμηλή τιμή την 28^η ημέρα συντήρησης. Οπότε διαπιστώνεται πως εν τέλει οι εδώδιμες μεμβράνες, κυρίως αυτές που προέρχονται από τα κλαδώδια, για τη συγκεκριμένη παράμετρο έχουν καλύτερα αποτελέσματα, λόγω του ότι δεν εμφανίζουν ακραίες μεταβολές. Η παράμετρος h° υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση 3 και εξαρτάται από τις παραμέτρους a^* , b^* . Η παράμετρος αυτή για να πληροί τα καταναλωτικά και εμπορικά πρότυπα πρέπει να διατηρείται σχετικά χαμηλή στη διάρκεια της συντήρησης. Στην παρούσα εργασία η χιτοζάνη είναι αυτή που εμφανίζει τις πιο χαμηλές τιμές καθ'όλη τη διάρκεια της συντήρησης, ενώ ο μάρτυρας τις υψηλότερες.

Τα αποτελέσματα της χιτοζάνης σχετικά με την παράμετρο L^* του χρώματος, αλλά και της h° , μελετήθηκαν από τους Petriccione κ.α. 2015 και απέδειξαν την υπεροχή των κερασιών που έφεραν μεμβράνη έναντι των όσων δεν έφεραν, όπως και επιβεβαιώνεται και στην παρούσα μελέτη. Για την κάθε μία παράμετρο από αυτές του χρώματος που αυτοί μελέτησαν απέδειξαν έως και 3 μονάδες διαφορά αντίστοιχα για την τελευταία ημέρας συντήρησης τους στους 2^ο C. Στη μελέτη των Del-Valle κ.α. 2005 φάνηκε ότι το χρώμα των καρπών της φράουλας δεν εμφάνισε διαφορά είτε έφεραν εδώδιμη μεμβράνη από το κλαδώδιο, είτε χωρίς, δηλαδή η εφαρμογή της γέλης των κλαδωδίων δεν παρουσίασε μεταβολές στις παραμέτρους (L^* , a^* , b^*) του χρώματος για όλες τις ημέρες συντήρησης. Για την αντικειμενική όμως παρατήρηση δημιουργήθηκε από ειδικούς πάνελ προτίμησης, οι οποίοι με βάση το χρώμα επέλεξαν, για τα κεράσια της τελευταίας ημέρας συντήρησης, αυτά που έφεραν γέλη χωρίς όμως γλυκερόλη.

Οι γενετικοί παράγοντες, οι πρακτικές προ- και μετασυλλεκτικά μπορούν να επηρεάσουν την περιεκτικότητα των θρεπτικών ουσιών των κερασιών. Αυτές οι ενώσεις που επηρεάζονται είναι και αυτές που περιλαμβάνουν σημαντικές ιδιότητες και προάγουν την υγεία των ανθρώπων. Τέτοιες είναι οι αντιοξειδωτικές, οι φαινολικές ενώσεις, τα φλαβονοειδή και οι ανθοκυάνες. Για το λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητο να διερευνηθούν.

Γενικά ισχύει ότι οι φαινολικές ενώσεις στα κεράσια εντοπίζονται κυρίως στην επιδερμίδα (Ferretti et. al., 2010), ενώ γενικά επηρεάζεται η συγκέντρωσή τους από την ποικιλία και από τη θερμοκρασία συντήρησης. Διερευνώντας τα ολικά φαινολικά στο σχήμα 17 φαίνεται ότι οι εδώδιμες μεμβράνες με τον μάρτυρα δε διαφέρουν σημαντικά, μέχρι την 21^η ημέρα συντήρησης. Παρόλα αυτά φαίνεται ότι και εδώ οι εδώδιμες μεμβράνες εμφανίζουν καλύτερα αποτελέσματα και πιο υψηλές τιμές των φαινολικών, οι οποίες μειώνονται όσο οι ημέρες συντήρησης περνούν. Καταλήγοντας στην τελευταία ημέρα συντήρησης, όπου οι επεμβάσεις με τη γέλη κλαδωδίων είναι αυτές που εμφανίζουν υψηλότερες τιμές. Αυτό οφείλεται στο ότι και το φυτό της *O. ficus-indica*, και κατ'επέκταση τα κλαδώδια είναι πλούσια σε φαινολικές ουσίες. Η τάση αυτή, δηλαδή να υπερέχουν οι εφαρμογές των εδώδιμων μεμβρανών έναντι του μάρτυρα επιβεβαιώνεται από διάφορες μελέτες (Allegra A. S., 2017, (Pasquariello, 2015)).

