



---

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΔΩΔΙΜΩΝ ΕΠΙΚΑΛΥΨΕΩΝ  
ΚΑΙ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ  
ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ ΣΕ  
ΦΡΕΣΚΟΤΕΜΑΧΙΣΜΕΝΑ ΑΧΛΑΔΙΑ ΚΑΙ  
ΚΥΔΩΝΙΑ

---

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

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
**ΠΑΠΑΕΥΘΥΜΙΟΥ ΕΥΘΥΜΙΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**  
ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ  
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΤΖΙΑ  
ΑΘΗΝΑ, 2019

*Αφιερωμένο στην οικογένειά μου....*

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας Ε.Μ.Π. κυρίας Κωνσταντίνας Τζιά.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Τζιά για την ευκαιρία που μου έδωσε να αναλάβω την εργασία αυτή, την εμπιστοσύνη, τις επιστημονικές συμβουλές και την καθοδήγηση σε όλα τα στάδια της υλοποίησης αυτής της εργασίας.

Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω και όλο το προσωπικό του εργαστηρίου και ιδιαίτερα τη Βιργινία Γιάννου, τους υποψήφιους διδάκτορες και επιστημονικούς συνεργάτες οι οποίοι ήταν πάντα διαθέσιμοι και πρόθυμοι να βοηθήσουν.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ μου, ανήκει φυσικά στην οικογένεια μου η οποία πάντα με στηρίζει καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής μου.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης της τεχνολογίας των εδώδιμων επικαλύψεων με ή χωρίς την ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών σε αυτές, σε φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια και κυδώνια. Τα αχλάδια τεμαχιζόταν σε 2 σχήματα, κύβους(18mm x 18mm) και τσιπς(6mm x 36mm), ενώ τα κυδώνια μόνο σε κύβους και εξετάστηκε η υποβάθμιση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών κατά την αποθήκευση υπό ψύξη.

Ως πρώτη ύλη χρησιμοποιήθηκαν αχλάδια και κυδώνια τα οποία αγοράστηκαν από τοπικό κατάστημα. Οι εδώδιμες επικαλύψεις που χρησιμοποιήθηκαν στα φρούτα ήταν το αλγινικό νάτριο, η υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HPMC), η χιτοζάνη, η καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (CMC) και η πηκτίνη σε περιεκτικότητα 1% w/v ως προς το επικαλυπτικό διάλυμα. Επιπλέον στη χιτοζάνη και τη πηκτίνη εφαρμόστηκαν τα φυσικά αντιμικροβιακά αιθέριο έλαιο μάραθου και αιθέριο έλαιο λεμονιού. Η θερμοκρασία αποθήκευσης των φρούτων ήταν 3°C.

Στα αποθηκευμένα δείγματα αχλαδιών και κυδωνιών έγιναν δειγματοληψίες ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Οι μετρήσεις στις οποίες υποβάλλονταν τα δείγματα φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων και με τις οποίες εξετάστηκε η ποιοτική τους υποβάθμιση ήταν η απώλεια βάρους, το χρώμα, η περιεχόμενη υγρασία %, το pH, η οξύτητα, η υφή, τα φαινορικά συστατικά καθώς και η βιταμίνη C. Επιπρόσθετα πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων με στόχο να εξετασθούν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων που έχουν διαφορετικό σχήμα, επικαλυπτική μεμβράνη ή διαφορετική φυσική αντιμικροβιακή ουσία ενσωματωμένη στις επικαλύψεις χιτοζάνης και πηκτίνης.

Από τις πέντε εδώδιμες επικαλύψεις που δοκιμάστηκαν στα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια, αυτές που ξεχώρισαν ήταν η χιτοζάνη και η πηκτίνη διότι διατηρούσαν σε μεγαλύτερο βαθμό συνολικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Σε αυτές τις επικαλύψεις ενσωματώθηκαν στη συνέχεια αιθέριο έλαιο μάραθου και αιθέριο έλαιο λεμονιού για να εξεταστεί εξίσου η επίδραση και των φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών σε συνδυασμό με εδώδιμη επικάλυψη στα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια και κυδώνια.

Οι επικαλυπτικές μεμβράνες έδρασαν θετικά σε ότι αφορά την απώλεια βάρους των δειγμάτων κατά την αποθήκευση και των δύο φρούτων καθώς τα επικαλυμμένα δείγματα παρουσίασαν μειωμένη απώλεια βάρους σε σχέση με τα μη επικαλυμμένα. Για τη μέτρηση του χρώματος στα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια η πηκτίνη και η χιτοζάνη σε συνδυασμό με τις φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες διατήρησαν καλύτερα τα δείγματα, καταγράφοντας τις μικρότερες μεταβολές. Για τα φρεσκοτεμαχισμένα κυδώνια αντίστοιχα πηκτίνη με ή χωρίς την ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών διατήρησε καλύτερα το χρώμα κατά την αποθήκευση. Στη διατήρηση της υγρασίας των αχλαδιών, οι επικαλύψεις της πηκτίνης και χιτοζάνης σε συνδυασμό με τα φυσικά αντιμικροβιακά έδωσαν τις μικρότερες απώλειες υγρασίας,

1% w/w, στα τεμαχισμένα αχλάδια. Στα φρεσκοτεμαχισμένα κυδώνια οι μικρότερες απώλειες υγρασίας καταγράφηκαν με την επικάλυψη της πηκτίνης.

Όσο αφορά τις μεταβολές του pH, αυτές δεν ήταν μεγάλες είτε με επικάλυψη είτε όχι. Και τα τσιπς αχλαδιών και οι κύβοι παρουσίαζαν συνεχώς τις ίδιες διακυμάνσεις και τιμές. Παρομοίως και με τα δείγματα των κυδωνιών μεταξύ τους. Επομένως κρίθηκε πως οι μεταβολές στο pH έχουν να κάνουν με το στάδιο της ωριμότητας που βρίσκονται τα φρούτα τη στιγμή της μέτρησης. Επιπλέον η οξύτητα μειώθηκε κατά κανόνα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης για τα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια με όλες τις μεμβράνες εκτός της CMC και της χιτοζάνης, με τις οποίες η οξύτητα αυξήθηκε ελάχιστα. Η μείωση της οξύτητας συναρτήσει του χρόνου παρατηρήθηκε και στα κυδώνια, δεν επηρεάστηκε όμως από τη μεμβράνη που χρησιμοποιήθηκε.

Στις μετρήσεις υφής, τα επικαλυμμένα δείγματα τεμαχισμένων αχλαδιών εμφάνισαν μικρότερες μεταβολές στην σκληρότητά τους από τα μη επικαλυμμένα, με τις επικαλύψεις της χιτοζάνης και της πηκτίνης με την ενσωμάτωση των φυσικών αντιμικροβιακών να εμφανίζουν τις μικρότερες μεταβολές. Τα μη επικαλυμμένα κυδώνια παρουσίασαν μεταβολές της σκληρότητάς τους, άνω του 50%, ενώ αυτά με επικαλύψεις πηκτίνης με ή χωρίς φυσικά αντιμικροβιακά και χιτοζάνης με ενσωμάτωση φυσικής αντιμικροβιακής ουσίας αιθέριο έλαιο λεμονιού διατήρησαν σχεδόν σταθερή την υφή κατά την αποθήκευση.

Στις μετρήσεις των συστατικών στο αχλάδι, η πηκτίνη, το αλγινικό νάτριο και η χιτοζάνη βρέθηκε πως ήταν οι ιδανικές επικαλύψεις καθώς διατηρούσαν τα φαινολικά συστατικά με μικρές απώλειες κατά την αποθήκευση. Η βιταμίνη C παρουσίασε μειωμένες απώλειες σε όλα τα επικαλυμμένα δείγματα και αυξημένες στα μη επικαλυμμένα. Στα κυδώνια αντίστοιχα οι επικαλύψεις της χιτοζάνης και της πηκτίνης περιόρισαν τις απώλειες των συστατικών σε σχέση με αυτές των μη επικαλυμμένων κυδωνιών. Η πηκτίνη ιδιαίτερα, ξεχώρισε διότι συγκράτησε περί τα 2/3 της αρχικής συγκέντρωσης των συστατικών αυτών κατά την αποθήκευση.

Συμπερασματικά, από τα δύο είδη τεμαχισμού που εφαρμόστηκαν στο αχλάδι βρέθηκε πως τα τσιπς αχλαδιών αλλοιώνονται γρηγορότερα από τους κύβους, ειδικά για τις μετρήσεις της απώλειας βάρους, χρώματος και της υφής. Οι πιο αποτελεσματικές από τις πέντε επικαλύψεις που εφαρμόστηκαν για στη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των φρούτων κατά την αποθήκευση βρέθηκαν αυτές της χιτοζάνης και της πηκτίνης. Με την ενσωμάτωση των φυσικών αντιμικροβιακών οι επικαλύψεις διατήρησαν ακόμα καλύτερα το χρώμα και την υφή των αχλαδιών κατά την αποθήκευση, ενώ στα κυδώνια είχαν μικρότερη επίδραση, παρόμοια με αυτή των επικαλύψεων χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακής ουσίας. Στη διατήρηση των θρεπτικών συστατικών καλύτερη επικάλυψη αποδείχθηκε η πηκτίνη στα τεμαχισμένα κυδώνια ενώ στα τεμαχισμένα αχλάδια οι επικαλύψεις της πηκτίνης και της χιτοζάνης είχαν παρόμοια αποτελέσματα. Τέλος επικάλυψη η οποία έφερε τα λιγότερο ικανοποιητικά αποτελέσματα συνολικά, ήταν αυτή της CMC καθώς δεν απέδωσε τα

αναμενόμενα στην διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των τεμαχισμένων αχλαδιών κατά την αποθήκευση.

## Abstract

### Application of edible coatings and incorporation of natural antimicrobials in fresh-cut pears and quinces

The aim of this thesis is to study the effect of edible coating technology with or without incorporation of natural antimicrobials on fresh-cut pears and quinces. The pears were cut into 2 shapes, cubes (18mm x 18mm) and chips (6mm x 36mm), while the quinces were cut only into cubes and the degradation of their quality characteristics during storage under cooling was examined.

Pears and quinces were used as raw materials purchased from a local store. The edible coatings used on the fruits were sodium alginate, HPMC, chitosan, CMC and pectin at a concentration of 1% w/v relative to the coating solution. In addition, natural antimicrobials fennel essential oil and lemon essential oil were incorporated to the chitosan and pectin edible coatings. The fruit storage temperature was 3oC.

At regular intervals, samples of stored pears and quinces were taken. Weight loss, color, moisture content, pH, acidity, texture, phenolic components as well as vitamin C were measured. In addition, a statistical analysis of the results of the measurements was performed in order to examine any significant differences between the samples having different shape, edible coating or different natural antimicrobials incorporated in the coatings of pectin and chitosan.

Of the five edible coatings tested on fresh cut pears, the most notable were chitosan and pectin because they retained better the overall quality characteristics of fresh-cut pears. Fennel essential oil and lemon essential oil were then incorporated into these coatings to examine equally the effect of natural antimicrobials in combination with edible coating on fresh-cut pears and quinces.

The edible coatings had a positive effect on the weight loss of the samples during storage of both fruits as the coated samples showed a reduced weight loss compared to the uncoated ones. Pectin and chitosan membranes with natural antimicrobials maintained the color of fresh-cut pears, while pectin with or without natural antimicrobials retained better the color of the fresh-cut quinces in storage. By maintaining the moisture content of the fresh cut pears, it appeared that the cutting method did not affect moisture loss during storage. Pectin and chitosan coatings combined with natural antimicrobials gave the lowest moisture loss, 1% w/w. In fresh cut quinces, the lowest moisture losses were recorded by coating the pectin, while natural antimicrobials did not help to further reduce losses.

No changes in pH were observed, in either coated or non-coated samples for both fruits. Slicing method of the pear samples didn't affect pH changes either. Therefore, it was considered that changes in pH were related to the stage of ripeness of the fruit at the time of measurement. In addition, the acidity of fresh-cut pears



decreased during storage with all membranes except chitosan and CMC, in which case acidity increased. In quinces was observed a decrease in acidity also, but was not affected by the coating was used.

In the texture measurements, the coated samples of sliced pears showed smaller changes in their hardness than the uncoated ones, with coatings of chitosan and pectin incorporating natural antimicrobials exhibiting the smallest variations. Uncoated quinces exhibited variations in hardness above 50%, whereas those with pectin coatings with or without natural antimicrobials and chitosan incorporating natural antimicrobial lemon essential oil kept almost constant.

In pear nutrient measurements, pectin, sodium alginate and chitosan were found to be ideal coatings as they retained the phenolic ingredients with little loss in storage. Vitamin C in fresh cut pears showed reduced losses in all coated samples and increased in uncoated. The shape of the pears did not affect the nutrient changes. In quinces, respectively, the losses were higher in the nutrients because the storage time was longer. Chitosan and pectin coatings reduced nutrient losses during storage relative to those of uncoated quinces. The pectin, in particular, stood out because it retained about 2/3 of the initial nutrient concentration during storage.

In conclusion, Of the two types of slicing methods applied to pears, pear chips were found to deteriorate faster than cubes, especially their color, texture and weight loss. The most effective edible coatings in maintaining the quality characteristics of fresh cut fruits during storage appeared to be the chitosan and pectin membranes, and their effect was then examined using natural antimicrobials. By incorporating natural antimicrobial, edible coatings retained the color and texture of pears even better during storage, while they had a smaller effect on quinces, similar to coatings without antimicrobial incorporation. Better coating nutrient retention has been shown in pectin in fresh cut quinces whereas in fresh cut pears coatings of pectin and chitosan have had similar effects. Finally, the coating that produced the least satisfactory results overall was that of CMC as it did not perform as expected in maintaining the quality characteristics of fresh cut pears during storage.

## Περιεχόμενα

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	13
2 Φρούτα.....	15
2.1 Ορισμός φρούτου .....	15
2.2 Κατάταξη των φρούτων.....	15
2.3 Φυσιολογική ανάπτυξη φρούτων .....	16
2.4 Ωρίμανση φρούτου .....	17
2.5 Συστατικά και θρεπτική αξία φρούτων .....	18
2.5.1 Νερό .....	18
2.5.2 Υδατάνθρακες .....	18
2.5.3 Πρωτεΐνες.....	19
2.5.4 Λίπη .....	19
2.5.5 Βιταμίνες .....	19
2.5.6 Αντιοξειδωτικά συστατικά .....	20
2.5.7 Φαινολικά.....	20
2.6 Ποιοτική υποβάθμιση των φρούτων μετά τη συγκομιδή λόγω βιολογικών παραγόντων .....	22
2.6.1 Αναπνοή .....	22
2.6.2 Παραγωγή αιθυλενίου .....	22
2.6.3 Γήρανση.....	23
2.6.4 Αφυδάτωση .....	23
2.6.5 Ποιοτική υποβάθμιση λόγω τραυματισμού του φρούτου.....	24
2.6.6 Ποιοτική υποβάθμιση από μύκητες και παθογόνα βακτήρια.....	25
2.7 Ποιοτική υποβάθμιση των φρούτων μετά τη συγκομιδή λόγω περιβαλλοντικών παραγόντων .....	26
2.7.1 Θερμοκρασία.....	26
2.7.2 Υγρασία .....	27
2.7.3 Κίνηση αέρα .....	27
2.7.4 Σύσταση αέρα .....	27
2.8 Αποθήκευση φρούτων .....	28
2.9 Αχλάδι: Ιστορικά στοιχεία, καλλιέργεια και περιγραφή.....	33
2.10 Κυδώνι: Ιστορικά στοιχεία, καλλιέργεια και περιγραφή .....	38
2.11 Συστατικά αχλαδιού και κυδωνιού .....	41
3 Φρεσκοτεμαχισμένα ή ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα .....	43
3.1 Ορισμός.....	43
3.2 Ιστορία.....	43

3.3	Επιδράσεις της επεξεργασίας των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων στη φυσιολογία τους .....	44
3.4	Παράμετροι ποιότητας των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων .....	45
3.4.1	Επιλογή της σωστής ποικιλίας .....	46
3.4.2	Επιλογή της κατάλληλης ωριμότητας πριν τον τεμαχισμό.....	47
3.4.3	Εξωτερική εμφάνιση – έλεγχος του ενζυμικού μαυρίσματος.....	47
3.4.4	Υφή .....	48
3.4.5	Γεύση.....	49
3.4.6	Θρεπτική αξία.....	50
3.5	Επέκταση διάρκειας ζωής των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων.....	51
3.5.1	Διαχείριση θερμοκρασίας .....	51
3.5.2	Συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING (MAP)) .....	52
3.5.3	Υγρασία .....	53
3.5.4	Εδώδιμες επικαλύψεις.....	53
3.6	Φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια και κυδώνια.....	54
4	Τεχνολογία εδώδιμων επικαλύψεων για τη συντήρηση των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων.....	57
4.1	Ιστορική αναδρομή της εφαρμογής της τεχνολογίας των εδώδιμων επικαλύψεων από το μεσαίωνα έως και σήμερα .....	57
4.2	Ορισμός.....	58
4.3	Ταξινόμηση και συστατικά των εδώδιμων επικαλύψεων.....	59
4.3.1	Υδροκολλοειδή .....	59
4.3.2	Λιπίδια.....	61
4.3.3	Σύνθετα υλικά .....	62
4.4	Εδώδιμες μεμβράνες από κολλοειδή πολυσακχαριτών .....	63
4.4.1	Παράγωγα κυτταρίνης.....	63
4.4.2	Πηκτίνη.....	65
4.4.3	Χιτοζάνη .....	66
4.4.4	Αλγινικά άλατα .....	67
4.4.5	Άλλες μεμβράνες από κολλοειδή πολυσακχαριτών.....	67
4.4.6	Εδώδιμες μεμβράνες από κολλοειδή πρωτεϊνών .....	67
4.5	Μέθοδοι εφαρμογής των επικαλυπτικών μεμβρανών στη βιομηχανία .....	68
4.5.1	Εμβάπτιση .....	68
4.5.2	Ψεκάσμος.....	69
4.6	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εδώδιμων μεμβρανών .....	69

4.7 Υγιεινή και ασφάλεια .....	70
4.8 Εφαρμογή εδώδιμων επικαλυπτικών στα φρέσκα ή ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα .....	72
4.8.1 Πλαστικοποιητές .....	73
4.8.2 Αντιμικροβιακές ουσίες .....	73
4.9 Προοπτικές και νέες τάσεις.....	73
4.10 Εδώδιμες επικαλύψεις στο αχλάδι και το κυδώνι .....	76
5 Φυσικά αντιμικροβιακά .....	78
5.1 Εισαγωγή.....	78
5.2 Ιστορική αναδρομή αιθέριων ελαίων .....	79
5.3 Φυσικά αντιμικροβιακά φυτικής προέλευσης.....	79
5.3.1 Φυτικά φαινολικά.....	79
5.3.2 Αιθέρια έλαια και τα συστατικά τους .....	80
5.4 Ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών σε εδώδιμες μεμβράνες .....	83
5.4.1 Οργανικά οξέα και τα άλατά τους.....	84
5.4.2 Αντιμυκητιακά .....	84
5.4.3 Νισίνη.....	84
5.4.4 Λυσοζύμη .....	84
5.4.5 Εκχυλίσματα φυτών .....	84
5.4.6 Αντιμικροβιακά ιόντα αργύρου .....	85
6 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....	86
6.1 Σκοπός.....	86
6.2 Υλικά και μέθοδοι.....	86
6.2.1 Πρώτες ύλες και αντιδραστήρια .....	86
6.2.2 Όργανα-Συσκευές.....	87
6.3 Πειραματική διαδικασία .....	87
6.3.1 Παρασκευή εδώδιμων μεμβρανών, φυσικών αντιμικροβιακών και διαλύματος κιτρικού οξέος .....	87
6.3.2 Προετοιμασία δειγμάτων αχλαδιών και κυδωνιών .....	88
6.3.3 Επικάλυψη φρεσκοτεμαχισμένων δειγμάτων αχλαδιών και κυδωνιών με τις εδώδιμες επικαλύψεις.....	88
6.3.4 Συχνότητα και διάρκεια μετρήσεων.....	89
6.4 Αναλύσεις - μετρήσεις .....	90
6.4.1 Μεταβολή του βάρους.....	90
6.4.2 pH.....	90
6.4.3 Οξύτητα.....	90