Παρόμοια εικόνα με αυτή των ολικών φαινολικών, εμφανίζουν και τα ολικά αντιοξειδωτικά. Προσδιορίζοντάς τα και με τις δύο μεθόδους (FRAP-DPPH), εμφανίζεται μια μειωτική τάση των αντιοξειδωτικών του μάρτυρα καθ'όλη τη διάρκεια της συντήρησης. Από το πείραμα των Petriccione κ.α. 2015 επιβεβαιώνεται ότι η εφαρμογή της χιτοζάνης είναι και αυτή που παρατείνει τη συγκεντρωση των ολικών αντιοξειδωτικών, έναντι του μάρτυρα. Σχετικά με τις εδώδιμες μεμβράνες από τα κλαδώδια μελετήθηκε η συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος (βιταμίνης C), το οποίο ανήκει στις αντιοξειδωτικές ουσίες. Παρατηρήθηκε λοιπόν ότι όσες φράουλες έφεραν μεμβράνη από τη γέλη του κάκτου, είχαν και τις υψηλότερες τιμές της

αντιοξειδωτικής αυτής ουσίας (Allegra A. I., 2016). Σημαντικό ήταν το συμπέρασμα στο οποίο οδηγήθηκαν οι Kerch κ.α. 2011, όπου τα κεράσια του μάρτυρα δεν παρήγαγαν βιταμίνη C κατά τη συντήρηση, εν αντιθέση με τη σύνθεση της στα κεράσια με τη χιτοζάνη. Διαφορά στη βιοσύνθεση της βιταμίνης εντοπίστηκε κυρίως στην υψηλού μοριακού βάρους χιτοζάνη.

Σχετικά με τη συγκέντρωση των ανθοκυανών παρατηρείται η ίδια εικόνα με αυτή των φαινολικών, δηλαδή δεν εντοπίζονται ακραίες διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των εδώδιμων μεμβρανών. Για ακόμη μια φορά όμως τα κεράσια με τις εδώδιμες μεμβράνες είναι αυτά που έχουν τις υψηλότερες τιμές κατά τη διάρκεια της μελέτης. Αυτό αποδεικνύεται και από διάφορες μελέτες (Kerch, 2011), (Qi Feng Dang, 2010), (Petriccione, 2015). Αξίζει να σημειωθεί ότι στη μέση της συντήρησης περίπου για όλες τις εφαρμογές φαίνεται μια μείωση των τιμών, ενώ στη συνέχεια αυξάνονται.

Τα ολικά φλαβονοειδή σύμφωνα με την παρούσα μελέτη ακολουθούν την πορεία των ολικών φαινολικών και αντιοξειδωτικών, δηλαδή ότι οι εδώδιμες μεμβράνες επηρεάζουν θετικά τις τιμές τους. Αυτό όμως έρχεται σε αντιθεση με τα δεδομένα της εργασίας των Petriccione κ.α, 2015, οι οποίοι απέδειξαν ότι δε συμβάλλει ιδιαίτερα στη διατήρηση της συγκέντρωσης παρά ελάχιστα.

Σχετικά με τα TP οι Qi Feng Dang κ.α. 2010 τα προσδιόρισαν σε κεράσια με διάφορες συγκεντρώσεις της χιτοζάνης και προσδιόρισαν τη συμπεριφορά και τις συγκεντρώσεις ενζύμων που οφείλονται στην ενζυμική αμαύρωση και σε διάφορες διαδικασίες υποβάθμισης των προϊόντων. Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται αναφορά σχετικά με τη δράση των ενζύμων PPO, POD και PAL. Παρατηρώντας τη δραστηριότητα των ενζύμων αυτών έμμεσα μπορούν να βγουν κάποια συμπεράσματα σχετικά με τα TP, TAC.

Η PPO και η POD αποκτούν τη μέγιστη τιμή τους κατά την 30^η ημέρα και ύστερα σταθεροποιούνται μέχρι την 40^η ημέρα, ενώ η συγκέντρωση του PAL φαίνεται να ξεκινά υψηλή και μέχρι την 20^η ημέρα να μειώνεται και αποκτά πάλι σχετικά υψηλή τιμή τη 35^η ημέρα.

Τα παραπάνω υποδηλώνουν ότι η αρχική μείωση των TP, TAC, δηλαδή κατά τις 21 πρώτες ημέρες συντήρησης συνέβαινε παράλληλα με τη σύνθεση και αποδόμηση φαινολικών. Για αυτό και φαίνεται από τις μετρήσεις της παρούσας εργασίας ότι κατά τη διάρκεια των ημερών συντήρησης οι τιμές TP, TAC αρχίζουν να αυξάνονται όταν μειώνονται οι τιμές των PAL, η οποία αποτελεί το ένζυμο κλειδί στη σύνθεση των φαινολικών ουσιών. Τα επίπεδα TP που προσδιορίστηκαν σε κάθε δειγματοληψία κατά τη συντήρηση ήταν το τελικό αποτέλεσμα των δύο φαινομένων (βιοσύνθεση και οξειδωση) και μειωμένες τιμές καταγράφηκαν όταν η ένταση οξειδωσης τους ήταν μεγαλύτερη από την ένταση βιοσύνθεσής τους.

Η μεγάλη εμπορική και οικονομική δυνατότητα που δίνουν τα κεράσια στους παραγωγούς και μεταπωλητές, αντισταθμίζεται από το πόσο ευάλωτα και δύσκολα διαχειρίσιμα είναι μετασυλλεκτικά. Συμπερασματικά από τα δεδομένα της παρούσας εργασίας, αλλά και άλλων φαίνεται ότι η εφαρμογή εδώδιμων μεμβρανών για την περαιτέρω συντήρησή τους αποδεικνύεται ιδιαίτερα αποτελεσματική. Στις περισσότερες μετρήσεις η εφαρμογή της χιτοζάνης είναι αυτή με τα καλύτερα αποτελέσματα, οπότε και θα προτεινόταν η εμπορική της χρήση, ιδιαίτερα στα πλαίσια της εξασφάλισης μιας λύσης φιλικής προς το περιβάλλον παραγκωνίζοντας τις μέχρι τώρα πλαστικές μεμβράνες.

Παρόλα αυτά ενδιαφέρον έχει η περαιτέρω μελέτη σχετικά με τις εδώδιμες μεμβράνες που προέρχονται από τον κάκτο της φραγκοσυκιάς *O. ficus-indica* και αυτό γιατί συμβάλλει ιδιαίτερα στη συντήρηση των κερασιών και των τροφίμων γενικότερα. Για να αποφεύγονται όμως μικροβιακές αλλοιώσεις, όπου ήταν και το κυριότερο μειονέκτημα της παρούσας μεμβράνης αυτή, θα πρέπει να δοκιμάστούν να ενσωματωθούν διάφοροι αντιμικροβιακοί παράγοντες (κιτρικό, σορβικό, ασκορβικό οξύ) ή να υπάρξει μια προεργασία στα κεράσια όπως είναι το ζεμάτισμα. Η διαχείριση των κλαδωδίων αποτελεί μια οικονομική και περιβαλλοντικά βιώσιμη λύση για την παραγωγή των εδώδιμων μεμβρανών, καθώς υπάρχουν σε πληθώρα από τις καλλιέργειες και εκτός από ζωοτροφή δεν έχουν άλλη χρήση.

Σε μελέτη που πραγματοποίησαν οι Gheribi κ.α 2018, έδειξαν ότι οι μεμβράνες που προέρχονται από πολυσακχαρίτη φραγκόσυκου *O. ficus-indica* και πλαστικοποιητή σορβιτόλη αποκτούν πιο ισχυρή δομή συγκριτικά με όσες έχουν γλυκερόλη, που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία.