6.4.4 Χρώμα .....	91
6.4.5 Υφή-σκληρότητα.....	91
6.4.6 Υγρασία .....	91
6.4.7 Φαινολικά συστατικά .....	91
6.4.8 Μέθοδος προσδιορισμού βιταμίνης C.....	93
6.5 Σχεδιασμός πειραμάτων.....	93
6.6 Στατιστική ανάλυση.....	95
7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	96
7.1 Φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια .....	97
7.1.1 Μεταβολή βάρους .....	97
7.1.2 Μεταβολή του χρώματος.....	102
7.1.3 Μεταβολή της υγρασίας .....	105
7.1.4 Μεταβολή pH .....	109
7.1.5 Μεταβολή της οξύτητας.....	112
7.1.6 Μεταβολή της υφής .....	116
7.1.7 Φαινολικά συστατικά .....	123
7.1.8 Βιταμίνη C .....	126
7.1.9 Ανάλυση κυρίων συνιστωσών PCA.....	130
7.2 Φρεσκοτεμαχισμένα κυδώνια.....	138
7.2.1 Μεταβολή Βάρους .....	138
7.2.2 Μεταβολή χρώματος.....	140
7.2.3 Μεταβολή της υγρασίας .....	141
7.2.4 Μεταβολή pH .....	143
7.2.5 Μεταβολή της οξύτητας.....	145
7.2.6 Μεταβολή της υφής.....	146
7.2.7 Φαινολικά συστατικά .....	148
7.2.8 Βιταμίνη C .....	149
7.2.9 Ανάλυση κυρίων συνιστωσών PCA.....	150
8. Συμπεράσματα προτάσεις.....	156
Προτάσεις για το μέλλον .....	159
Βιβλιογραφία.....	161
Παράρτημα.....	168

## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα φρούτα είναι μαλακά, σαρκώδη, εδώδιμα φυτικά προϊόντα και λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε υγρασία θεωρούνται ιδιαίτερα ευαίσθητα για τυχόν αλλοιώσεις στο στάδιο της συγκομιδής. Γενικότερα, ο όρος φρούτα έχει επικρατήσει για εκείνα τα βοτανολογικά μέρη των φυτών που έχουν ωραία και αρωματική γεύση και είναι είτε φυσικά γλυκά είτε αποκτούν γλυκιά γεύση με προσθήκη ζάχαρης. Είναι από τα βασικά προϊόντα διατροφής καθώς πέραν της ωραίας γεύσης τους περιέχουν συστατικά τα οποία είναι αναγκαία και απαραίτητα για την υγεία και την ισορροπία του ανθρώπινου οργανισμού. Αυτά είναι το νερό, οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες, οι βιταμίνες, τα αντιοξειδωτικά και οι φαινολικές ουσίες.

Τα φρούτα αποτελούν μία από τις πιο σημαντικές πηγές εσόδων στην οικονομία της Ελλάδας, αφού ένα μεγάλο μέρος της παραγωγής αυτών εξάγεται σε όλο τον κόσμο. Τα ελληνικά φρούτα θεωρούνται από τα καλύτερα στην παγκόσμια αγορά καθώς πλεονεκτούν σε γεύση και ποιότητα σε σχέση με τα ανταγωνιστικά προϊόντα άλλων χωρών.

Τα φρούτα λόγω της φυσιολογίας τους κατατάσσονται στα ιδιαίτερα ευπαθή προϊόντα καθώς μπορούν εύκολα να υποστούν μεταβολές είτε στο στάδιο της παραγωγής και της συγκομιδής, είτε κατά τη μεταφορά και την αποθήκευσή τους, αν δεν εφαρμοστούν όλοι οι απαραίτητοι κανόνες ασφάλειάς τους. Η ποιότητα και η ασφάλεια των τροφίμων έχει μεγάλη σημασία για τον καταναλωτή, και συνεπώς η βιομηχανία τροφίμων ελέγχει την ποιότητα και ασφάλεια των παραγόμενων τροφίμων, ενώ στην αγορά των προϊόντων οι έλεγχοι αυτοί διενεργούνται από τους φορείς ελέγχου των τροφίμων. Η νομοθεσία των τροφίμων καθορίζει τις συνθήκες παραγωγής και διακίνησης των τροφίμων όπως και τις προδιαγραφές για τους παράγοντες ποιότητας και ασφάλειας αυτών. Επίσης οι καταναλωτές απαιτούν όλο και περισσότερα προϊόντα διατροφής που να διατηρούν τη διατροφική τους αξία, να διαθέτουν ένα φυσικό και φρέσκο χρώμα, ευχάριστη γεύση και υφή, και να περιέχουν λιγότερα πρόσθετα όπως συντηρητικά. Αυτές οι απαιτήσεις μαζί με την ιδιαίτερη ευαισθησία των φρούτων θέτουν νέες προκλήσεις για τους παραγωγούς και τη βιομηχανία τροφίμων.

Τα τελευταία χρόνια οι καταναλωτές απαιτούν ολοένα και περισσότερο να αγοράζουν 'έτοιμα' προϊόντα, δηλαδή προϊόντα τα οποία δεν θα χρειάζονται ή θα απαιτούν μία ελάχιστη επεξεργασία προτού καταναλωθούν. Εδώ λοιπόν είναι που η βιομηχανία έρχεται να ικανοποιήσει τις ανάγκες του αγοραστικού κοινού και προχωρά στη δημιουργία της κατηγορίας των ελαφρώς επεξεργασμένων ή μεταποιημένων φρούτων. Οι φέτες μήλου καθώς και οι φρουτοσαλάτες που πωλούνται ήδη στα σούπερ μάρκετ ή σε μανάβικα είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα της κατηγορίας αυτής.

Οι βασικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα για την προετοιμασία ενός ελαφρώς επεξεργασμένου προϊόντος είναι η αποφλοιώση, ο τεμαχισμός και το

πλύσιμο. Εδώ όμως η βιομηχανία τροφίμων έρχεται αντιμέτωπη με ακόμη μεγαλύτερες δυσκολίες καθώς η αφαίρεση του φλοιού κατά τη διαδικασία της μεταποίησης έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται δραματικά η διάρκεια ζωής του φρούτου, αφού το εσωτερικό σαρκώδες μέρος του φρούτου έρχεται σε επαφή με την ατμόσφαιρα και τους διάφορους μικροοργανισμούς αλλοίωσης. Για να ξεπεραστούν αυτές οι δυσκολίες η βιομηχανία τροφίμων έχει αναπτύξει διάφορες τεχνικές. Αυτές είναι η συντήρηση των ελαφρώς επεξεργασμένων φρούτων σε ψύξη, η συντήρησή τους σε συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας, καθώς και η συντήρησή τους με την τεχνολογία των εδώδιμων επικαλύψεων που είναι και το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Οι επικαλύψεις αυτές αποτελούνται από λεπτά στρώματα προστατευτικών υλικών που εφαρμόζονται στην επιφάνεια του φρούτου ως αντικατάσταση του φυσικού προστατευτικού ιστού (φλούδα). Έτσι χρησιμοποιούνται ως ημιδιαπερατοί φραγμοί που συμβάλλουν στη μείωση της αναπνοής, καθυστερούν την απώλεια νερού και βοηθούν στη διατήρηση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων με συνέπεια τελικά να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του φρούτου. Επίσης οι εδώδιμες μεμβράνες μπορούν να συνδυαστούν με αντιοξειδωτικές ή αντιμικροβιακές ουσίες για περαιτέρω προστασία του φρούτου από την οξείδωση και την παρουσία μικροοργανισμών αντίστοιχα.

Δύο φρούτα που παρουσιάζουν μεγάλο ερευνητικό και εμπορικό ενδιαφέρον είναι το αχλάδι και το κυδώνι. Και τα δύο μπορούν να παραχθούν στην Ελλάδα. Το αχλάδι ιδιαίτερα παράγεται σε πολύ μεγάλες ποσότητες, περίπου στις 73 τόνους ετησίως λόγω της μεγάλης ζήτησης που υπάρχει για αυτό, ενώ το κυδώνι σε 5238 τόνους. Αυτά τα φρούτα έχουν τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν προηγουμένως όπως υψηλή διατροφική αξία και από πλευράς γεύσης και από πλευράς συστατικών. Ωστόσο παρουσιάζουν και τις δυσκολίες που εμφανίζουν και τα υπόλοιπα φρούτα όσον αφορά τη συντήρησή τους. Ιδιαίτερα όταν μιλάμε για ελαφρώς επεξεργασμένα αχλάδια και κυδώνια, η αφαίρεση της φλούδας τους έχει ως συνέπεια στο φρούτο να δημιουργείται μαύρισμα στην εσωτερική του σάρκα σε διάστημα μόλις εντός ολίγων λεπτών. Επομένως για να αποφευχθεί αυτό θα πρέπει κανείς να δράσει με κάποια τεχνική που μπορεί να αναστείλει το ενζυμικό μαύρισμα ή οτιδήποτε άλλο που επιδρά αρνητικά στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του φρούτου.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται προσπάθεια συντήρησης των ελαφρώς επεξεργασμένων αχλαδιών και κυδωνιών σε μικρά κομμάτια κύβων ή τσιπς, αφού τους αφαιρεθεί η φλούδα. Έπειτα χωρίς χρονοτριβές (προκειμένου να μην υπάρξει αλλοίωση του χρώματος και άλλων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών) επικαλύπτονται με διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης και στη συνέχεια συντηρούνται σε ψύξη.

## 2 Φρούτα

Τα φρούτα είναι ένας πολύ βασικός τομέας προϊόντων διατροφής και αποτελούν βασικά συστατικά σε πολλά επεξεργασμένα τρόφιμα. Οι καταναλωτές απαιτούν ολοένα και περισσότερα προϊόντα διατροφής που διατηρούν τη διατροφική τους αξία, διατηρούν ένα φυσικό και φρέσκο χρώμα, γεύση και υφή, και περιέχουν λιγότερα πρόσθετα όπως τα συντηρητικά. Αυτές οι απαιτήσεις θέτουν νέες προκλήσεις για τους παραγωγούς και τους μεταποιητές φρούτων. Για αυτό πλέον υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός πρόσφατων ερευνών τόσο σχετικά με τη σημασία των φρούτων και των καρπών τους, στην υγεία του ανθρώπου όπως και για νέες τεχνικές για τη διατήρηση της θρεπτικής αξίας και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών που οι ίδιοι οι καταναλωτές απαιτούν. (Jongen, 2002).

### 2.1 Ορισμός φρούτου

Φρούτο, εξ ορισμού είναι το γλυκό και σαρκώδες προϊόν ενός δέντρου ή άλλου φυτού που περιέχει σπόρους στη σάρκα του και μπορεί να καταναλωθεί ως τρόφιμο. Τα φρούτα ως τελικά προϊόντα ποικίλουν σε είδη και μεγέθη, καθώς αναλόγως με την ποικιλία, την περιοχή που καλλιεργούνται και το στάδιο της ωρίμανσης που βρίσκονται διαφέρουν ως προς το μέγεθος, το χρώμα της φλούδας, τη γεύση καθώς και το πόσο χυμώδη σάρκα έχουν.

Το αχλάδι είναι ένα γλυκό, σαρκώδες και χυμώδες φρούτο που παράγεται από το δέντρο αχλαδιά και καταναλώνεται ευρέως από τον άνθρωπο είτε νωπό είτε μαγειρεμένο. Επειδή η αχλαδιά ευδοκίμει σε πολλά μέρη του πλανήτη, έχουν δημιουργηθεί χιλιάδες ποικιλίες αχλαδιών. Σε αυτές υπάρχουν αχλάδια μονόχρωμα (πράσινα, κόκκινα κτλ.) και δίχρωμα (πρασινοκόκκινα), σε μεγάλα και μικρά μεγέθη αλλά και πιο ζουμερά και πιο άγουρα.

Το κυδώνι είναι ένα ξινό και σαρκώδες φρούτο που είναι ελάχιστα χυμώδες και παράγεται από το δέντρο κυδωνιά. Ελάχιστες ποικιλίες από κυδώνια μπορούν να καταναλωθούν ωμά, επομένως χρησιμοποιούνται ευρέως στη μαγειρική. Το κυδώνι χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο σε πολύ μικρότερο βαθμό από ότι το αχλάδι. Υπάρχουν αρκετές ποικιλίες και στο κυδώνι οι οποίες διαφέρουν ως προς το σχήμα, το μέγεθός τους και τη γεύση τους, με την πλειονότητα αυτών να θεωρούνται ξινές και.

Παρακάτω δίνονται εκτενέστερα πληροφορίες για τα δύο φρούτα που μας ενδιαφέρουν.

### 2.2 Κατάταξη των φρούτων

Τα φρούτα συνήθως ταξινομούνται από την περιοχή ανάπτυξης ως εξής (Barrett et al., 2005):

- εύκρατης ζώνης



- υποτροπικής ζώνης
- τροπικής ζώνης

Η περιοχή που αναπτύσσεται το φρούτο και οι περιβαλλοντικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν κάθε περιοχή επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα των φρούτων. Παραδείγματα φρούτων που καλλιεργούνται στις παραπάνω ζώνες παρατίθενται παρακάτω.

Στις εύκρατες ζώνες έχουμε τα:

- σαρκώδη φρούτα (pome fruits), όπως το μήλο, το μούσμουλο και το **αχλάδι και το κυδώνι που μας ενδιαφέρουν**
- εμπύρηννοι καρποί (stone fruits), όπως βερίκοκο, κεράσι, νεκταρίνι, ροδάκινο, δαμάσκηνο κ.α.
- μουροειδή (Small fruits and berries), όπως σταφύλια (ευρωπαϊκά και αμερικανικά είδη), φράουλα, βατόμουρο, ακτινίδιο, φράουλα, σταφύλι κ.α.

Στις υποτροπικές ζώνες έχουμε τα:

- εσπεριδοειδή (Citrus fruits), όπως γκρέιπφρουτ, λεμόνι, πορτοκάλι, μανταρίνι και μανταρίνι κ.α.
- μη εσπεριδοειδή (Noncitrus fruits), όπως αβοκάντο, σύκο, ακτινίδιο, ελιά κ.α.

Στην τροπική ζώνη έχουμε τα:

- μεγάλα τροπικά φρούτα (Major tropical fruits), όπως μπανάνα, μάνγκο, παπάγια, ανανάς κ.α.
- μικρά τροπικά φρούτα (Minor tropical fruits), όπως φρούτα πάθους, ραμπουτάν, σαπότα, χουρμάς κ.α.

### 2.3 Φυσιολογική ανάπτυξη φρούτων

Ως γενική αρχή, η ανάπτυξη των φρούτων ως προς το βάρος και τον όγκο τείνει να είναι σιγμοειδής συνάρτηση. Καθώς αναπτύσσονται λοιπόν τα φρούτα αρχικά υπάρχει μία περίοδος υψηλού μεταβολισμού που ωστόσο προκαλεί μια μικρή αύξηση στο μέγεθός τους (στάδιο I). Έπειτα στο επόμενο στάδιο υπάρχει μία περίοδο ταχείας αύξησης του μεγέθους τους λόγω διαφόρων βιοχημικών αλλαγών στο εσωτερικό τους (στάδιο II). Στο τελικό στάδιο, καθώς ο καρπός φθάνει στη φυσιολογική ωριμότητα, η αύξηση του μεγέθους επιβραδύνεται και ακολουθείται από μείωση του αναπνευστικού ρυθμού και μπορεί ακόμη και να σταματήσει, παρόλο που οι βιοχημικές αλλαγές μπορούν να συνεχιστούν (στάδιο III).

Σε έναν αριθμό φρούτων υπάρχει και ένα ακόμη στάδιο στο οποίο παρατηρείται μία νέα αύξηση του αναπνευστικού ρυθμού, η οποία ονομάζεται

κλιμακτηρική αύξηση και θα εξηγηθεί παρακάτω. Υπάρχουν περίπου τόσες παραλλαγές σε αυτό το μοτίβο, καθώς υπάρχουν διαφορετικοί τύποι φρούτων, αλλά ο σιγμοειδής τρόπος ανάπτυξης είναι συνήθως διακριτός. Το πορτοκάλι, το μήλο και το βερίκοκο είναι τυπικά παραδείγματα ανάπτυξης των φρούτων. (pessarakli, 2001)

## 2.4 Ωρίμανση φρούτου

Η ωρίμανση είναι η ολοκλήρωση της ανάπτυξης ενός καρπού μέχρι το σημείο στο οποίο είναι φυσιολογικά αρκετά ώριμο για να διαχωριστεί από το μητρικό φυτό. Τυπικά, αυτό είναι το σημείο στο οποίο οι σπόροι του είναι βιώσιμοι (όταν θα αποχωριστούν από το μητρικό φυτό). Ωστόσο η ωρίμανση ενός φρούτου από βοτανολογική άποψη διαφέρει και δεν πρέπει να σχετίζεται με την ωριμότητα που πρέπει να έχει ένα φρούτο για να εισέλθει στην αγορά και να καταναλωθεί από τον άνθρωπο με ασφάλεια και χωρίς επιπτώσεις στην υγεία του.

Επίσης η ωρίμανση ενός φρούτου δεν συντελείται μόνον καθώς αυτό δεν έχει αποκολληθεί από το μητρικό φυτό, αλλά μπορεί να συμβαίνει και μετά την αποκόλλησή του. Για αυτό το λόγο ξεχωρίζουν δύο κατηγορίες φρούτων, τα κλιμακτηρικά και τα μη κλιμακτηρικά. Τα μη κλιμακτηρικά φρούτα (όπως οι φράουλες, τα σταφύλια και τα εσπεριδοειδή) καταναλώνονται τη περίοδο συλλογής τους, καθώς δεν έχουν μετασυλλεκτικό κύκλο ωρίμανσης. Από την άλλη μεριά τα κλιμακτηρικά φρούτα (όπως οι τομάτες, τα μήλα και τα αχλάδια) τα οποία κατά τη συλλογή από το μητρικό φυτό θεωρούνται άγουρα. Επομένως χρειάζονται ένα μετασυλλεκτικό κύκλο ωρίμανσης στον οποίο αυξάνεται ο ρυθμός αναπνοής τους, με συνέπεια την αυξημένη παραγωγή CO<sub>2</sub> (έως και δέκα φορές παραπάνω), τη χαλάρωση των ιστών, την πιθανή μεταβολή του χρώματος του φλοιού καθώς και τη μετατροπή του αμύλου και των οξέων σε σάκχαρα. Σε γενικές γραμμές, τα φρούτα γίνονται πιο γλυκά καθώς αυξάνεται η περιεκτικότητά τους σε ζάχαρη, πιο πολύχρωμα, και πιο μαλακά λόγω της παραγωγής αιθυλενίου καθώς ωριμάζουν. Έπειτα τα φρούτα αυτά θεωρούνται κατάλληλα για κατανάλωση. Το κυδώνι και το αχλάδι που αποτελούν τα φρούτα της εργασίας αυτής κατατάσσονται στην κατηγορία των κλιμακτηρικών φρούτων καθώς μετά τη συγκομιδή τους χρειάζονται ένα χρονικό διάστημα κατά την αποθήκευσή τους, προκειμένου να ωριμάσουν και να είναι έτοιμα για κατανάλωση (pessarakli, 2001).

Τα αχλάδια είναι ικανά να αναπτύσσουν μία καλή ποιότητα κατά την ωρίμανση μόνο αν συγκομιστούν με σωστή ωριμότητα. Τα αχλάδια που συγκομίζονται σε ακατάλληλη ωριμότητα είναι πιο ευαίσθητα στις φυσιολογικές διαταραχές και έχουν μικρότερη διάρκεια αποθήκευσης. Το αχλάδι και το κυδώνι αφού αφεθούν να ωριμάσουν για κάποιους μήνες σε ψύξη, όπως θα αναφερθεί παρακάτω, έπειτα χρειάζονται 4-7 days στους 20°C προκειμένου να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή ωρίμανσή ώστε να αποκτήσουν την υφή, το άρωμα και τη γεύση που τα διακρίνει (Gross et al, 2016).

## 2.5 Συστατικά και θρεπτική αξία φρούτων

Τα φρούτα είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία, με το βασικότερο συστατικό τους να είναι το νερό. Η σύνθεση και η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων τους μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το γενότυπο, τους προσυλλεκτικούς παράγοντες, το στάδιο ωριμότητας κατά τη συγκομιδή, τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς και τις συνθήκες αποθήκευσης. Οι θρεπτικές ιδιότητες των φρούτων είναι αυτές που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την τελική απόφαση του καταναλωτή να προβεί ή όχι στην αγορά ενός τέτοιου προϊόντος (Lamikanra, 2002).

Η σύσταση των φρούτων μπορεί να επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό από την ποικιλία και την ωριμότητά τους. Η περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία των φρούτων κυμαίνεται μεταξύ 10-20%. Τα κύρια στερεά συστατικά είναι σάκχαρα, πολυσακχαρίτες, και οργανικά οξέα, ενώ αζωτούχες ενώσεις και λιπίδια βρίσκονται σε πολύ μικρότερες ποσότητες. Στα δευτερεύοντα συστατικά ανήκουν χρωστικές και αρωματικές ουσίες που είναι σημαντικές για την οργανοληπτική ποιότητα, όπως και βιταμίνες και ανόργανα συστατικά σημαντικά για τη διατροφική αξία (Belitz et al., 2009).

Τα κυριότερα συστατικά των φρούτων περιγράφονται παρακάτω.

### 2.5.1 Νερό

Το νερό αποτελεί κυρίαρχο κατά βάρος συστατικό των φρούτων το οποίο κυμαίνεται από 80-90%. Μικρές διαφορές είναι πιθανό να εμφανίζονται ακόμη και στο ίδιο φρούτο, είτε λόγω του διαφορετικού είδους φρούτου, είτε λόγω της διαθεσιμότητας νερού κατά την καλλιέργεια. Το ποσοστό του νερού στα αχλάδια είναι 83,96%, ενώ στο κυδώνι είναι 83,80% (Joseph, 1989);(<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>).

### 2.5.2 Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες ( $C_x(H_2O)_y$ ) σχηματίζονται στα φυτά με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, όταν το νερό ( $H_2O$ ) και το διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ) συνδυάζονται για να παράγουν υδατάνθρακες ( $C_x(H_2O)_y$ ) και οξυγόνο ( $O_2$ ). Υπό τη μορφή του αμύλου οι υδατάνθρακες αποτελούν το αποταμιευτικό υλικό, για παραγωγή ενέργειας, στα φυτά. Είναι εξαιρετικά σημαντικοί ως συστατικό των τροφίμων, στα οποία αποτελούν πηγή ενέργειας, παράγοντα γεύσης και στοιχείο της δομής τους (Τζιά et al., 2009).

Οι υδατάνθρακες απαντώνται στα φρούτα είτε ως σάκχαρα χαμηλού μοριακού βάρους (μονοσακχαρίτες και δισακχαρίτες) είτε ως υψηλού μοριακού βάρους πολυμερή (π.χ. άμυλο, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και πηκτίνες). Τα περιεχόμενα σάκχαρα είναι κυρίως η γλυκόζη και η φρουκτόζη. Τα υψηλότερα ποσοστά σε υδατάνθρακες στα φρούτα σημειώνονται στις μπανάνες με 22,2% (Joseph, 1989). Στο αχλάδι οι υδατάνθρακες έχουν ποσοστό 15,23% και στο κυδώνι 15,3% κατά βάρος (<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>)

### 2.5.3 Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες είναι πολύπλοκα μακρομόρια και αποτελούν περισσότερο από το 50% του ξηρού βάρους κυττάρων. Επομένως παίζουν καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία των κυττάρων κυρίως ως δομικά στοιχεία και ένζυμα τα οποία χρησιμεύουν σε φαινόμενα που αφορούν το μεταβολισμό (Τζιά et al., 2009). Επειδή ο ανθρώπινος οργανισμός δεν μπορεί να συνθέσει όλα τα απαραίτητα για τη λειτουργία του αμινοξέα, η κατανάλωση φρούτων κρίνεται απαραίτητη για την πρόσληψη σημαντικών αμινοξέων, όπως είναι η βαλίνη, η θρεονίνη, η τρυπτοφάνη, η λυσίνη και άλλα τα οποία θεωρούνται απαραίτητα για το μεταβολισμό (Joseph, 1989).

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στα περισσότερα φρούτα ποικίλει από 0,5% έως 1% κατά βάρος. Συγκεκριμένα στο αχλάδι είναι 0,36% και στο κυδώνι 0,40% κατά βάρος (<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>). Από τις υψηλότερες τιμές σε περιεκτικότητα πρωτεϊνών στα φρούτα διαθέτει το βύσσινο με 1,2% και το σταφύλι με 1,3%.

### 2.5.4 Λίπη

Το λίπος αποτελεί λιγότερο από το 1% του ξηρού βάρους ενός φρούτου, με εξαίρεση φρούτα όπως τα αβοκάντο και οι ελιές, που περιέχουν λίπος 16% και 14% αντίστοιχα. Το λίπος αποτελεί παράγοντα ανάπτυξης του φρούτου κατά την πρώιμη ανάπτυξη του (VACLAVIK & Christian, 2008). Το αχλάδι έχει περιεκτικότητα σε λίπη 0,14% κατά βάρος, ενώ το κυδώνι 0,1% αντίστοιχα (<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>).

### 2.5.5 Βιταμίνες

Τα φρούτα αποτελούν κυρίαρχες πηγές βιταμινών, όπως βιταμίνης C, βιταμίνης A, βιταμίνης B6 και θειαμίνης (βιταμίνη B1). Η βιταμίνη C είναι ένα από τα σημαντικότερα συστατικά της ανθρώπινης διατροφής και η παρουσία της στη διατροφή μας προέρχεται κυρίως από τα φρούτα. Οι μεγαλύτερες περιεκτικότητες σε βιταμίνη C στα φρούτα απαντώνται στις φράουλες, τα πορτοκάλια και το γκρέιπφρουτ. Εκτός από τη βιταμίνη C, οι βιταμίνες A, B6, η ριβοφλαβίνη και η θειαμίνη εντοπίζονται στα περισσότερα φρούτα σε ποσά που είναι συνήθως επαρκή προκειμένου να καλυφθούν οι ανθρώπινες ανάγκες σε αυτές (Joseph, 1989).

Τα φρούτα περιέχουν περισσότερο από 90% της βιταμίνης C σε υδατοδιαλυτή μορφή. Επομένως εμβάπτιση του φρούτου σε νερό ή θέρμανση του, συνεπάγεται απώλεια βιταμίνης C. Ωστόσο οι απώλειες είναι μεγαλύτερες κατά τη θέρμανση (VACLAVIK & Christian, 2008).

Η βιταμίνη C είναι η βιταμίνη που θα εξεταστεί στη παρούσα διπλωματική εργασία. Στο αχλάδι υπάρχει 4.3mg βιταμίνης C/100gr αχλαδιού, ενώ στο κυδώνι 15mg βιταμίνης C/100gr κυδωνιού (<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>)

### 2.5.6 Αντιοξειδωτικά συστατικά

Τα αντιοξειδωτικά μπορούν να προστατέψουν τον ανθρώπινο οργανισμό από τις ελεύθερες ρίζες καθώς έχουν την ικανότητά να επιβραδύνουν ή να παρεμποδίζουν την διαδικασία της οξειδωσης ενός υποστρώματος. Τα οξειδωτικά δρουν ως δότες ατόμων υδρογόνου στις ελεύθερες ρίζες και έτσι διακόπτουν τις αντιδράσεις διάδοσής τους (Τζιά et al., 2016).

Τα φρούτα είναι καλές πηγές αντιοξειδωτικών, όπως τα καροτενοειδή, το ασκορβικό οξύ, οι τοκοφερόλες, τα φλαβονοειδή και τα φαινολικά οξέα. Είναι γνωστό πως τα φαινολικά, καθώς και μερικά από τα άλλα αντιοξειδωτικά συστατικά, είναι που συνδέονται στενά με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των φρέσκων και επεξεργασμένων φρούτων. Για παράδειγμα τα καροτενοειδή συμβάλλουν στο χρώμα των φρούτων (κίτρινο έως πορτοκαλί και κόκκινο) ενώ τα φαινολικά συστατικά στην ανάπτυξη και την αίσθηση γεύσης. Οι φαινολικές ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που έχουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση, είναι υποστρώματα για ανεπιθύμητες οξειδωτικές αντιδράσεις ροδισμού που εμφανίζονται στα φρούτα όταν αυτά κόβονται από το μητρικό φυτό ή κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας τους.

Οι πιθανές ευεργετικές βιολογικές λειτουργίες των αντιοξειδωτικών, όπως το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), η α-τοκοφερόλη και σε ορισμένο βαθμό το β-καροτένιο (προβιταμίνη A) έχουν μελετηθεί εντατικά για τουλάχιστον 50 χρόνια και συνεχίζουν να λαμβάνουν υψηλή ερευνητική προσοχή. Προσφάτως, οι αντιοξειδωτικές λειτουργίες των φλαβονοειδών και άλλων φαινολικών ενώσεων έχουν λάβει αυξημένη προσοχή με σκοπό τη κατανόηση της δράσης τους στον ανθρώπινο οργανισμό. Τα φλαβονοειδή και άλλες φαινολικές ενώσεις είναι ιδιαίτερα άφθονες στα φρούτα. Ωστόσο, υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στα επίπεδα των συστατικών που αναφέρθηκαν, ανάλογα με το εξεταζόμενο είδος, το χρόνο συγκομιδής, το στάδιο ωρίμανσης των φρούτων, τη γεωγραφική προέλευση κ.λπ. (Jongen, 2002)

### 2.5.7 Φαινολικά

Τα φρούτα είναι εξαιρετικές πηγές φαινολικών συστατικών όπως προαναφέρθηκε. Μερικά φαινολικά είναι μοναδικά για ορισμένους καρπούς: για παράδειγμα, οι κινναμωμικοί εστέρες του τρυγικού οξέος στα σταφύλια, η φλοριζίνη στα μήλα και οι γλυκοσίτες φλαβηνόνης σε εσπεριδοειδή. Ωστόσο, δημοσιευμένα δεδομένα για το περιεχόμενο των φαινολικών στα φρούτα εξακολουθούν να είναι ατελή και συχνά περιορίζονται σε μερικές ποικιλίες.

Οι φαινολικές ενώσεις είναι μία σημαντική ομάδα βιολογικά δραστικών ενώσεων φυτικής προέλευσης που ενισχύουν τον οργανισμό και προλαμβάνουν ασθένειες. Επιδεικνύουν αποτελέσματα που προάγουν την υγεία, όπως μείωση της αρτηριακής πίεσης, μείωση των επιπτώσεων του καρκίνου και των καρδιαγγειακών παθήσεων. Οι φαινολικές ενώσεις έχουν ιδιαίτερα ισχυρή αντιοξειδωτική δράση όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η οποία σχετίζεται στενά με το αντιφλεγμονώδες και αντικαρκινικό αποτέλεσμα. Πολλές επιδημιολογικές μελέτες έχουν αποδείξει

σημαντική συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης τροφής πλούσιας σε φαινολικές ενώσεις και μειωμένου κινδύνου εμφάνισης καρδιαγγειακών και νευροεκφυλιστικών νόσων. Οι φαινολικές ενώσεις έχουν αποδειχθεί ότι έχουν ισχυρό αντιμικροβιακό και αντιϊικό αποτέλεσμα (Liaudanskas et al., 2017).

Η αύξηση των φαινολικών συστατικών θεωρείται γενικά θετικό χαρακτηριστικό που ενισχύει τη θρεπτική αξία των φρούτων και σχετίζεται με τα οργανοληπτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Για παράδειγμα διαταραχές όπως η εμφάνιση ενός καφετί χρώματος στην επιφάνεια των φρούτων μπορεί να σχετίζονται με αλλαγές στη συγκέντρωση των φαινολικών συστατικών (Veltman et al., 1999).

Στο αχλάδι τα κυριότερα φαινολικά συστατικά είναι υδροξυκινναμικά οξέα, αρβουτίνη, φλαβονόλες, κατεχίνες και προκυανιδίνες. Η μέση συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων στο πορτογαλικό αχλάδι βρέθηκε 3,7g/kg νωπού πολτού (Ferreira et al., 2002). Επίσης η παρουσία ισομερών χλωρογενικού οξέος, ρ-κουμαρμελκινικού και δικαφεοϋλκινικού οξέος στα αχλάδια έχουν αναφερθεί από διάφορους ερευνητές. Ο Oleszek και η ομάδα του (1994) ταυτοποίησαν το ρ-κουμαρμελκινικό οξύ ενώ οι Andrade et al. (1998) βρήκε το ρ-υδροξυβενζοϊκό οξύ στα αχλάδια. Από αυτά, η 3-O-καφεοϋλκινική και η 5-O-καφεοϋλκινική είναι τα κυριότερα φαινολικά οξέα του αχλαδιού πουρέ (Andrade et al., 1998). Η περιεκτικότητα σε καφεοϋλκινικό οξύ στα αχλάδια κυμαίνεται από 40 έως 140 mg/kg νωπού βάρους (Amiot et al., 1995; Blankenship and Richardson, 1985; Ferreira et al., 2002). Τα φλαβονοειδή βρίσκονται κυρίως στη φλούδα του αχλαδιού. Ο Herrmann (1976) ανέφερε ότι η φλούδα των αχλαδιών της ποικιλίας William's περιέχει 28 mg/kg κβερκετίνης και 12 mg/kg καμφερολίνης, ενώ η συνολική περιεκτικότητα σε φλαβονόλες στη σάρκα των αχλαδιών δεν υπερβαίνει τα 0,1 mg/kg. (Shahidi & Naczk, 2006)

Στο πουρέ κυδωνιού ανιχνεύθηκε και ταυτοποιήθηκε ένας αριθμός φαινολικών ενώσεων cis- και trans-3-O-καφεοϋλκινικό οξύ, cis και trans-5-O-καφεοϋλκινικό οξύ, κουρσετίνη 3-ραμνοσίδη, κβερκετίνη 3-ξυλοζίδη, κουρσετίνη 3-γαλακτοσίδη και ρουτίνη (Andrade et al. 1998). Αργότερα, οι Silva et al. (2000) προσδιόρισαν δύο επιπλέον φαινολικά, 4-O-καφεοϋλκινικό και προκυανιδίνη B3 καθώς και τέσσερις άγνωστες πολυμερείς προκυανιδίνες σε μαρμελάδα κυδωνιών, ενώ σε επόμενη έρευνα στο φλοιό των κυδωνιών αναγνωρίστηκαν άλλες 3 φαινολικές ενώσεις, 5-δι-καφεοϋλκινικό οξύ στον πολτό και τη φλούδα και η καμφερολ-3-γλυκοσίδη και η καμφερολίνη 3-ρουτινοσίδη μόνο στο φλοιό (Silva et al., 2002). Αυτοί οι συγγραφείς ανέφεραν πως ότι η συνολική περιεκτικότητα φαινολικών στον πολτό κυμαίνεται από 11,7 έως 268,3 mg/kg και μεταξύ 243 και 1738 mg/kg στο φλοιό. Τέλος η ρουτίνη και το 5-O-καφεοϋλκινικό οξύ οξύ είναι τα κυρίαρχα σε ποσότητα φαινολικά στην φλούδα, ενώ τα 3-O- και 5-O-καφεοϋλκινικά οξέα είναι τα κυρίαρχα στο πολτό (Silva et al., 2002). (Shahidi & Naczk, 2006)

## 2.6 Ποιοτική υποβάθμιση των φρούτων μετά τη συγκομιδή λόγω βιολογικών παραγόντων

Πολλοί παράγοντες μπορούν να οδηγήσουν σε απώλεια της ποιότητας των φρούτων και για αυτό χαρακτηρίζονται ως ευπαθή προϊόντα. Μερικοί από αυτούς τους παράγοντες είναι ένα μέρος του κύκλου ζωής των <ζωντανών> προϊόντων, δηλαδή η υπερ-ωρίμανση των καρπών ή συνέπειες της πράξης της συγκομιδής. Μόλις κοπεί από το μητρικό φυτό, το φρούτο στερείται την πηγή που αντλούσε νερό και θρεπτικά συστατικά. Ως συνέπεια, οι φυσιολογικοί παράγοντες όπως η αναπνοή και η διαπνοή οδηγούν τελικά στην απώλεια νερού και την ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος. Η ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών ή οι διάφορες μηχανικές καταπονήσεις θα προκαλέσουν άμεση απώλεια της ποιότητας του προϊόντος κυρίως εμφανισιακά, αλλά και θα επιταχυνθεί με το πέρασμα των ημερών και η συνολική υποβάθμιση της ποιότητάς του. Επιπλέον, το περιβάλλον αποθήκευσης θα διαδραματίσει πολύ σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της ταχύτητας άλλων παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα του φρούτου (Jongen, 2002).

### 2.6.1 Αναπνοή

Τα φρούτα είναι ζωτικά προϊόντα και ο ρυθμός αναπνοής τους έχει βασική σημασία για τη διατήρηση της ποιότητάς τους. Αναπνοή είναι η μεταβολική διαδικασία με την οποία τα κύτταρα μετατρέπουν την ενέργεια από το ένα τον τύπο της χημικής δομής σε μία άλλη μορφή πιο χρήσιμη στο κύτταρο για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του. Υπό κανονικές συνθήκες, τα νωπά προϊόντα υφίστανται αερόβια αναπνοή, κατά τη διάρκεια της οποίας καταναλώνεται οξυγόνο και γλυκόζη με παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, νερού και θερμότητας. Έχει παρατηρηθεί ότι, όσο μεγαλώνει το ποσοστό του νερού στο φρούτο κατά βάρος τότε το φρούτο έχει ανάγκη να αναπνέει σε μεγαλύτερο βαθμό. Εφόσον αυξάνεται η αναπνοή, μειώνεται και η ποιότητα του φρούτου ταχύτερα.