Βιβλιογραφία

- Allegra, A. I. (2016). The influence of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating on the quality of 'Hayward' kiwifruit slices. *Postharvest Biology and Technology*, 120, 45-51.
- Allegra, A. S. (2017). The effectiveness of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating on post-harvest maintenance of 'Dottato' fig (*Ficus carica* L.) fruit. *Food packaging and shelf life*, 12, 135-141.
- Altenhofen, M., Krause, A. C. and Guenter, T. (2009). Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca²⁺ ions: effect of the plasticizer concentration. *Carbohydrate Polymers*, 77, 736-742.
- Amin, E. S.-S. ((October 01, 1970)). The mucilage of *Opuntia ficus-indica* mill. *Carbohydrate Research*, 15, 1, 159-161.
- Andrady, A. L. (1997). Elastic behavior of chitosan films. *Journal of Polymer Science*, 5, 307-521.
- Anker, M. B. (2001). Improved water vapour barrier of whey protein films by addition of an acetylated monoglyceride. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3, 81-92.
- Ayranci, E. &. (2003)). A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. *Food Chemistry*, 80, 423-431.
- Baldwin, E. A. (2002). Use of Protein in edible coatings for whole and minimally processed fruit and vegetables. *Protein-based films and coatings*, 501-515.
- Belalia, R. (2008). New bioactive biomaterials based on quaternized chitosan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 1582-1588.
- Brand-Williams, W. C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology* 28, 25-30.
- Cao, G. R. (1998.). Serum antioxidant capacity is increased by consumption of strawberries, spinach, red wine or vitamin C in elderly women. . *The Journal of Nutrition* 128, 2383-2390.
- Cheftel, J. C.-L. (1985). Amino Acids, Peptides, and Proteins in Food Chemistry, ed., O.R. Fennema, New York: Marcel Dekker, 245-369.
- Choi, W.-S. &. (2001). Physical and mechanical properties of pea protein based edible films. *Journal of Food Science*, 66, 319-322.
- Clare, D. A. (200). Bioactive Milk Peptides: A Prospectus. *Journal of Dairy Science*, 83, 1187-1195.
- Del-Valle, V. H.-M. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, 91(4), 751-756.

- Donhowe, I. G., and Fenema, O. 1994. In J. M. Kroachta, E. A. Baldwin, & M. Nisperos_Carriedo (Eds), *Edible coatings and films to improve food quality* (pp. 1-25). Lancaster: Technomic Publishing Co.
- Dr.Eugene Kupferman, D. M. (2020). *An introduction to Cherry quality and handling*,. Ανάκτηση από [http:// www.postharvest.wsu.edu.html](http://www.postharvest.wsu.edu.html)
- Du, J. G. (1997). Effects of chitosan coating on the storage of peach, Japanese pear and kiwi fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci*, 66, 15-22.
- Espino-Díaz, M. D.-P.-T.-C.-F. (2010). Development and characterization of edible films based on mucilage of *Opuntia ficus-indica* (L.). *Journal of food science*,, 75(6), E347-E352.
- FAO. (2013). *Agro-industrial utilization of cactus pear. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 168 pp.
- Ferretti, G.; Bacchetti, T.; Belleggia, A.; Neri, D. Cherry Antioxidants: From Farm to Table. *Molecules* 2010, 15 (10), 6993–7005.
- Flores, S. F. (2007a). Physical properties of tapioca-starch edible films: Influence of film making and potassium sorbate. *Food Research International*, 40, 257-265.
- Flores, S. F. (2007a). Physical properties of tapioca-starch edible films: Influence of film making and potassium sorbate. *Food Research International*, 40, 257-265.
- Gao, L. a. (1995). Characterization, quantification and distribution of anthocyanins and colorless phenolics in sweet cherries. *Agric. Food Chem*, 43: 343-346.
- Gennadios, A. & Weller, C. L. (1990). Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Technology*, 44, 63-69.
- Gheribi, R. P.-G. (2018). Development of plasticized edible films from *Opuntia ficus-indica* mucilage: A comparative study of various polyol plasticizers. *Carbohydrate polymers*, 190, 204-211.
- Gidley, M. J.-S. (1993). *Low moisture polysaccharide systems: thermal and spectroscopic aspects. Nottingham: University Press*, 303-316.
- Greener Donhowe, I. &. (1994). *Edible films and coatings : characteristics, formation definitions and testing methods* .
- Guilbert, S. G. (1996). *Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings*. *LWT-Food Science and Technology*,.
- Guilbert, S. G. (1996). Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. *LWT-Food Science and Technology*, 29, 10-17.
- Han, C. Z. (2004)). Edible coating to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 33, 67-78.
- Han, J. H. (2005). Edible films and coatings: A review. *nnovations in Food Packaging, (Food Science and Technology International*., 239-262.
- Hernández, E. (1994). Edible coatings from lipids and resins. *Edible coatings and films to improve food quality*, , 279-303.
- J.M. Kroachta, E. B.-C. (n.d.). *Edible films and coatings to improve food quality*. Lancaster: Technomic Publishing company.