Κατά τη διαδικασία αποθήκευσης των φρούτων ο ρυθμός αναπνοής τους αυξάνεται δραματικά. Χωρίς προσεκτικό έλεγχο της θερμοκρασίας στο χώρο της αποθήκευσης, τα κλιμακτηρικά φρούτα ενδέχεται να υπερωριμάσουν, γεγονός που θα έχει ως συνέπεια την κατάρρευση των εσωτερικών ιστών, που συνεπάγεται μία κακή εξωτερική εμφάνιση, αλλά και εμφάνιση χαρακτηριστικών πτητικών ενώσεων που ίσως δώσουν στο φρούτο δυσάρεστη οσμή. Επομένως η αναπνοή των φρούτων επιδρά σε μεγάλο βαθμό στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους και σαφώς θα πρέπει να λαμβάνει την αντίστοιχη προσοχή από τους εμπόρους φρούτων (Jongen, 2002).

### 2.6.2 Παραγωγή αιθυλενίου

Το αιθυλένιο είναι μια οργανική ένωση ( $C_2H_4$ ) που παίζει βασικό ρόλο στην ωρίμανση και τη γήρανση των φρούτων. Όλα τα φυτικά κύτταρα παράγουν χαμηλά επίπεδα αιθυλενίου. Ωστόσο, οτιδήποτε προκαλεί άγχος στους ιστούς των φυτών θα



τονώσει τη σύνθεση αιθυλενίου. Μερικοί παράγοντες που προκαλούν άγχος στους ιστούς είναι η μεγάλη απώλεια νερού, η προσβολή από κάποιο παθογόνο μικροοργανισμό ή κάποιο χτύπημα εξωτερικά του φρούτου. Τα κλιμακτηρικά φρούτα παράγουν υψηλά επίπεδα αιθυλενίου κατά τη διάρκεια της έναρξης της ωρίμανσης και η ορμόνη πιστεύεται ότι τονώνει και συντονίζει το φυσιολογικές και βιοχημικές αλλαγές που εμφανίζονται κατά την ωρίμανση. Έκθεση σε εξωγενές αιθυλένιο μπορεί να οδηγήσει σε επιτάχυνση της ωρίμανσης και κατά συνέπεια της γήρανσης, παραδείγματος χάριν, τα πράσινα λαχανικά χάνουν τη χλωροφύλλη τους ταχύτερα, οι ίνες των σπαραγγιών σκληραίνουν, μπορεί να εμφανιστεί πρόωρη ωρίμανση σε άγγριους καρπούς και λάχανα και τα κουνουπίδια μπορεί να χάσουν τα φύλλα τους μέσω της επιτάχυνσης της αποκοπής των φύλλων.

Για το αχλάδι οι ρυθμοί παραγωγής αιθυλενίου είναι χαμηλοί στη συγκομιδή, δηλαδή μικρότεροι από  $0,1 \mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ , αλλά οι ρυθμοί αυξάνονται σταδιακά κατά την αποθήκευση στους  $-1,1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Μετά από 3 μήνες αποθήκευσης στους  $-1,1 \text{ }^\circ\text{C}$  και 1 ημέρα στους  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , η παραγωγή αιθυλενίου της ποικιλίας Αηζου ήταν  $0,5 \mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ , της Bosc,  $30 \mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$  και της Comice,  $30 \mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ . Αντίστοιχα και στο κυδώνι η αύξηση της παραγωγής του αιθυλενίου αναμένεται να ακολουθήσει την αντίστοιχη του αχλαδιού καθώς και τα δύο φρούτα ανήκουν στην ίδια ομάδα φρούτων (σαρκώδη φρούτα) και έχουν παρόμοια διαδικασία ωρίμανσης. Ωστόσο δεν υπάρχει ακόμα βιβλιογραφία σχετικά με τη βιοσύνθεση του αιθυλενίου στο κυδώνι. (Gross, et al., 2016)

### 2.6.3 Γήρανση

Η φυσική γήρανση των φυτικών ιστών διεγείρεται από την παρουσία του αιθυλενίου και οτιδήποτε άλλο που επιταχύνει τα ποσοστά αναπνοής όπως περιγράφεται παραπάνω. Η γήρανση επηρεάζει τελικά όλες τις πτυχές της ποιότητας, με κατάληξη το θάνατο του προϊόντος. Ορισμένες αλλαγές στη γήρανση μπορούν να επηρεάσουν τα επεξεργασμένα φρούτα, για παράδειγμα προκαλούν αλλαγές στη χημική και φυσική δομή του κυτταρικού τοιχώματος. Η ακεραιότητα του κυτταρικού τοιχώματος, η οποία επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη γήρανση, είναι σημαντική για την υφή ορισμένων επεξεργασμένων προϊόντων φρούτων. (Jongen, 2002)

### 2.6.4 Αφυδάτωση

Οι φυτικοί ιστοί καλύπτονται με προστατευτικούς ιστούς (φλούδα), οι οποίοι χρησιμεύουν για την προστασία του φυτού από επιθέσεις εντόμων και παθογόνων, σωματικές βλάβες και υπερβολική απώλεια νερού. Η φλούδα αποτελεί το πρωταρχικό προστατευτικό στρώμα, αλλά εάν το φρούτο υποβληθεί σε δευτερογενή ανάπτυξη, μπορεί να αναπτυχθούν φλούδες πολλαπλών στρώσεων, για παράδειγμα, τα μήλα ή οι πατάτες. Η φλούδα είναι επικαλυμμένη με ένα κηρώδες υλικό, ενώ τα κυτταρικά τοιχώματα επικαλύπτονται με υδρόφοβες ουσίες. Σκοπός των επικαλύψεων αυτών είναι να μειωθούν στο ελάχιστο οι απώλειες υγρασίας-νερού, ωστόσο η απώλεια καθ'



αυτή είναι αναπόφευκτη. Οι υδρατμοί μπορούν να διαπεράσουν την φλούδα και επίσης ένα μέρος τους ακόμη χάνεται από τους πόρους του φρούτου που χρησιμοποιούνται για τη διαδικασία της αναπνοής. Εάν η φλούδα έχει καταστραφεί, η απώλεια νερού μπορεί να είναι μαζική. Τα ώριμα όργανα των φυτών, όπως τα στελέχη, οι ρίζες και ορισμένα φρούτα, αναπτύσσουν ενισχυμένους ιστούς, ώστε να διατηρήσουν τη δική τους δομή. Ωστόσο, η παρουσία των ιστών αυτών δεν είναι επιθυμητή σε νωπά προϊόντα, διότι τα σκληραίνουν, και επομένως επιδρούν αρνητικά στην υφή των φρούτων. Η δομή και η υφή των νωπών προϊόντων εξαρτώνται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τη διατήρηση της εσωτερικής πίεσης των κυττάρων. Εάν χαθεί πολύ νερό από τους ιστούς, η πίεση του φρούτου θα μειωθεί, οδηγώντας σε μααρασμό ή συρρίκνωση του προϊόντος.

Η ταχύτητα της απώλειας υγρασίας μετά τη συγκομιδή εξαρτάται κυρίως από την εξωτερική πίεση. Ωστόσο και άλλοι παράγοντες επηρεάζουν την απώλεια υγρασίας. Τα προϊόντα με μεγάλη αναλογία επιφάνειας προς όγκο, όπως οι καλλιέργειες φύλλων, θα χάσουν μεγαλύτερο ποσοστό του νερού τους πολύ πιο γρήγορα από τα μεγάλα σφαιρικά φρούτα. Φρούτα με παχιά φλούδα μπορεί να χάσουν μία σημαντική ποσότητα υγρασίας χωρίς να διακυβεύεται η βρώσιμη ποιότητά τους, όπως οι μπανάνες. Ωστόσο, η εμφάνιση των φρούτων επιδεινώνεται σταθερά με την αύξηση της απώλειας νερού. Άλλα φρούτα με λεπτή επιδερμίδα είναι περισσότερο ευαίσθητα στην απώλεια νερού, για παράδειγμα τα επιτραπέζια σταφύλια. Επί πλέον, η αφυδάτωση όλων των προϊόντων μπορεί να διεγείρει την παραγωγή αιθυλενίου (Jongen, 2002).

#### 2.6.5 Ποιοτική υποβάθμιση λόγω τραυματισμού του φρούτου

Ο τραυματισμός του φρούτου είναι πιθανώς η πιο σημαντική αιτία απώλειας φρέσκων προϊόντων. Το τραύμα είναι ένα ιδανικό σημείο εισόδου για πολλούς παθογόνους μικροοργανισμούς. Ο τραυματισμός επιτρέπει επίσης την αυξημένη απώλεια νερού που θέτει σε κίνδυνο την ποιότητα του φρούτου. Επιπλέον, η σωματική βλάβη διεγείρει την παραγωγή αιθυλενίου στο εσωτερικό του φρούτου, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε πρόωρο κιτρίνισμα ή ωρίμανση του προϊόντος. Φυσική βλάβη μπορεί να προκύψει σε οποιοδήποτε στάδιο της ζωής της καλλιέργειας, είτε από τραυματισμούς από έντομα είτε από κακούς και αδέξιους χειρισμούς κατά και έπειτα από τη συγκομιδή. Η κακή συσκευασία μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στο προϊόν από αιχμηρές άκρες ή από σκληρά τμήματά της. Μώλωπες μπορεί να προκύψουν από πτώση, συμπίεση ή αν το προϊόν είναι στοιβαγμένο χαμηλά και από πάνω του είναι επίσης στοιβαγμένα άλλα προϊόντα και με το βάρος τους το καταπονούν. Η διάρκεια ζωής πολλών νωπών προϊόντων μειώνεται σημαντικά λόγω των φυσικών βλαβών που προκαλούνται στο χειρισμό σε επίπεδο λιανικής πώλησης, ιδίως όταν το προϊόν είναι μαλακό (Jongen, 2002).

#### 2.6.6 Ποιοτική υποβάθμιση από μύκητες και παθογόνα βακτήρια

Οι σημαντικότεροι μικροοργανισμοί που προκαλούν αλλοιώσεις στα τρόφιμα μετά τη συγκομιδή είναι μύκητες. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα φρούτα, όπου οι σχετικά όξινες συνθήκες τείνουν να καταστέλλουν την ανάπτυξη των βακτηρίων. Η πλειοψηφία των παθογόνων μικροοργανισμών βασίζονται σε κατεστραμμένους ιστούς για να εισέλθουν στα φρέσκα προϊόντα (τραύματα ή περιοχές φυσιολογικής βλάβης). Για παράδειγμα, το είδος μικροοργανισμών *Penicillium* προκαλεί μπλε και πράσινες μολύνσεις μούχλας σε εσπεριδοειδή και άλλες καλλιέργειες φρούτων που έχουν τραύματα, παρ' όλα αυτά δεν είναι σε θέση να εισβάλουν σε φρούτα που είναι άθικτα-μη τραυματισμένα. Ένα ανέπαφο προϊόν είναι ανθεκτικό για την πλειονότητα των παθογόνων μικροοργανισμών, διότι το προστατεύει η φλούδα και διάφορες αντιμικροβιακές ουσίες. Μερικοί παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορούν να εισέλθουν μέσω φυσικών ανοιγμάτων, όπως η stomata και το lenticels. Τα φυσικά ανοίγματα θεωρούνται η πιο συνήθης διαδρομή διείσδυσης των μικροοργανισμών στα τρόφιμα. Η πιο κοινή ομάδα βακτηρίων που προκαλεί σημαντικές μειώσεις στη διάρκεια ζωής των φρούτων είναι το γένος *Erwinia*. Υπό κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και ενεργότητας νερού, τα βακτήρια μπορούν εύκολα να αποικίσουν τα φρούτα. Όταν αυτό συμβεί, στα φρούτα παράγονται μεγάλες ποσότητες εξωκυττάρων ενζύμων που γρήγορα μαλακώνουν τους ιστούς και προκαλούν σήψη και δυσάρεστες οσμές (Jongen, 2002).

Μόνο ένας μικρός αριθμός μυκητιακών παθογόνων μικροοργανισμών είναι ικανός για άμεση διείσδυση στην άθικτη επιφάνεια του προϊόντος. Συνολικά, αυτά τα τελευταία παθογόνα είναι ιδιαίτερα προβληματικά λόγω του γεγονότος ότι μπορούν να μολύνουν τα προϊόντα πριν από τη συγκομιδή, αλλά και να παραμένουν αδρανείς στους ιστούς των προϊόντων έως ότου οι συνθήκες γίνουν ευνοϊκές για την ανάπτυξή τους. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε μεγάλο βαθμό στα φρούτα. Το *Colletotrichum gloeosporioides* είναι ένα κοινός παθογόνος μικροοργανισμός που εμφανίζει αυτή τη συμπεριφορά σε διάφορα τροπικά φρούτα όπως το μάνγκο και η παπάγια. Το *Colletotrichum musae* προκαλεί παρόμοια συμπτώματα στις μπανάνες. Το *Botrytis cinerea* μπορεί επίσης να δείξει μία "ηρεμιστική" συμπεριφορά σε ορισμένα φρούτα, στην οποία ο μύκητας μολύνει αρχικά τα άνθη και αναπαράγεται εκεί μέσα, χωρίς ωστόσο να εμφανίζονται τα συμπτώματα στο φρούτο έως ότου ωριμάσει πλήρως. Έπειτα από την ωρίμαση η μόλυνση γίνεται προφανής και εξελίσσεται ταχύτατα σε βαθμό που οι αποικίες μπορούν να καλύψουν ολόκληρα τα φρούτα εντός μερικών ημερών στους 20 °C (Jongen, 2002).

Οι ασθένειες στο φλοιό των φρούτων μπορούν να παραμείνουν επιφανειακές, αλλά προκαλούν μεγάλες απώλειες στην αγορά λόγω της προβληματικής εμφάνισης του προϊόντος. Η βιομηχανία πατατών έχει σημαντικότερο πρόβλημα με αρκετές παθήσεις του φλοιού της πατάτας, όπως τα μαύρα στίγματα, τα οποία λόγω της θερμοκρασίας περιβάλλοντος που συνήθως επικρατεί στα καταστήματα λιανικής πώλησης εξαπλώνονται με γρήγορους ρυθμούς.

Συνολικά, οι μυκητιακές και βακτηριακές λοιμώξεις διεγείρονται υπό συνθήκες υψηλής υγρασίας και ιδίως από την υψηλή ενεργότητα νερού. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που προσβάλλουν φρούτα ποικίλουν ως προς την ικανότητά τους να μεγαλώνουν και να αναπαράγονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες και συνθήκες είτε πριν είτε μετά τη συγκομιδή. Ωστόσο, οι περισσότεροι θα αναπτύσσονται μεταξύ 6 και 35°C. Κάποιοι επιβιώνουν και αναπτύσσονται αργά ακόμη και σε θερμοκρασίες τόσο χαμηλές όσο 1°C, όπως για παράδειγμα, *B. cinerea*.

Τέλος ορισμένοι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορεί να επηρεάσουν τη βιομηχανία επεξεργασίας των νωπών προϊόντων, καθώς και μόνο η παρουσία μερικών μολυσμένων φρούτων με το μύκητα *Alternaria* μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή χυμού με άσχημο άρωμα. Οι μύκητες επίσης μπορούν και χρησιμοποιούν ένζυμα τα οποία καταστρέφουν το κυτταρικό τοίχωμα και μπορούν να προκαλέσουν ένα συνεχές μαλάκωμα των κονσερβοποιημένων προϊόντων, ακόμη και αφού ο μύκητας έχει θανατωθεί κατά τη διαδικασία της αποστείρωσης (Jongen, 2002).

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που μολύνουν τα αχλάδια κατά την αποθήκευση είναι αποτέλεσμα μιας αρχικής μόλυνσης των αχλαδιών πριν τη συγκομιδή ή μόλυνσης έπειτα της συγκομιδής λόγω λάθους χειρισμού. Οι ασθένειες μετά τη συγκομιδή που συναντώνται συνήθως στα αχλάδια μετά την αποθήκευση, είναι μπλε μούχλα, γκριζα μούχλα, πλευρική σήψη και άλλες.

Παρομοίως και το κυδώνι υπόκειται σε ασθένειες παρόμοιες με εκείνες που υπάρχουν στα αχλάδια και η θεραπεία με μυκητοκτόνα είναι απαραίτητη για την αποτροπή της αποσύνθεσης κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και της εμπορίας τους. (Gross et al, 2016)

## 2.7 Ποιοτική υποβάθμιση των φρούτων μετά τη συγκομιδή λόγω περιβαλλοντικών παραγόντων

### 2.7.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι ο σημαντικότερος περιβαλλοντικός παράγοντας που επηρεάζει το ποσοστό ποιοτικής υποβάθμισης των φρούτων πριν και μετά τη συγκομιδή. Για κάθε αύξηση 10°C (18°F) πάνω από τη βέλτιστη θερμοκρασία, ο ρυθμός υποβάθμισης αυξάνεται κατά δύο ή τρεις φορές. Η έκθεση σε ανεπιθύμητες θερμοκρασίες έχει ως αποτέλεσμα πολλές φυσιολογικές διαταραχές. Η θερμοκρασία αλλάζει τις εσωτερικές ισορροπίες της σύστασης αιθυλενίου, οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα στο φρούτο. Ο ρυθμός ανάπτυξης των παθογόνων μικροοργανισμών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία και ορισμένοι παθογόνοι, όπως η *Rhizopusrot*, είναι ευαίσθητοι σε χαμηλές θερμοκρασίες. Έτσι, η ψύξη των εμπορευμάτων κάτω από 5 °C αμέσως μετά τη συγκομιδή μπορεί να μειώσει σημαντικά τη συχνότητα εμφάνισης *Rhizopusrot*.

Διατηρώντας άθικτα τα φρούτα, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία είναι οι πιο σημαντικοί παράγοντες για τη διατήρηση της ποιότητας και της ελαχιστοποίησης των ζημιών μετά τη συγκομιδή. Καθυστερήσεις μεταξύ της συγκομιδής και της ψύξης μπορεί να οδηγήσει σε ποσοτικές απώλειες (λόγω απώλειας νερού και αποσύνθεσης) και ποιοτικές απώλειες (απώλειες γεύσης και διατροφικής ποιότητας). Η έκταση των ζημιών αυτών εξαρτάται από την κατάσταση του προϊόντος κατά τη συγκομιδή και τη θερμοκρασία του, που μπορεί να είναι μερικές φορές υψηλότερες από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, ιδιαίτερα όταν εκτίθεται σε άμεσο ηλιακό φως.

Η αλυσίδα διανομής σπάνια διαθέτει τις εγκαταστάσεις για την αποθήκευση κάθε προϊόντος κάτω από τις ιδανικές του συνθήκες και απαιτεί από τους χειριστές να κάνουν συμβιβασμούς ως προς τις επιλογές θερμοκρασίας και σχετική υγρασίας. Αυτές οι επιλογές μπορεί να οδηγήσουν σε φυσιολογικό στρες και απώλειες στη διάρκεια ζωής και της ποιότητας (Lamikanra, 2002).

### 2.7.2 Υγρασία

Ο ρυθμός απώλειας του νερού από τα φρούτα εξαρτάται από τη διαφορά πίεσης ατμών μεταξύ του τρόφιμου και του περιβάλλοντα αέρα, ο οποίος επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία (Barrett et al., 2005).

### 2.7.3 Κίνηση αέρα

Ο ρυθμός και η ταχύτητα κυκλοφορίας του αέρα μπορεί να επηρεάσουν την ομοιομορφία της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας σε δεδομένο περιβάλλον και κατά συνέπεια το ποσοστό απώλειας νερού από το φρούτο (Barrett et al., 2005).

### 2.7.4 Σύσταση αέρα

Η μείωση του οξυγόνου και η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα, είτε πρόκειται για σκόπιμη (τροποποιημένη ή ελεγχόμενη) ατμοσφαιρική αποθήκευση είτε για μη σκόπιμη, μπορεί να έχει ωφέλιμη ή επιβλαβή επίδραση στην υποβάθμιση της ποιότητας του φρούτου. Το μέγεθος αυτών των επιδράσεων εξαρτάται από το είδος του φρούτου, τη ποικιλία, τη φυσιολογική ηλικία, το επίπεδο O<sub>2</sub> και το επίπεδο CO<sub>2</sub> στο περιβάλλοντα χώρο, τη θερμοκρασία και τη διάρκεια αποθήκευσης. Παραδείγματα της τρέχουσας και της πιθανής χρήσης ελεγχόμενης ατμόσφαιρας για τη διατήρηση της ποιότητας των φρούτων κατά τη μεταφορά και αποθήκευση δίνεται στον Πίνακα παρακάτω (Barrett et al., 2005).

Πίνακας 1 : Τρέχουσα και πιθανή χρήση ελεγχόμενης ατμόσφαιρας για τη διατήρηση της ποιότητας κατά τη διάρκεια της μεταφοράς και της αποθήκευσης των φρούτων (Barrett et al., 2005).

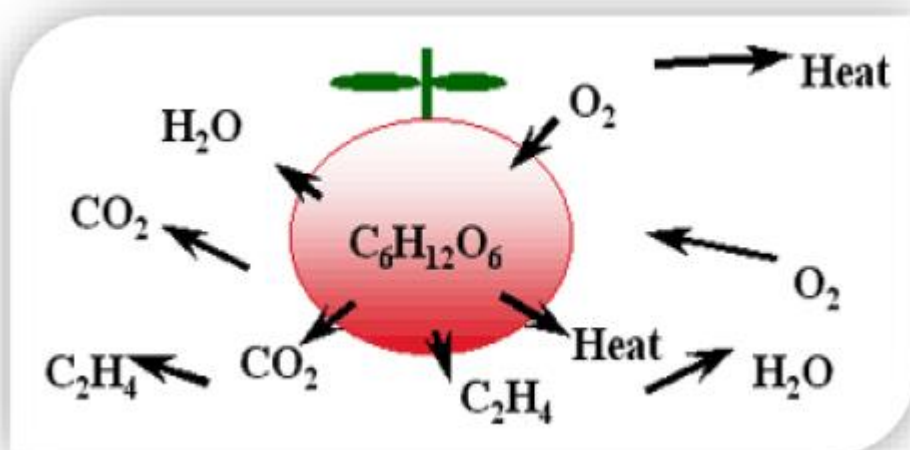
Διάρκεια ζωής μετά τη συγκομιδή (μήνες)	Φρούτα
Μέχρι 1	Μπανάνα, μάνγκο, παπάγια, κεράσι, σταφύλι, σύκο, μαύρο μούρο, μύρτιλο, βατόμουρο, φράουλα
1 έως 3	Αβοκάντο, ελιά, διόσπυπο, ρόδι, κάποια ροδάκινα, νεκταρίνι και καλλιέργειες δαμάσκηνων
3 έως 6	Ακτινίδιο, κάποιες καλλιέργειες ασιατικών αχλαδιών
6 έως 12	Κάποιες καλλιέργειες μήλων και ευρωπαϊκών αχλαδιών
>12	Αμύγδαλο, φουντούκι, μακαδάμια, πεκάν, φυστίκι, καρύδι, αποξηραμένα φρούτα

## 2.8 Αποθήκευση φρούτων

Η αποθήκευση είναι η διαδικασία στην οποία αποθηκεύονται τα τρόφιμα τόσο ως επεξεργασμένα όσο και ως πρώτες ύλες σε κατάλληλες συνθήκες για μελλοντική χρήση διατηρώντας τη γεύση, το χρώμα, την υφή και τα θρεπτικά συστατικά και αποτρέποντας την είσοδο και τον πολλαπλασιασμό μικροοργανισμών στο τρόφιμο που μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την υγεία του ανθρώπου. Έτσι επιτρέπεται η κατανάλωσή τους για κάποιο χρονικό διάστημα (συνήθως εβδομάδες έως μήνες) μετά τη συγκομιδή. Η ωρίμανση κατά τη συγκομιδή είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει τη διάρκεια αποθήκευσης και την τελική ποιότητα των φρούτων (Barrett et al., 2005). Η διατήρηση, η αποθήκευση και η μεταφορά των τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της έγκαιρης παράδοσης στους καταναλωτές, είναι σημαντικοί παράγοντες για την ασφάλεια της υγείας των καταναλωτών. Τα τρόφιμα αποθηκεύονται από σχεδόν όλους τους ανθρώπους στην κοινωνία μας αλλά και από πολλά ζώα. . Οι κύριοι στόχοι της αποθήκευσης τροφίμων είναι να διατηρηθούν οι καλλιέργειες για κατανάλωση εκτός εποχής, να διατηρηθούν τα τρόφιμα σε καλές συνθήκες, να επιβραδυνθεί η γήρανση, να εξασφαλιστεί ομοιόμορφος εφοδιασμός και να αποφευχθούν ελλείψεις με αποτέλεσμα την αύξηση των τιμών. (Farooq et al., 2017)

Παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη για την επιτυχημένη αποθήκευση φρούτων (Rao, 2015) :

- 1) **Θερμοκρασία:** Η θερμοκρασία κατά την αποθήκευση πρέπει να διατηρείται σταθερή σε μια βέλτιστη τιμή για το προϊόν που αποθηκεύεται. Θερμοκρασίες χαμηλότερες της βέλτιστης μπορούν να προκαλέσουν τραύματα ψύχους στο φρούτο, ενώ θερμοκρασίες μεγαλύτερες της βέλτιστης μειώνουν την διάρκεια αποθήκευσης και εμπορευσιμότητας του φρούτου. Μια ευρεία διακύμανση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει σε ταχύτητα απώλεια βάρους και νερού ανάλογα με την ωριμότητα του φρούτου.
- 2) **Σχετική υγρασία:** Για τα περισσότερα φρέσκα φρούτα, η σχετική υγρασία πρέπει να διατηρείται μεταξύ 90% και 95%. Η σχετική υγρασία κάτω από αυτό το εύρος θα έχει ως αποτέλεσμα απώλεια υγρασίας από τα προϊόντα με αποτέλεσμα τη συρρίκνωσή τους.
- 3) **Ατμοσφαιρική σύνθεση:** Η ατμοσφαιρική σύνθεση σε ένα χώρο αποθήκευσης μπορεί να προσαρμοστεί με σκοπό την αύξηση του χρόνου ζωής των φρούτων. Αυτό είναι η αποθήκευση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, η οποία έχει άλλη σύσταση σε αέρα από την ατμόσφαιρα και στην οποία γίνεται προσθήκη αερίων στο χώρο αποθήκευσης όπως μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το αιθυλένιο (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) και το άζωτο (N<sub>2</sub>) με σκοπό την μείωση του ρυθμού αναπνοής των φρούτων και την αύξηση της διατηρησιμότητάς τους. Υπό συνθήκες ελεγχόμενης ατμόσφαιρας πολλά προϊόντα μπορούν να αποθηκευτούν για δύο έως τέσσερις φορές περισσότερο από το συνηθισμένο. (Farooq, et al 2017)
- 4) **Ανακύκλωση του αέρα:** Η ανακύκλωση του αέρα πρέπει να είναι επαρκής για την απομάκρυνση της θερμότητας που παράγεται από την αναπνοή των φρούτων. Ολόκληρος ο αποθηκευτικός χώρος θα πρέπει να υπόκειται σε ομοιόμορφη ροή αέρα.



Εικόνα 1: Μηχανισμός γήρανσης και απώλειας βάρους των φρούτων

Πίνακας 2 : απώλεια βάρους κατά την αποθήκευση που επηρεάζεται από την υγρασία, τη θερμοκρασία και την κίνηση του αέρα

Φρούτο	Θερμοκρασία (°C)	Μεταβολή της κίνησης του αέρα ανά ώρα	Σχετική υγρασία (%)	Απώλεια βάρους, Ποσοστό βάρους μετά από (d = ημέρες)			
				30d	60d	90d	120d
Αχλάδια	0	3-4	65	2.9	5.8	7.7	10.7
	0	3-4	80	2.5	4.8	6.5	8.3
	0	3-4	98	2.0	3.5	4.6	5.5
	5	4	65	5.6	9.9	14.0	19.7
	0	3-4	80	3.5	6.2	8.5	11.3
	0	3-4	98	2.6	4.2	5.0	6.4
	5	8-9	65	8.4	15.5	22.5	29.3
	0	8-9	80	5.2	9.5	13.8	18.3
	0	8-9	98	3.0	4.5	6.0	7.8
Μήλα	3.9	4	65	2.5	4.7	6.9	9.3
	3.9	4	75	2.1	4.0	6.0	8.3
	3.9	4	100	1.2	1.8	2.7	-

Σύγχρονες μέθοδοι αποθήκευσης

#### Αποθήκευση σε ψύξη

Η αποθήκευση σε ψυγεία καθιστά δυνατή την εμπορία φθαρτών οπωροκηπευτικών πέρα από τη συγκομιδή τους. Τα περισσότερα φρούτα διατίθενται όλο το χρόνο στους καταναλωτές λόγω της αποθήκευσης σε ψυγεία (Rao, 2015). Η αποθήκευση σε ψύξη επιβραδύνει την αναπνοή, καθυστερεί την παραγωγή αιθυλενίου, καθυστερεί την ωρίμανση και συνήθως καθυστερεί την ανάπτυξη μικροβίων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία μπορεί προκαλέσει τραυματισμό ορισμένων τροπικών και υποτροπικών φρούτων. Επίσης, η αποθήκευση σε πολύ υψηλή υγρασία, πιθανόν να μειώσει την απώλεια νερού από τους ιστούς των φρούτων αλλά ταυτόχρονα υπάρχει κίνδυνος να υποστεί σήψη το φρούτο (Varzakas & Tzia, 2016).

Για να ωριμάσει σωστά ένα αχλάδι και να αποκτήσει βουτυρώδης και ζουμερή υφή αλλά και το άρωμα και τη γεύση που το διακρίνει είναι απαραίτητο μετά την συγκομιδή του να αποθηκευτεί στους -1 °C για μια περίοδο (Gross et al., 2016). Ανάλογα με το στάδιο της ωρίμανσης που γίνεται η συγκομιδή τους και αναλόγως με την ποικιλία τους, τα αχλάδια μπορούν να συντηρηθούν σε ψυκτικούς χώρους από 2 έως 8 μήνες (ΥΠΑΑΤ, 2013). Επιπλέον επειδή τα αχλάδια έχουν υψηλά ποσοστά υγρασίας, κατά τη ψύξη είναι σημαντικό να διατηρούνται τα επίπεδα υγρασίας παραπάνω από 90% προκειμένου να μην υπάρξουν απώλειες βάρους και ποιότητας κατά την αποθήκευση. Τέλος μετά τη ψύξη τους πρέπει να αφεθούν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για 4-7 ημέρες, για να αναπτύξουν καλή γεύση και υφή (Gross, et al, 2016).



Αντίστοιχα στο κυδώνι η βέλτιστη θερμοκρασία ψύξης κατά την αποθήκευση με σκοπό να επιτευχθεί η βέλτιστη ωριμότητα του φρούτου είναι από -0.5 έως 0°C σε συνθήκες υγρασίας περίπου 90% και η διάρκεια της αποθήκευσης είναι 2 έως 3 μήνες. (Gross et al, 2016)

#### *Αποθήκευση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα*

Η διαδικασία αποθήκευσης ελεγχόμενης ατμόσφαιρας (Controlled Atmosphere Storage) είναι η σημαντικότερη καινοτομία στην αποθήκευση φρούτων μετά την εφεύρεση της ψύξης. Για να μειωθούν οι απώλειες των ποιοτικών χαρακτηριστικών των φρούτων κατά την αποθήκευση υπό ψύξη, είναι σημαντικό να μεγιστοποιηθούν όλες οι δυνατότητες αυτής της μεθόδου προκειμένου να κατασταλεί η ζωτική δραστηριότητα των φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών που υπάρχουν στις επιφάνειες φρούτων, να καθυστερήσουν τις διαδικασίες που συνδέονται με την ωρίμανση των καρπών, να καθυστερήσει η γήρανση και η κατάρρευση των ιστών των φρούτων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η διατήρηση ενός ορισμένου καθεστώτος θερμοκρασίας και υγρασίας από μόνη της δεν επαρκεί για την παράταση της περιόδου για την οποία μπορούν να διατηρηθούν τα φρούτα και τη μείωση των απωλειών φρούτων. Για την καλύτερη δυνατή αποθήκευση των φρούτων με τις λιγότερες δυνατές απώλειες, είναι απαραίτητο για κάθε τύπο φρούτου αλλά και για τις διαφορετικές ποικιλίες να βρεθεί μια μοναδική σύσταση του αέρα με γνωστές αναλογίες O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> που του προσφέρουν τη μέγιστη δυνατή παράταση ζωής κατά την αποθήκευση. Είναι σημαντικό να διατηρούνται οι κατάλληλες για κάθε φρούτο συγκεντρώσεις O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub>, διότι η υψηλότερη συγκέντρωση O<sub>2</sub> από την κατάλληλη θα επιταχύνει την ωρίμανση του φρούτου, πράγμα που μπορεί να είναι ανεπιθύμητο, ενώ μία πολύ χαμηλή συγκέντρωση O<sub>2</sub> οδηγεί σε αυξημένη παραγωγή CO<sub>2</sub> η οποία μπορεί να προκαλέσει στο φρούτο άσχημες γεύσεις και οσμές εξαιτίας του σχηματισμού ακεταλδεύδης και αιθανόλης. Μπορεί επίσης να συμβεί και αποχρωματισμός (Rao, 2015). Για παράδειγμα από έρευνες που έχουν γίνει, το αχλάδι πρέπει να έχει ελάχιστη συγκέντρωση O<sub>2</sub> 2-2.5% και μέγιστη συγκέντρωση CO<sub>2</sub> 0.8-1%, για την ορθή αποθήκευσή του σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, ενώ για το κυδώνι δεν υπάρχουν προτεινόμενες συνθήκες ελεγχόμενης ατμόσφαιρας κατά την αποθήκευση. (Gross et al., 2016).

Οι πρώτες μελέτες σχετικά με τη συντήρηση των φρούτων σε αποθήκευση με ελεγχόμενη ατμόσφαιρα, διεξήχθησαν σε αέρια σύσταση που συνίστατο από περισσότερο CO<sub>2</sub> και λιγότερο O<sub>2</sub>, από ότι κανονικά υπάρχει στην ατμόσφαιρα. Βρέθηκε ότι η αυξημένη συγκέντρωση CO<sub>2</sub>, όχι μόνο μειώνει τις ζωτικές δραστηριότητες του φρούτου αλλά και παρέχει ισχυρό αντισηπτικό χαρακτήρα. Πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι τα βασικά πλεονεκτήματα της διατήρησης των φρούτων σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα έχουν ως εξής.

1) Αποφεύγονται οι επιδράσεις της θερμοκρασίας ψύξης που υποβαθμίζουν ποιοτικά το φρούτο.



2) Ο παρασιτισμός των φρούτων από φυσιολογικές διαταραχές που συχνά συναντώνται όταν φρούτα διατηρούνται σε ψυγεία σε συμβατικές αποθήκες φρούτων μειώνεται με σε κατάσταση αποθήκευσης με ελεγχόμενη ατμόσφαιρα.

3) Η γεύση και το άρωμα των φρούτων διατηρούνται καλύτερα.

4) Η συνοχή και η υφή των φρούτων διατηρείται για μεγαλύτερες περιόδους.

5) Οι απώλειες στα ποιοτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των φρούτων (βάρος, υγρασία, χρώμα κτλ.) στην ελεγχόμενη ατμόσφαιρα μειώνονται κατά το ήμισυ έως και στο ένα τρίτο σε σχέση με την απλή ψύξη, ενώ η περίοδος διατήρησης είναι σημαντικά υψηλότερη από ό, τι όταν φυλάσσεται σε ατμόσφαιρα. (Rao, 2015)

#### *Συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας*

Η αποθήκευση φρούτων στη συσκευασία πολυμερών υλικών με επιλεκτική διαπερατότητα για τα αέρια είναι αυτό που ονομάζεται αποθήκευση τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Αυτή η τεχνική βρέθηκε ότι ενισχύει τη διάρκεια ζωής των προϊόντων που αποθηκεύονται στους πολυμερείς σάκους και δοχεία. Η αποθήκευση αυτή γίνεται σε συμβατικούς θαλάμους αποθήκευσης σε ψύξη και συνεπώς δεν συνεπάγεται μεγάλη δαπάνη κεφαλαίου για την κατασκευή και τον εξοπλισμό ειδικών κλειστών θαλάμων με ελεγχόμενη ατμόσφαιρα.

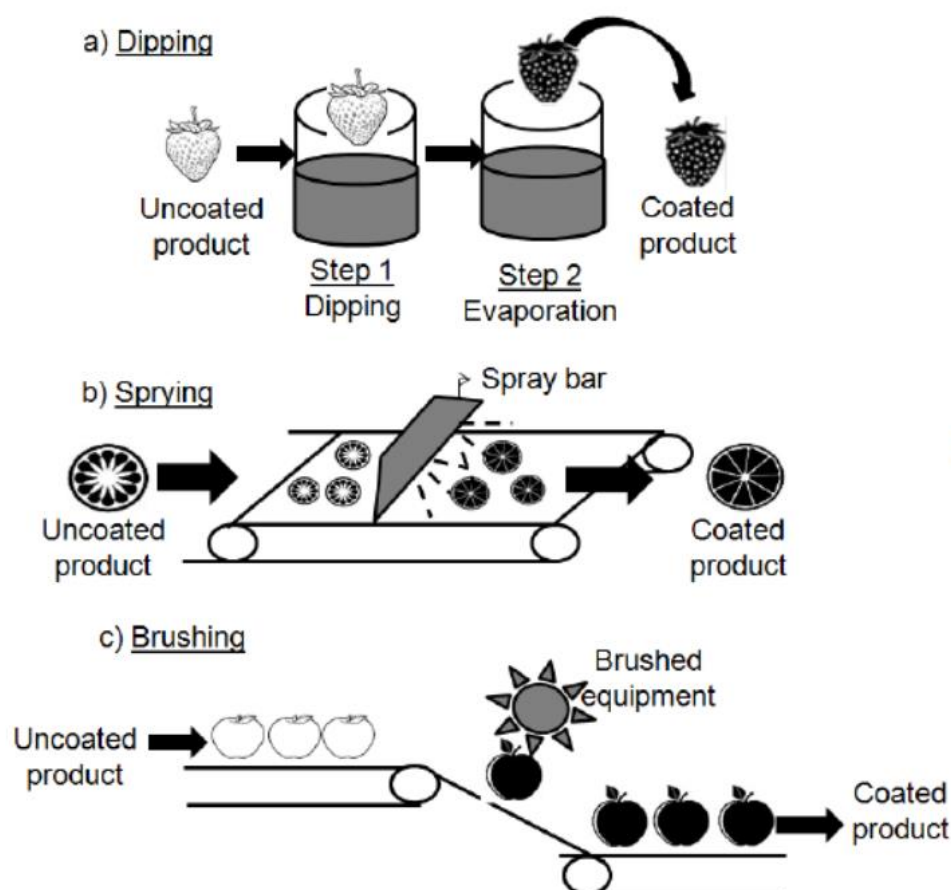
Οι πρόοδοι στον σχεδιασμό και την κατασκευή πολυμερών συσκευασιών με ένα ευρύ φάσμα διαπερατότητας αερίων έχουν προκαλέσει μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον για τη δημιουργία και τη διατήρηση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία. Η σύνθεση του αερίου στη συσκευασία μπορεί να αλλάξει εν μέρει από τον τύπο του υλικού που επιλέχθηκε, την χωρητικότητα της συσκευασίας, την ποικιλία φρούτων και τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Κατά την επιλογή του υλικού, η διαπερατότητα του σε αέρια είναι ιδιαίτερα σημαντική και εξαρτάται από τον τύπο και το πάχος του υλικού.