- Jiménez, A. F. (2010). Effect of lipid selfassociation on the microstructure and physical properties of hydroxypropylmethylcellulose edible films containing fatty acids. *Carbohydrate Polymers*, 82, 585-593.
- Kalplan, D. L. (1993). Fundamental of biodegradable polymer. *Biodegradable Polymers and Packaging*. Lancaster: Technomic Publishing, 1-42.
- Kamper, S. L. (1985). Use of an Edible Film to Maintain Water Vapor Gradients in Food,. *Journal of Food Science*, 50, 382-384.
- Kerch, G. S. (2011). Effect of chitosan and chitooligosaccharide on vitamin C and polyphenols contents in cherries and strawberries during refrigerated storage. *European Food Research and Technology*,, 233(2), 351-358.
- Kupferman, E., Gutzwiler, J., Buchanan, N. and Sater, C. 2003. Quality of the 2001 crop of Washington apples: A report to the Washington fruit industry. 61p. <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/EMK2003B.pdf>.
- Lin, D. &. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6, 60-75.
- Marques, P. T.-F. (2006). Thermal properties and stability of cassava starch films crosslinked with tetraethylene glycol diacrylate. *Polymer Degradation and Stability*,, 91, 726-732.
- McHugh T., H. (2000). Protein-lipid interactions in edible films and coatings. 148-151.
- Milena Petriccione, F. D. (2015). The Effect of Chitosan Coating on the Quality and Nutraceutical Traits of Sweet Cherry During Postharvest Life. *Food Bioprocess Technol*, 8:394–408.
- Miller, K. S. (1997). Oxygen and aroma barrier properties of edible films: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 8, 228-237.
- Morillon, V. D. (2002). Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*,, 42, 67-89.
- Nisperos-Carriedo MO. (1994). Edible coatings and films based on polysaccharides.
- Orliac, O. R. (2003). Effect of various plasticizers on the mechanical properties, water resistance and aging of thermo-moulded films made from sunflower proteins. *Industrial Crops and Products*, 18, 91-100.
- Pappas, C. S. (2011). Quantitive determination of anthocyanins in three sweet cherry varieties using diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(1), 17-21.
- Pappas, C. S. (n.d.). *Quantitive paramet*.
- Pasquariello, M. S. (2015). Influence of postharvest chitosan treatment on enzymatic browning and antioxidant enzyme activity in sweet cherry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 109, 45-56.
- Petriccione, M.; de Sanctis, F.; Pasquariello, M.S.; Mastrobuoni, F.; Rega, P.; Scortichini, M.; Mencarelli, F. The effect of chitosan coating on the quality and nutraceutical traits of sweet cherry during postharvest life. *Food Bioprocess Technol*. 2015, 8, 394–408.
- Phan The, D. D. (2005). Fuctional properties of edible agar-based and starch-

- based films for food quality preservation. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, 973-981.
- Qi Feng Dang, Yan J. Q., Li, Y., Cheng, X. J., Liu, C. S., & Chen, X. G. (2010). Chitosan Acetate as an Active Coating Material and Its Effects on the Storing of *Prunus avium* L. *Journal of food science*, 75(2), S125-S131.
- R., M. (1992). Reporting of objective colour measurements. *HortScience*, 27, 1254-1255.
- Robards, K., Prenzler, P. D., Tucker, G., Swatsitang, P., & Glover, W. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*, 66, 401-436.
- Rodriguez-Felix A., C. M. (1988). Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). *Plant Foods Hum*, 38: 83-93.
- Rojas-Grau, M. A.-F.-B. (2009a). Edible coatings to incorporate active ingredients to freshcut fruits: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 20, 438-447.
- Rojas-Grau, M. A.-F.-B. (n.d.). Edible coatings to incorporate active ingredients to freshcut fruits: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 438-447.
- Romanazzi, G. (2010). Chitosan treatment for the control of postharvest decay of table grapes, strawberries and sweet cherries. *Fresh Produce—Special Issues: New Trends in Postharvest Management of Fresh Produce*, 4(1), 111-115.
- Romano, G. S. (2006). Sweet cherry quality in the horticultural production chain. *Stewart Postharvest*, 6, 1-9.
- Saenz, C. S. (2004). *Opuntia* spp. mucilage: a functional component with industrial perspectives. *J Arid Environ*, 57(3):275-290.
- Sandford, P. A. (1989). Chitosan: commercial uses and potential application. *New York: Elsevier Applied Science*, 51-69.
- Shen XL, W. J. (2010). Antimicrobial and physical properties of sweet potato starch films incorporated with potassium sorbate or chitosan. *Food Hydrocolloids*, 24, 285-290.
- Singleton, V. O.-R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- Sothornvit, R. O. (2007). Tensile properties of compression-molded whey protein sheets: Determination of molding condition and. *Journal of Food Engineering*, 78, 855-860.
- Thunwall, M. B. (2006). Compression molding and tensile properties of thermoplastic potato starch materials. *Biomacromolecules*, 7, 981-986.
- Tsaniklidis, G. K. (2017). The effect of postharvest storage temperature on sweet cherry (*Prunus avium* L.) phenolic metabolism and colour development. *Scientia Horticulturae*, 225, 751-756.
- Tsantili, E. S. (2010). Antioxidant concentrations during chilling injury development in peaches. *Postharvest Biology and Technology*, 57, 27-34.
- Tsantili E, Rouskas D, Christopoulos MV, Stanidis V, Akrivos J, Papanikolaou D (2007) Effects of two pre-harvest calcium treatments on physiological and quality parameters in 'Vogue' cherries during storage. *J Hort Sci Biotechnol* 82:657-663

- Usenik, V. D. (2005). Physicochemical changes of sweet cherry fruits related to application of gibberellic acid. *Food Chemistry*, 90: 663 – 671.
- Usenik, V. D. (2005). Physicochemical changes of sweet cherry fruits related to application of gibberellic acid. *Food Chemistry*,, 90: 663 – 671.
- Vargas, M. P.-M. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 496-511.
- Wallace, R. a. (2002). Evolution and systematics. Cacti: biology and uses. *University of California Press, Berkeley*, p. 1-21.
- Βασιλακάκης, Μ. Θ. (1990). *Μαθήματα Ειδικής Δενδροκομίας -Φυλλοβόλα Οπωροφόρα δένδρα*. Θεσσαλονίκη: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Αριστ. Πανεπεπ Θεσ/κης.
- Μαρθοπούλου, Δ. (2006). Μεταποίηση- τυποποίηση και εμπορία κερασιού.
- Ματσατσίνης, Ι. (2000). Τυποποίηση αγροτικών προϊόντων. *σημειώσεις εργαστηρίου*, σελ.73, σελ 70-72, σελ.43-44.
- Ποντίκης, 1996. Κ. ΕΙΔΙΚΗ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑ (Ακρόδρυα, Πυρηγόκαρπα, Λοιπά Καρποφόρα Τόμος 2). ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ.
- Χατζηχαρίσης, Ι., Καζαντζής Κ. 2014. Η Κερασιά και η καλλιέργειά της. Αγροτύπος.