Για να αξιοποιηθούν οι δυνατότητες της μεθόδου αυτής στο μέγιστο, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τα χαρακτηριστικά της ανταλλαγής αερίων κατά την αποθήκευση των φρούτων σε συσκευασίες με επιλεκτική διαπερατότητα (Rao, 2015).

#### *Συσκευασία με υλικά εδωδιμων επικαλύψεων*

Αρκετές ουσίες που προέρχονται από βιοϋλικά έχουν τραβήξει την προσοχή για την ικανότητα τους να σχηματίζουν φιλμ. Οι εδωδιμες μεμβράνες και οι επικαλύψεις που παράγονται από αυτές τις ουσίες χρησιμοποιούνται ως υλικά προστασίας τροφίμων. Γενικά μπορούν να οριστούν ως λεπτά στρώματα εδωδιμου υλικού που εφαρμόζονται πάνω (ή ακόμη και εντός) τροφίμων με περιτύλιξη, βύθιση, βούρτσισμα ή ψεκασμό για να προσφέρουμε ένα επιλεκτικό φράγμα κατά της μεταφοράς αερίων, ατμών και διαλυμένων ουσιών ενώ παράλληλα προσφέρουν μηχανική προστασία. Δεν υπάρχει σαφής διάκριση μεταξύ των μεμβρανών και των

επικαλύψεων και συχνά χρησιμοποιούνται οι δύο όροι εναλλακτικά. Οι επικαλύψεις συνήθως εφαρμόζονται απευθείας και σχηματίζονται στην επιφάνεια των προϊόντων, ενώ οι μεμβράνες σχηματίζονται χωριστά ως λεπτά φύλλα και κατόπιν εφαρμόζονται στα προϊόντα. Τα τελευταία 30 χρόνια πραγματοποιήθηκαν σημαντικές ερευνητικές εργασίες με στόχο την ανάπτυξη βρώσιμων συσκευασιών φιλμ και επικαλύψεων. Ωστόσο, λίγες από αυτές τις ταινίες έχουν εφαρμοστεί εμπορικά. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στους περιορισμούς των επικαλύψεων σε σύγκριση με τους παραδοσιακά πολυμερή φιλμ συσκευασιών. Η βιομηχανία πολυμερών έχει κατορθώσει να παρέχει επεξεργαστές τροφίμων με ευρεία ποικιλία υλικών συσκευασίας χαρακτηριζόμενη γενικά από καλύτερες φυσικές ιδιότητες και ιδιότητες φραγμού από τις βρώσιμες μεμβράνες. Η έρευνα για τις εδώδιμες επικαλύψεις συνεχίζεται και φαίνεται να έχει ενταθεί τα τελευταία χρόνια. (Varzakas & Tzia, 2016)



Εικόνα 2: μέθοδοι εφαρμογής επικαλυπτικών μεμβρανών

## 2.9 Αχλάδι: Ιστορικά στοιχεία, καλλιέργεια και περιγραφή

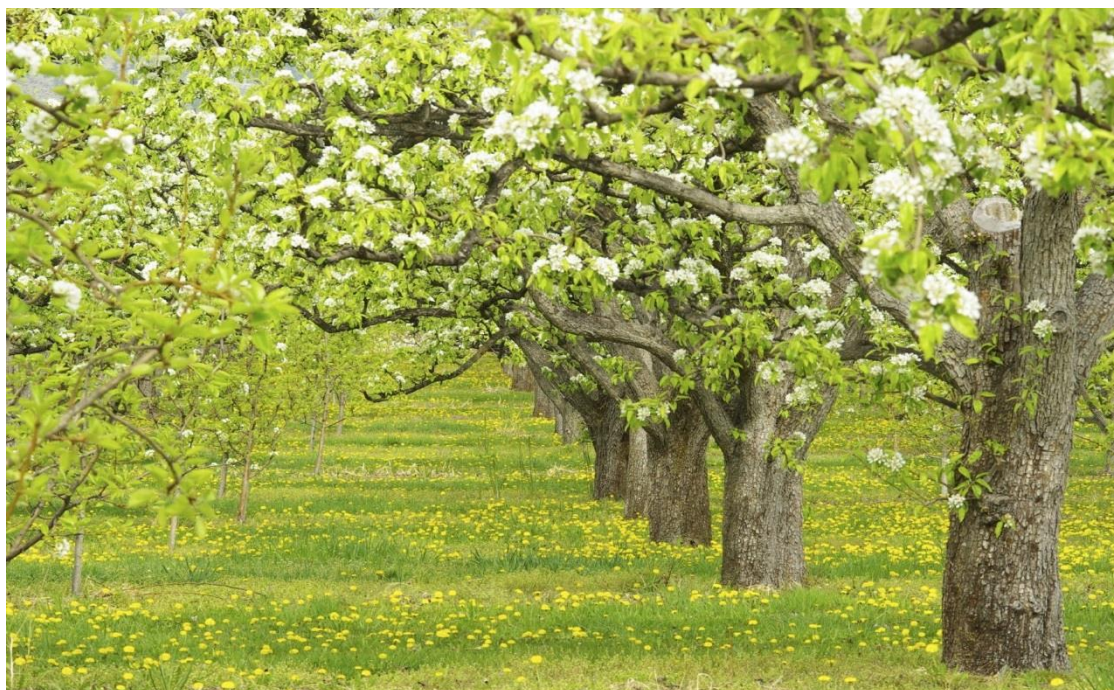
Η αχλαδιά είναι σπυροφόρο δέντρο και ανήκει στην τάξη Ροδώδη και στην οικογένεια των Ροδοειδών και καλλιεργείται δε σε όλες τις εύκρατες χώρες. Κατάγεται

από τις περιοχές γύρω από την Κασπία θάλασσα και ανευρίσκεται στην Ελλάδα από τα αρχαία χρόνια. Στην Ευρώπη καλλιεργείται από το 17<sup>ο</sup> αιώνα.

Η καλλιέργεια και η κατανάλωση αχλαδιών από τον άνθρωπο γίνεται από την αρχαιότητα, κυρίως σε περιοχές που επικρατεί ήπιο και δροσερό κλίμα όπως σε περιοχές της δυτικής Ευρώπης αλλά και της βορείου Αφρικής στην περιοχή που συναντά την Ασία. Το αχλάδι καλλιεργήθηκε επίσης από τους Ρωμαίους, οι οποίοι το έτρωγαν ωμό ή μαγειρεμένο, όπως τα μήλα. Τέλος καλλιεργείται και στην Κίνα για περίπου 3000 χρόνια (Maguelonne, 2009).

Η αχλαδιά έχει άνθη λευκόχρωμα ή είναι απαλού ρόδινου χρώματος και μοιάζουν με αυτά της μηλιάς. Οι καλλιεργούμενες αχλαδιές πολλαπλασιάζονται με σπόρο και στη συνέχεια με εμβολιασμό. Από 4 μέχρι 7 χρόνια μετά τη φύτευση αρχίζει η ικανοποιητική απόδοση του δέντρου. Είναι δέντρο φυλλοβόλο, μακρόβιο, μικρού έως μεγάλου μεγέθους με παραγωγική ζωή που υπολογίζεται στα 30-40 χρόνια περίπου. (Βλαχάκη, 2013)

Μία αχλαδιά έχει ύψος περίπου 10-17 m. Τα περισσότερα είδη αχλαδιών αντέχουν έως πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (έως -30°C πριν αρχίσει η άνθιση, έως -2°C, ενώ είναι ανθισμένα). (Βέμμος, 2017)



*Εικόνα 3: Καλλιέργεια αχλαδιών*

Υπάρχουν χιλιάδες ποικιλίες αχλαδιάς σε ολόκληρο τον κόσμο, οι οποίες διακρίνονται από διάφορα χρώματα και σχήματα των καρπών τους. Οι ποικιλίες που

παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι Coscia, Κοντούλα, Santa Maria, ANJOU, Bosc, Comice, William 's (πράσινη και κόκκινη), κρυσταλλίας και πολλές άλλες. (ΥΠΑΑΤ, 2013)

Οι ποικιλίες, ανάλογα με την εποχή ωρίμανσης των καρπών, διακρίνονται σε:

1. ποικιλίες καλοκαιρινές (κοντούλα, κρυσταλλίας)
2. ποικιλίες φθινοπωρινές

Τα αχλάδια καταναλώνονται νωπά ή μεταποιημένα. Είναι κλιμακτικό φρούτο, οπότε μετά τη συγκομιδή του θα χρειαστεί επιπλέον χρόνο για να ωριμάσει κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής του. Μικρό μέρος της παραγωγής αχλαδιών οδηγείται στη μεταποίηση για την παραγωγή φρουτοσαλάτας. (ΥΠΑΑΤ, 2013)



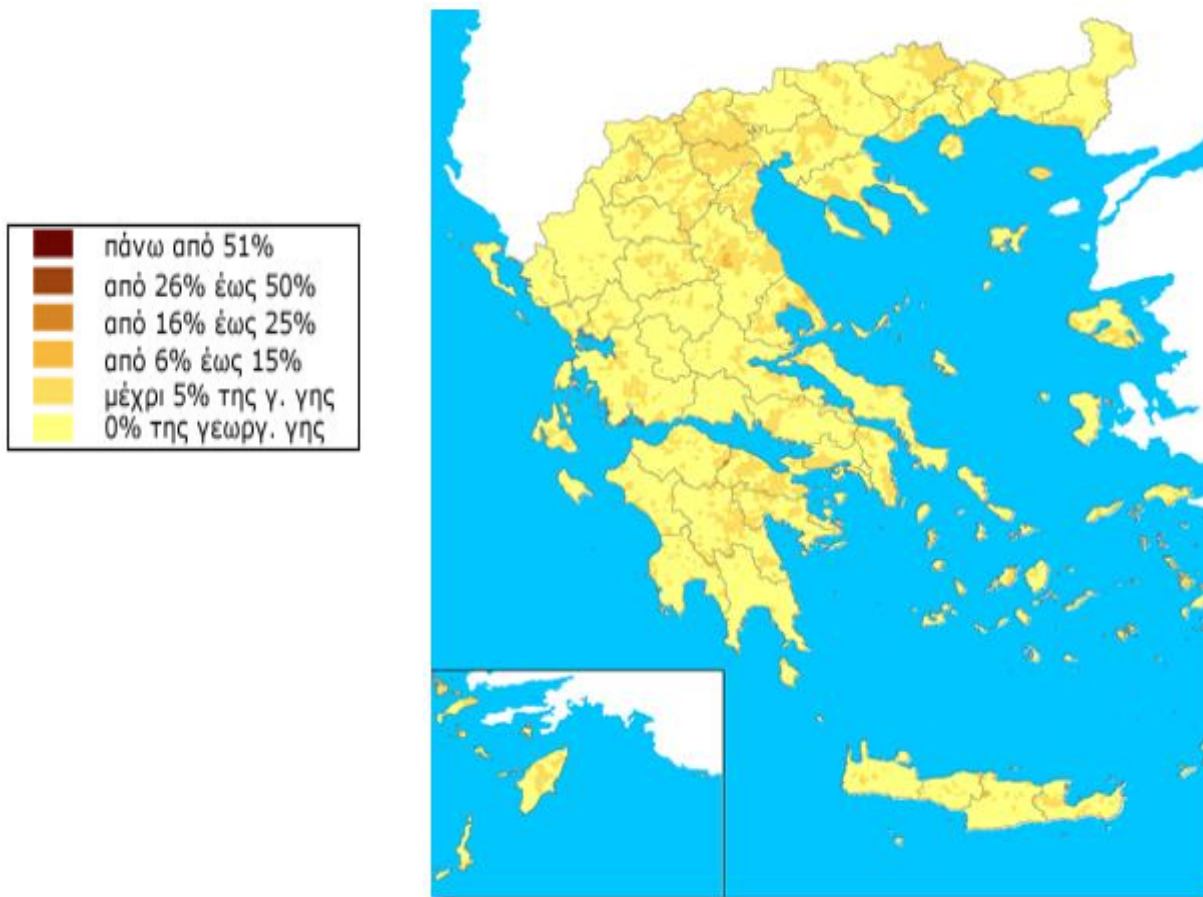
Εικόνα 4: τυπικό αχλάδι



Εικόνα 5: σάρκα αχλαδιού

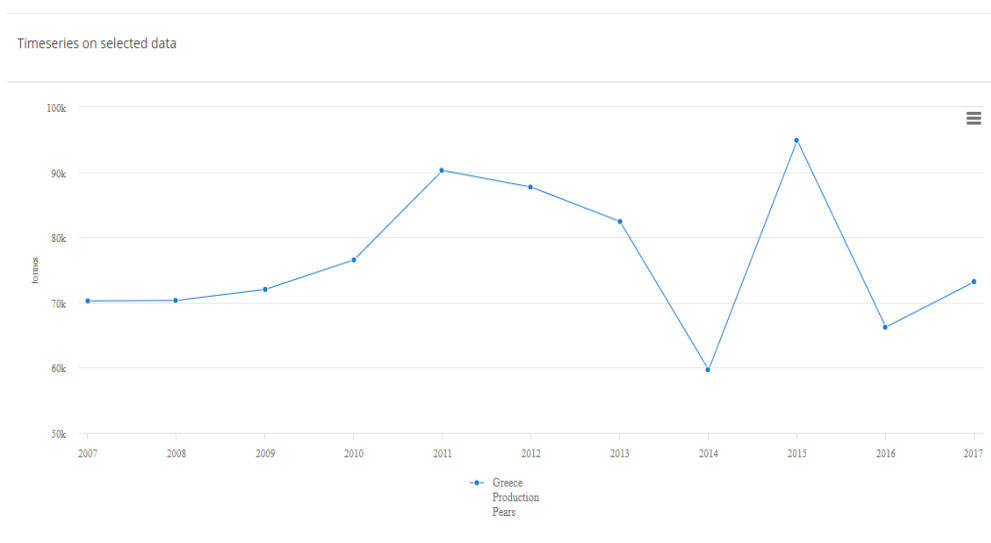
Σε μια μεγάλη έρευνα που έγινε το 2007 και αφορούσε τη παραγωγή αχλαδιών στην Ελλάδα, βρέθηκε πως η συστηματική καλλιέργεια της αχλαδιάς γίνεται κυρίως στη Μακεδονία (περίπου το 40% της εγχώριας παραγωγής), στην Πελοπόννησο (το 27% της παραγωγής), στη Δυτική Στερεά και στη Θεσσαλία. Πιο συγκεκριμένα από στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ, στην Ελλάδα καλλιεργούνται 37 εκατομμύρια στρέμματα γης, εκ των οποίων σε 44 χιλιάδες καλλιεργούνται αχλαδιές. Αυτό αντιστοιχεί στο 0,12% της καλλιεργήσιμης γης. Η συνολική παραγωγή υπολογίζεται στις 71 χιλιάδες τόνους αχλαδιών ετησίως (ΕΛΣΤΑΤ, 2007). Σε μια πιο πρόσφατη έρευνα το 2016, αναφέρει πως καλλιεργήθηκαν 39,3 χιλιάδες στρέμματα με παραγωγή 99,8 χιλιάδων τόνων αχλαδιών (ΕΛΣΤΑΤ, 2018). Παρατηρείται πως υπάρχει μια τάση αύξησης της παραγωγής των αχλαδιών κατά τη διάρκεια της δεκαετίας που πέρασε.





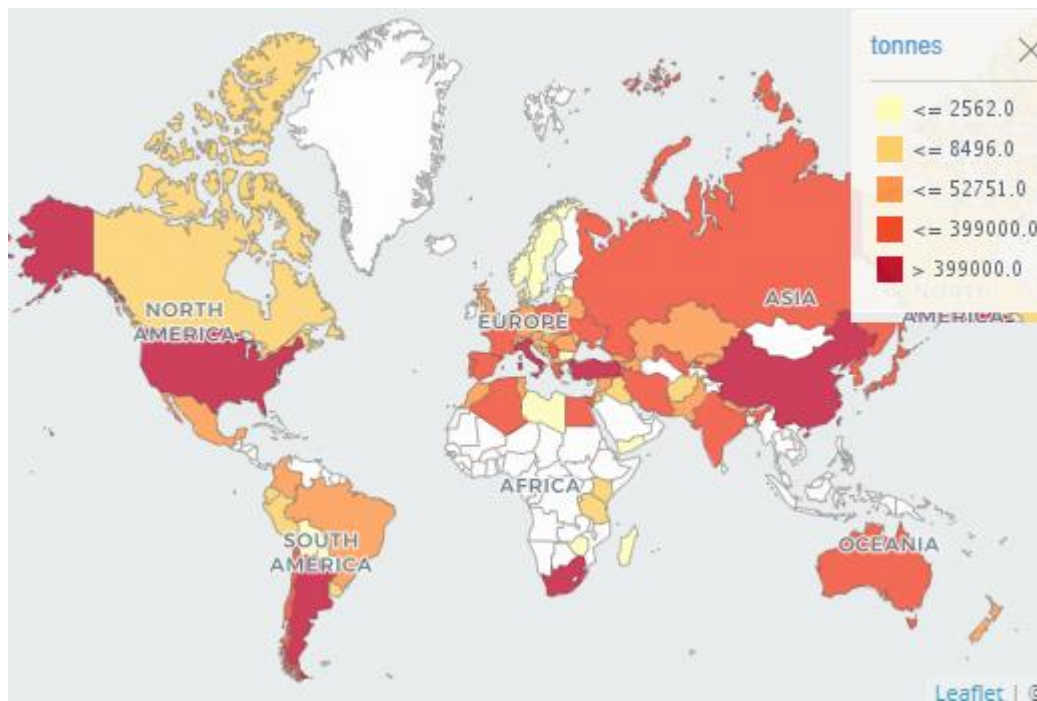
Εικόνα 6: Ο χάρτης απεικονίζει περιοχές, στις οποίες η καλλιέργεια αχλαδιάς καλύπτει τα παραπάνω ποσοστά γεωργικής γης. (ΕΛΣΤΑΤ, 2007)

Το 2017 που είναι το τελευταίο έτος καταμέτρησης, η Ελλάδα βρίσκεται στα ίδια επίπεδα με το 2007 και η παραγωγή αχλαδιών ανέρχεται στις 73.200 τόνους (FAOSTAT, 2016).

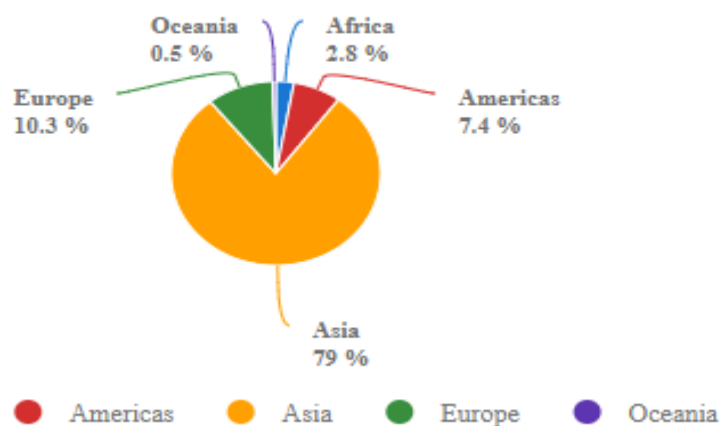


Διάγραμμα 1: παραγωγή αχλαδιών σε χιλιάδες τόνους στην Ελλάδα τα χρόνια 2007-2017 (FAOSTAT, 2016, <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>)

Όσον αφορά την παραγωγή αχλαδιών παγκοσμίως, η Κίνα είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός με μεγάλη διαφορά παγκοσμίως, με 19.499.487 χιλιάδες τόνους σε ετήσια παραγωγή για το έτος 2016, ενώ ακολουθεί η Αργεντινή με 905.605 χιλιάδες τόνους και οι ΗΠΑ με 738.770 χιλιάδες τόνους. (FAOSTAT, 2016)



Εικόνα 7: παγκόσμια παραγωγή αχλαδιών σε χιλιάδες τόνους



Εικόνα 8: ποσοστά παραγωγής αχλαδιών ανά ήπειρο (FAOSTAT, 2016)

## 2.10 Κυδώνι: Ιστορικά στοιχεία, καλλιέργεια και περιγραφή

Η ονομασία του προέρχεται από την αρχαία ελληνική λέξη κυδώνιον μήλον. Το κυδώνι είναι ο καρπός του είδους *Cydonia* και κατάγεται από τη νοτιοδυτική Ασία και την περιοχή του Καυκάσου. Πρόκειται για φυλλοβόλο δέντρο, που φτάνει τα 8 m σε ύψος, και είναι συγγενικό με τη μηλιά και την αχλαδιά.

Ο καρπός του έχει χρώμα κίτρινο προς χρυσό, όταν είναι ώριμο, και έχει σχήμα αχλαδιού. Το εξωκάρπιο είναι αρχικά χνουδωτό και έπειτα λείο και γυαλιστερό. Το μήκος του κυμαίνεται από 7 ως 12 cm και το πλάτος του από 6 ως 9 cm. Η σάρκα του είναι λευκοκίτρινη. Τα κυδώνια είναι πράσινα όταν είναι άγουρα. Χρησιμοποιούνται ευρέως στη μαγειρική και τη ζαχαροπλαστική.



Εικόνα 9: τυπικό κυδώνι



Εικόνα 10: σάρκα κυδωνιού

Η κυδωνιά (το δένδρο που τα κυδώνια παράγονται) είναι ένα φυλλοβόλο δέντρο, που φτάνει έως και τα 8 m ύψος, αναλόγως με το περιβάλλον που βρίσκεται (με μέσο ύψος τα 3-4 m). Ο κορμός και τα κλαδιά του έχουν γκριζόμαυρο χρώμα και είναι λίγο στρεβλωμένα. Έχει μεγάλα, απλά και δερματώδη φύλλα, με πολλές τρίχες και μεγάλα λευκά ή ρόδινα άνθη, τα οποία είναι μονήρη, με πέντε πέταλα. Το μήκος των φύλλων κυμαίνεται από 6 ως 11 cm.



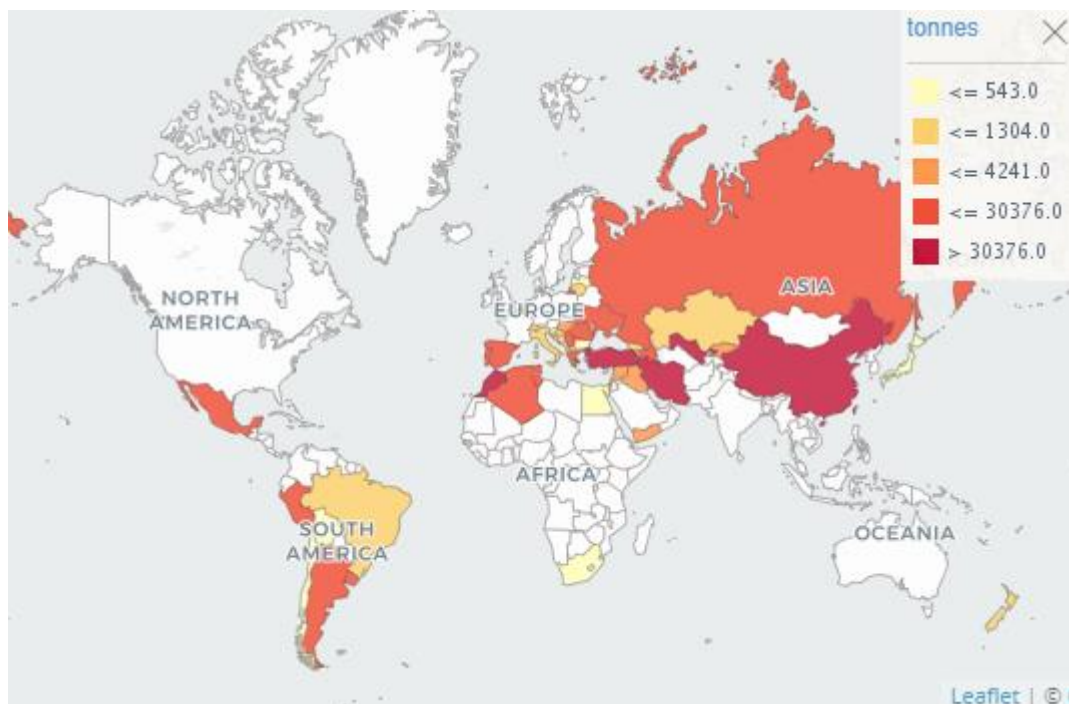
*Εικόνα 11 : τυπική κυδωνιά*

Η κυδωνιά προέρχεται από τις βραχώδεις πλαγιές και τα όρια των δασών στη Νοτιοδυτική Ασία, την Αρμενία, την Τουρκία, τη Γεωργία, το Βόρειο Ιράν μέχρι και το Αφγανιστάν, αν και ευδοκίμει σε ποικίλα κλίματα και μπορεί να αναπτυχθεί επιτυχώς σε γεωγραφικά πλάτη μέχρι και στο ύψος της Σκωτίας. Το κυδώνι καλλιεργείται σε όλες τις ηπείρους σε ζεστά, ήπια και εύκρατα κλίματα. Χρειάζεται μια πιο δροσερή περίοδο του έτους, με θερμοκρασίες κάτω από 7 °C για να ανθίσει κατάλληλα. Η κυδωνιά είναι ανθεκτική στην ξηρασία και προσαρμόζεται σε πολλά εδάφη χαμηλού έως μέσου pH. Αντέχει τόσο τη σκιά όσο και τον ήλιο, αλλά απαιτείται ηλιακή ακτινοβολία για την παραγωγή μεγαλύτερων λουλουδιών και την ωρίμανση των καρπών. Είναι ένα πολύ σκληρό φυτό που δεν απαιτεί ιδιαίτερη συντήρηση και διατηρείται χρόνια χωρίς κλάδεμα ή χωρίς εντομοκτόνα και φυτοφάρμακα. (Cumro, 2013)

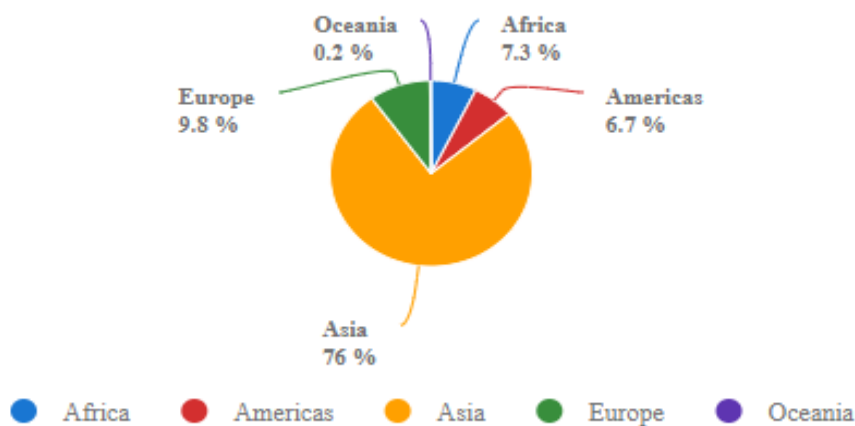
Η κυδωνιά σχηματίζει πυκνούς θάμνους, οι οποίοι πρέπει να κλαδευτούν και να μειωθούν σε ένα ενιαίο στέλεχος για να αναπτυχθούν δέντρα που φέρουν φρούτα για αποκλειστικά εμπορική χρήση. Είναι αυτο-γονιμοποιούμενο δένδρο. Τα κυδώνια συνήθως αφήνονται στο δέντρο για να ωριμάσουν πλήρως. Σε θερμότερα κλίματα, μπορεί να γίνουν μαλακά μέχρι να είναι βρώσιμα, αλλά μπορεί να απαιτηθεί επιπλέον ωρίμανση σε πιο δροσερά κλίματα. Συγκομίζονται στα τέλη του φθινοπώρου, πριν από τους πρώτους παγετούς. Το κυδώνι είναι κλιμακτηριακό φρούτο, οπότε μετά τη συγκομιδή του θα χρειαστεί επιπλέον χρόνο για να ωριμάσει κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής του.



Τα κυδώνια εκτιμώνται τόσο για το έντονο άρωμά τους αλλά και τη γεύση τους. Μπορούν να καταναλωθούν ως φαγητό και ως ποτό. Οι περισσότερες ποικιλίες έχουν ώριμα κυδώνια τα οποία λόγω της σκληρότητάς και της ξινότητάς τους δεν μπορούν να καταναλωθούν ωμά. Ωστόσο, μπορεί να μαγειρευτούν ή να ψηθούν και να χρησιμοποιηθούν για μαρμελάδες, ζελέδες ή πουτίγκα. Επίσης λόγω του έντονου αρώματός τους μπορούν να προστεθούν σε μικρές ποσότητες σε πίτες μήλων και μαρμελάδες για την ενίσχυση της γεύσης. Ωστόσο ορισμένες ποικιλίες κυδωνιών, όπως τα «Αγοματναγα» και τα «Kuganskaya» δεν απαιτούν μαγειρική και μπορούν να καταναλωθούν ωμά. (Cumo, 2013)



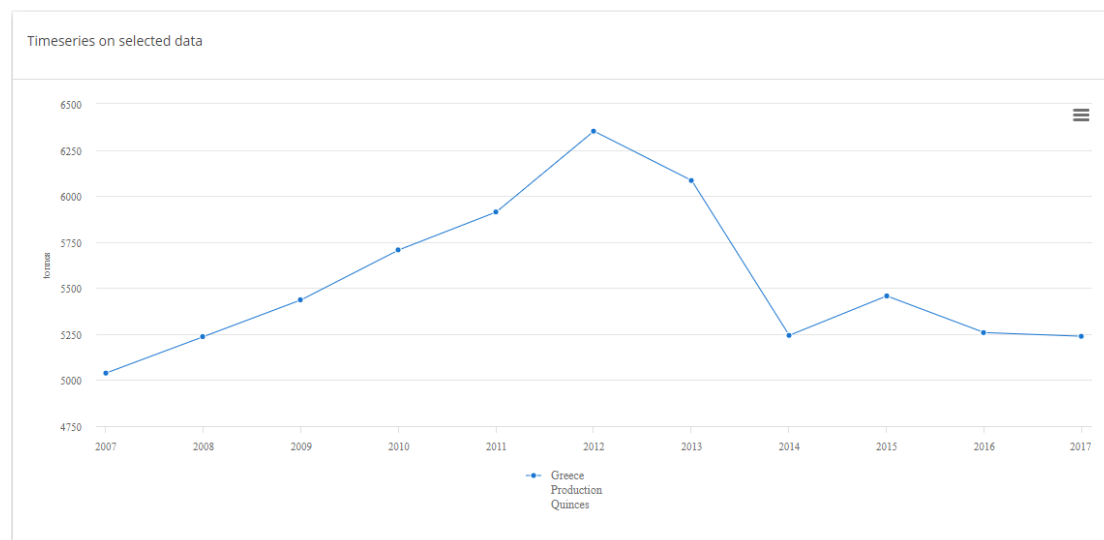
Εικόνα 12: παγκόσμια παραγωγή κυδωνιών σε χιλιάδες τόνους



Εικόνα 13: ποσοστά παραγωγής κυδωνιών ανά ήπειρο (FAOSTAT, 2016)

Όσον αφορά την παραγωγή κυδωνιών παγκοσμίως, το Ουζμπεκιστάν είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός, με 129.467 τόνους σε ετήσια παραγωγή για το έτος 2016, ενώ ακολουθεί η Τουρκία με 126.400 τόνους και η Κίνα με 111.968 τόνους.

Στην Ελλάδα η παραγωγή κυδωνιών παρουσιάζει μια μείωση τα τελευταία χρόνια όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα. Το 2012 ήταν η χρονιά με τη μεγαλύτερη παραγωγή, 6352 tons, ενώ το 2017 η παραγωγή ήταν 5238 tons. (FAOSTAT, 2016, <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>)



Διάγραμμα 2: παραγωγή κυδωνιών σε τόνους στην Ελλάδα τα έτη 2007-2017 (FAOSTAT, 2016, <http://www.fao.org/faostat/en/#compare>)

## 2.11 Συστατικά αχλαδιού και κυδωνιού

Όπως και τα υπόλοιπα φρούτα, έτσι τα αχλάδια και τα κυδώνια είναι καρποί με μεγάλη διατροφική αξία.

Αχλάδια , Διατροφική αξία ανά 100 g					
Ενέργεια	239 kJ (57 kcal)	Βιταμίνες		Ανόργανα στοιχεία	
		θειαμίνη (B1)	0.012 mg	Ασβέστιο	9 mg
Υδατάνθρακες	15.23gr	Ριβοφλαβίνη (B2)	0.026 mg	Σίδηρο	0.18 mg
ζάχαρη	9.75gr	Η νιασίνη (B3)	0.161 mg	Μαγνήσιο	7 mg
φυτικές ίνες	3.1gr	Το παντοθενικό οξύ (B5)	0.049 mg	Μαγγάνιο	0.048 mg
		Βιταμίνη B6	0.029 mg	Φώσφορος	12 mg
Λίπη	0.14gr	Βιταμίνη C	4.3 mg	Κάλιο	116 mg
		Βιταμίνη E	0.12 mg	Νάτριο	1 mg
Πρωτείνες	0.36gr	Βιταμίνη K	4.4 μg	Ψευδάργυρος	0.1 mg

Εικόνα 14: κυριότερα συστατικά αχλαδιού

Κυδώνια , Διατροφική αξία ανά 100 g					
Ενέργεια	238 kJ (57 kcal)	Βιταμίνες		Ανόργανα στοιχεία	
		θειαμίνη (B1)	0.02 mg	Ασβέστιο	11 mg
Υδατάνθρακες	15.23gr	Ριβοφλαβίνη (B2)	0.03 mg	Σίδηρο	0.7 mg
φυτικές ίνες	1.9 g	Η νιασίνη (B3)	0.2 mg	Μαγνήσιο	8 mg
		Το παντοθενικό οξύ (B5)	0.081 mg	Φώσφορος	17 mg
Λίπη	0.1 g	Βιταμίνη B6	0.04 mg	Κάλιο	197 mg
		Φολάτη (B9)	3 μg	Νάτριο	4 mg
Πρωτεΐνες	0.4 g	Βιταμίνη C	15 mg	Ψευδάργυρος	mg

Εικόνα 15: κυριότερα συστατικά κυδωνιού

(<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>)

## 3 Φρεσκοτεμαχισμένα ή ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα

### 3.1 Ορισμός

Τα φρεσκοτεμαχισμένα και «ελάχιστα επεξεργασμένα» φρούτα ορίζονται ως τα φρέσκα προϊόντα που έχουν πρόσφατα τεμαχιστεί, πλυθεί, συσκευαστεί και διατηρηθεί με ψύξη. Τα προϊόντα με φρέσκα κομμάτια είναι ακατέργαστα και ακόμη και αν υποστούν επεξεργασία (φυσικά αλλοιωμένα από την αρχική μορφή), παραμένουν σε νέα κατάσταση, έτοιμα για κατανάλωση ή μαγείρεμα, χωρίς ψύξη, θερμική επεξεργασία ή επεξεργασίες με πρόσθετα ή συντηρητικά. Η ένωση United Fresh Produce Association ορίζει ένα προϊόν φρέσκιας κοπής (φρεσκοτεμαχισμένο) ως φρούτο που έχει υποστεί επεξεργασία και / ή αποφλοιώση ή / και είναι κομμένο σε ένα 100% χρησιμοποιήσιμο προϊόν που είναι συσκευασμένο σε κατάλληλη συσκευασία για να προσφέρει στους καταναλωτές υψηλής αξίας διατροφή και γεύση, διατηρώντας τη φρεσκάδα του. Αρκετά εμπορεύματα, αν και θεωρούνται βοτανικά φρούτα (για παράδειγμα αγγούρι, πιπέρι και τομάτα), δεν καλύπτονται σε αυτό το τμήμα, δεδομένου ότι συνήθως ταξινομούνται ως λαχανικά. (Gross, et al., 2016)

Εν κατακλείδι τα φρεσκοτεμαχισμένα ή ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα είναι εκείνα όπου είναι νωπά-φρέσκα, έτοιμα για κατανάλωση, είναι ασφαλή για την υγεία του ανθρώπου, έχουν μία ικανοποιητική διάρκεια ζωής και διατηρούν τα θρεπτικά συστατικά αλλά και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του αρχικού φρούτου.

Τα φρεσκοτεμαχισμένα φρούτα τόσο για τις λιανικές πωλήσεις όσο και για τις υπηρεσίες που προσφέρουν φαγητό π.χ. fast foods, έχουν αυξανόμενη παρουσία στην αγορά λόγω της ζήτησής τους από τον καταναλωτή. Κατά τα προσεχή έτη, είναι κοινώς αντιληπτό ότι η βιομηχανία φρούτων που δραστηριοποιείται στον τομέα των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων θα έχει πρωτοφανή ανάπτυξη. Για το λόγο αυτό, κορυφαίες εταιρείες τροφίμων που παράγουν έτοιμες φρεσκοτεμαχισμένες σαλάτες έχουν στοχεύσει στην ανάπτυξη φρέσκων προϊόντων φρούτων ως μέρος των μακροπρόθεσμων επιχειρηματικών τους σχεδίων. Ωστόσο, οι μεταποιητές φρέσκων προϊόντων φρούτων αντιμετωπίζουν πολυάριθμες προκλήσεις που δεν συναντώνται συνήθως κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας λαχανικών με φρέσκα κομμάτια. Οι δυσκολίες που συναντώνται κατά την επεξεργασία των φρούτων, που ενώ δεν είναι ανυπέρβλητες, απαιτούν ένα νέο και υψηλότερο επίπεδο τεχνικής και επιχειρησιακής πολυπλοκότητας. (Gross, et al., 2016)

### 3.2 Ιστορία

Η ιδέα της ελάχιστης επεξεργασίας των καρπών υπήρξε σε διάφορα μέρη του κόσμου κάποια στιγμή, αλλά σε διαφορετική κλίμακα. Οι καταναλωτές θα μπορούσαν να βρουν βολικά προϊόντα που έχουν ήδη πλυθεί και ξεφλουδιστεί ή και τα δύο, κομμένα στην περιοχή σε μία τοπική αγορά. Δεν υπήρχε ειδική συσκευασία ή χρησιμοποίηση ψύξης για συντήρηση. Τα προϊόντα αυτά κατευθύνονταν προς άμεση κατανάλωση. Στις ΗΠΑ, φρέσκα κομμένα προϊόντα φρούτων εμφανίστηκαν για πρώτη

φορά στις λιανικές αγορές στη δεκαετία του 1940, αλλά η δευτεροβάθμια παραγωγή ήταν τεχνολογικά πίσω, χωρίς κάποια τεχνογνωσία και η διάρκεια ζωής του φρούτου ήταν περιορισμένη. Στα μέσα της δεκαετίας του 1970, οι αλυσίδες γρήγορου φαγητού (fast food) ξεκίνησαν να αγοράζουν τεμαχισμένο φρέσκο μαρούλι και ψιλοκομμένα κρεμμύδια, για να πετύχουν προφανώς μία ταχύτερη εξυπηρέτηση των πελατών τους. Τη δεκαετία του 2000 τα λαχανικά (κυρίως σαλάτες) αποτελούν το κύριο τμήμα (~ 70%) των φρεσκοτεμαχισμένων προϊόντων (Barrett et al., 2005).

Εκείνη τη χρονιά το μέγεθος της βιομηχανίας παραγωγής φρεσκοτεμαχισμένων ή ελαφρώς επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών είχε φτάσει τα 76 δισεκατομμύρια δολάρια σε πωλήσεις παγκοσμίως, σύμφωνα με την PMA (Produce Marketing Association) και εκτιμάται πως κάθε χρόνο θα αυξάνεται κατά 10-15% για την αγορά των Ηνωμένων Πολιτειών τουλάχιστον (Lamikanra, 2002). Εκείνη την περίοδο υπήρξαν σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις που αφορούσαν τη βιομηχανία παραγωγής φρεσκοτεμαχισμένων ή ελαφρώς επεξεργασμένων φρούτων και οι οποίες βοήθησαν στο να βελτιωθεί η ποιότητα και η ασφάλεια των φρέσκων προϊόντων, βελτιώθηκε ο εξοπλισμός και κατά συνέπεια διαδικασίες επεξεργασίας των φρέσκων προϊόντων, οι συνθήκες συντήρησης μέσω της έρευνας βελτιστοποιήθηκαν και η ανάπτυξη του αυτοματισμού βοήθησε στην αύξηση της παραγωγής και της μείωσης των τιμών των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων και λαχανικών (Lamikanra, 2002).

Εκτός από την ευκολία, εκεί είναι άλλοι λόγοι για την επιτυχία των φρέσκων προϊόντων, όπως η απουσία αποβλήτων. Αξιοποιώντας τα προϊόντα φρεσκοτεμαχισμένα, το 100% είναι του προϊόντος είναι καταναλώσιμο και υπάρχει επίσης σημαντική μείωση της εργασίας που απαιτείται για την προετοιμασία του προϊόντος (π.χ., δεν χρειάζεται πλύσιμο, κοπή κ.λπ.) και στα διάθεση των αποβλήτων τους. Η ποσότητα των αποβλήτων σε φλούδες μπορεί να είναι αρκετά αυξημένη, ειδικά σε ανανά συχνά υπερβαίνει το 50% του βάρους των νωπών καρπών. Αυτά τα πλεονεκτήματα κάνουν τα φρεσκοτεμαχισμένα φρούτα να παράγουν καλά και αποδεκτά αντικείμενα στον τομέα των υπηρεσιών τροφίμων, στις εμπορικές σαλάτες και τα fast food καταστήματα (Barrett et al., 2005).

### 3.3 Επιδράσεις της επεξεργασίας των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων στη φυσιολογία τους

Ενώ η επεξεργασία των φρούτων γενικά επεκτείνει τη διάρκεια ζωής τους, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της κονσερβοποίησης, της κατάψυξης και της ξήρανσης, η επεξεργασία των φρεσκοτεμαχισμένων αυξάνει το ρυθμό αλλοίωσής τους. Ο φυσικός τραυματισμός του ιστού που προκαλείται από το παρασκεύασμα (αποφλοιώση, κοπή, τεμαχισμός σε φέτες) των φρεσκοτεμαχισμένων προϊόντων οδηγεί σε πολλές φυσικές και φυσιολογικές αντιδράσεις. Υπάρχει αύξηση του ποσοστού αναπνοής και της παραγωγής αιθυλενίου, η οποία έχει αντίκτυπο στη ποιότητα των φρούτων και τη διάρκεια ζωής τους. Ο αυξημένος ρυθμός αναπνοής σχετίζεται με τον αυξημένο κυτταρικό μεταβολισμό, γεγονός που συμβάλλει στην ταχύτερη επιδείνωση της ποιότητας. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει παραδείγματα

ρυθμών αναπνοής σε φρέσκα φρούτα σε σύγκριση με άθικτα φρούτα. Τα ποσοστά αναπνοής αυξάνονται με το βαθμό τραυματισμού ή την επεξεργασία ή με τη θερμοκρασία αποθήκευσης (Barrett et al., 2005).

Πίνακας 3: Ρυθμός αναπνοής φρεσκοτεμαχισμένων και ολόκληρων φρούτων αποθηκευμένων σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

Φρούτο		Αναπνοή (mg CO <sub>2</sub> /kg/h)		
		0°C	5°C	10°C
Ακτινίδιο	Ολόκληρο	3.2	4.6	8.6
	Τεμαχισμένο	7.2	11.6	23.3
Ροδάκινο	Ολόκληρο	4.0	8.1	15.0
	Τεμαχισμένο	6.0	10.0	18.6
Πεπόνι	Μεγάλο, ολόκληρο	4.8	8.6	14.7
	Μεγάλο, τεμαχισμένο	3.7	7.0	12.2
	Μικρό, ολόκληρο	3.1	6.3	13.6
	Μικρό, τεμαχισμένο	2.7	4.2	9.8
Χάνειντιου	Ολόκληρο	1.4	4.6	5.2
	Τεμαχισμένο	2.3	3.0	8.3

Σε μία μελέτη σε παπάγια, τα φρούτα διατηρήθηκαν, κατά το ήμισυ με σπόρους και το άλλο μισό χωρίς σπόρους. Λόγω της κοπής τους άρχισαν να παράγουν αιθυλένιο 5-9 φορές παραπάνω σε σύγκριση με ένα άθικτο ίδιο φρούτο. Επίσης λόγω του τραυματισμού του φρούτου κατά τη διαδικασία αφαίρεσης των σπόρων του, το μέρος τη παπάγιας που δεν είχε καρπούς άρχισε να κιτρινίζει χάνοντας το αρχικό του χρώμα, καθώς άρχισαν και να μαλώνουν οι ιστοί του (Barrett et al., 2005).

### 3.4 Παράμετροι ποιότητας των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων

Η ποιότητα των φρέσκων προϊόντων φρούτων είναι ένας συνδυασμός χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων που καθορίζουν την αξία τους στον καταναλωτή. Οι παράμετροι ποιότητας περιλαμβάνουν την εμφάνιση, την υφή, τη γεύση και τη θρεπτική αξία. Η σχετική σημασία της καθεμιάς εξαρτάται από το εμπόρευμα ή το προϊόν και από το εάν καταναλώνεται ως έχει (με ή χωρίς τροποποιητές γεύσης) ή χρειάζεται κάποια περαιτέρω επεξεργασία. Οι καταναλωτές κρίνουν την ποιότητα των φρέσκων φρούτων με βάση την εμφάνιση και τη φρεσκάδα κατά την αγορά. Ωστόσο, μεταγενέστερα εξαρτάται από την ικανοποίηση του καταναλωτή όσον αφορά την υφή,

τη γεύση και την ποιότητα του προϊόντος. Οι καταναλωτές ενδιαφέρονται επίσης για τη διατροφική ποιότητα-θρεπτικότητα και την ασφάλεια φρέσκων προϊόντων.

Η ποιότητα των άθικτων φρούτων εξαρτάται από την ποικιλία, την καλλιέργεια πριν τη συγκομιδή, τις κλιματικές συνθήκες, την ωριμότητα κατά τη συγκομιδή και μέθοδο συγκομιδής. Ο χειρισμός ή η αντιμετώπιση των διαδικασιών, των συνθηκών και του χρόνου μεταξύ συγκομιδής και παρασκευής των προϊόντων φρέσκιας κοπής έχουν επίσης σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα των άθικτων φρούτων, κατά συνέπεια και της ποιότητας τους. Πρόσθετοι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των φρεσκοτεμαχισμένων περιλαμβάνουν τη μέθοδο παρασκευής (εργαλεία κοπής, το μέγεθος και η επιφάνεια των κομμένων τεμαχίων, το πλύσιμο και η αφαίρεση της επιφανειακής υγρασίας) και τις μεταγενέστερες συνθήκες χειρισμού (συσκευασία, ψύξη, διατήρηση βέλτιστης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, ταχεία εμπορία). Πρέπει τελικά να ληφθεί υπόψη ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα διασφάλισης όλων των παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα των άθικτων φρούτων, ώστε στη συνέχεια τα προϊόντα φρέσκιας κοπής να κληρονομήσουν την ποιότητα αυτή (Lamikanra, 2002).

#### 3.4.1 Επιλογή της σωστής ποικιλίας

Η επιλογή της ποικιλίας είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για να λάβουμε τεμαχισμένα φρούτα υψηλής ποιότητας. Θα πρέπει να επιλεχθούν ποικιλίες οι οποίες είναι κατάλληλες για τον τεμαχισμό, την περαιτέρω επεξεργασία, τη συσκευασία και την διανομή τους. Σε αυτό το στάδιο, πολλά χαρακτηριστικά μπορούν να ληφθούν υπόψη, όπως το σχήμα ή μέγεθος του φρούτου, το πάχος της σάρκας, η ευαισθησία σε παθογόνους μικροοργανισμούς πριν και μετά τη συγκομιδή, η αφυδάτωση, απώλεια υφής κλπ. Οι διαφορετικές ποικιλίες φρούτων μπορεί να διαφέρουν ως προς τα ποσοστά αναπνοής όταν τεμαχίζονται. Μια σύγκριση από διάφορες ποικιλίες αχλαδιών που είναι συνήθως διαθέσιμες στις ΗΠΑ έδειξε πως τα τεμαχισμένα φρούτα σε αντίθεση με τα άθικτα, εμφάνισαν αύξηση από 35% έως 232% του ρυθμού αναπνοής τους στις ίδιες συνθήκες αποθήκευσης. Για παράδειγμα τα τεμαχισμένα αχλάδια της ποικιλίας Bosc εμφάνισαν 35% αυξημένο ρυθμό αναπνοής σε σχέση με τα ολόκληρα, ενώ τα τεμαχισμένα της ποικιλίας Αντζού εμφάνισαν αύξηση 232%. Επομένως τα αχλάδια της ποικιλίας Αντζού είναι εξαιρετικά δυσκολότερο να διατηρηθούν τεμαχισμένα σε σχέση με αυτά της ποικιλίας Bosc. Αναλόγως την ποικιλία θα επηρεαστεί η μεταβολή του χρώματος αλλά και της υφής κατά την αποθήκευση επίσης.

Επιπλέον πολλοί αγρονομικοί παράγοντες όπως ο τύπος του εδάφους, η ύπαρξη ή όχι λιπασμάτων η παροχή του νερού αλλά και περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως το κλίμα και οι βροχοπτώσεις μπορούν να επηρεάσουν την επιλογή της κατάλληλης ποικιλίας. (Barrett, Somogyi, & Ramaswamy, 2005)



### 3.4.2 Επιλογή της κατάλληλης ωριμότητας πριν τον τεμαχισμό

Η ποιότητα και η διάρκεια ζωής των φρέσκων φρούτων επηρεάζονται από το στάδιο ωριμότητας. Κανείς θα περίμενε το φρούτο να τεμαχιστεί όταν αυτό βρίσκεται στο καλύτερο στάδιο της ωριμότητάς του δηλαδή όταν θα έχει τα καλύτερα χαρακτηριστικά γεύσης, αρώματος και υφής. Συχνά ένα πλήρως ώριμο φρούτο μπορεί να βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο μαλακότητας των ιστών του για την παρασκευή φρεσκοτεμαχισμένων κομματιών του, ενώ ένα μη πλήρως ώριμο φρούτο μπορεί να μην παρουσιάσει την απαιτούμενη ποιότητα του φρούτου αν αυτό κοπεί. Η σύνθεση τόσο της γεύσης όσο και των χρωστικών ενώσεων του φρούτου γίνονται σε προχωρημένο στάδιο της ωρίμανσής του επομένως μια πρώιμη συγκομιδή μπορεί να οδηγήσει σε κακή γεύση και χρώμα. Η μικρότερη διάρκεια ζωής κατά την αποθήκευση είναι αποτέλεσμα της συγκομιδής είτε υπερβολικά ανώριμων φρούτων τα οποία είναι πιο επιρρεπή σε φυσιολογικές διαταραχές από τα φρούτα που συγκομίζονται στο σωστό στάδιο ωρίμανσης. Σε έρευνα που έγινε, οι πλήρως ώριμες φέτες αχλαδιών είχαν διάρκεια ζωής 2 days στους 0°C σε αντίθεση με τις μη πλήρως ώριμες φέτες πράσινων αχλαδιών που είχαν διάρκεια ζωής 8 days στους 0°C. Παρότι την αυξημένη διάρκεια ζωής τους, η γευστική ποιότητα των μη ώριμων φετών ήταν κατώτερη από την αντίστοιχη των ώριμων και διακρίθηκε για την έλλειψη αρώματος, χυμώδους ικανότητας και γεύσης. Παρομοίως σε μια άλλη έρευνα χρησιμοποιώντας βαθμολογίες ποιότητας βασισμένες στην εμφάνιση, τη σταθερότητα και τη γεύση, οι κύβοι πεπονιών τεμαχισμένοι από ανώριμους έως σχεδόν ώριμους καρπούς βαθμολογήθηκαν ως φτωχοί μετά την αποθήκευση στους 10°C για 3 days και φτωχοί έως σχεδόν αποδεκτοί για αποθήκευση για 7 days στους 5°C. Αντίθετα οι κύβοι πεπονιών από πλήρως ώριμους καρπούς βαθμολογήθηκαν ως αρκετά καλοί για αποθήκευση για 7 days στους 5°C και καλοί για αποθήκευση στους 10°C για 3 days. Τελικά από όλα τα παραπάνω προέκυψε πως τα φρεσκοτεμαχισμένα προϊόντα από μη ώριμους καρπούς δεν είχαν τη απαιτούμενη ποιότητα γεύσης και αρώματος όπως τα τεμαχισμένα κομμάτια από πλήρως ώριμους καρπούς. (Barrett, Somogyi, & Ramaswamy, 2005)

### 3.4.3 Εξωτερική εμφάνιση – έλεγχος του ενζυμικού μαυρίσματος

Αυτή μπορεί να περιλαμβάνει το μέγεθος, το σχήμα, το χρώμα, τη στιλπνότητα και την ύπαρξη ή μη διαφόρων ελαττωμάτων ή φθοράς. Τα ελαττώματα μπορεί να προέρχονται πριν από τη συγκομιδή, αλλά και να είναι αποτέλεσμα ζημιών από έντομα, ασθένειες, πουλιά, χαλάζι, χημικούς τραυματισμούς και διάφορες άλλες τυχόν ατέλειες (όπως ουλές, ψώρα). Τα ελαττώματα μετά τη συγκομιδή μπορεί να είναι μορφολογικά, φυσικά, φυσιολογικά, ή παθολογικά. Τα μορφολογικά ελαττώματα μπορεί να περιλαμβάνουν τη βλάστηση της πατάτας, του κρεμμυδιού και του σκόρδου, επιμήκυνση και κυρτότητα των σπαραγγιών, βλάστηση των σπόρων μέσα σε φρούτα όπως λεμόνια, τομάτες και πιπεριές. Φυσικά ελαττώματα περιλαμβάνουν τη συρρίκνωση και το μαρασμό όλων των προϊόντων, την εσωτερική ξήρανση μερικών φρούτων, τις μηχανικές βλάβες που μπορεί να αποκτήσουν κατά την επεξεργασία τους όπως περικοπές, βαθιές γρατζουνιές, σχισίματα, θραύση, δερματικές εκδορές,



παραμόρφωση (συμπύεση) και μώλωπες. Οι διαταραχές που σχετίζονται με τη θερμοκρασία (κατάψυξη, ψύξη, ηλιακό έγκαυμα) μπορεί να είναι πρήξιμο και αποσύνθεση των τοματών και εσωτερικές βλάβες στα φρούτα που ανήκουν στην κατηγορία των εμπύρηνων καρπών (Barrett, et al., 2005).

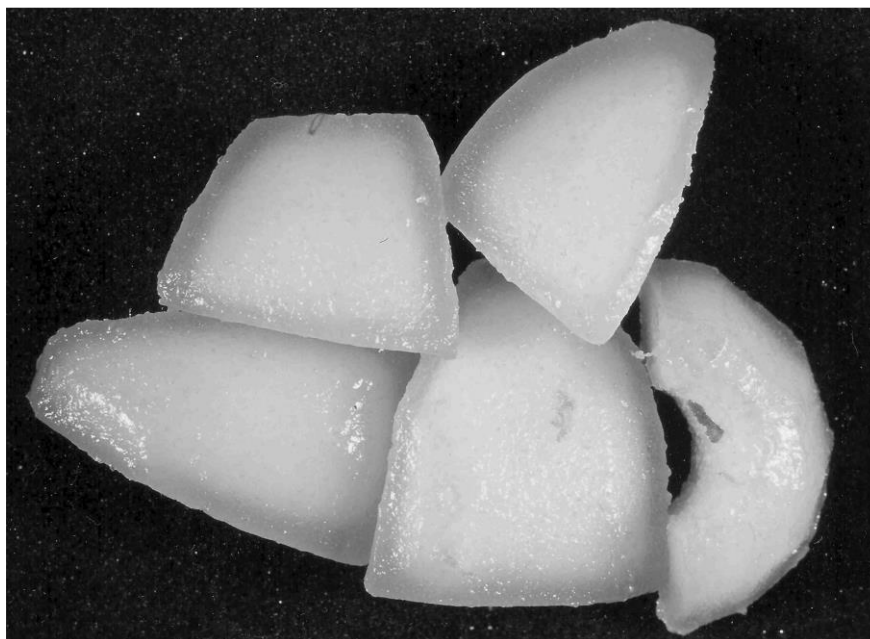
Τα περισσότερα ελαττώματα που οδηγούν σε μείωση του δυναμικού ζωής των φρέσκων φρούτων μετά τη συγκομιδή είναι το ενζυμικό μαύρισμα των ιστών, το οποίο μπορεί να είναι ένα σημαντικό μειονέκτημα των φρέσκων κομμένων φρούτων, εξαρτάται από τη συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων, τη δραστηριότητα της πολυφαινολοξειδάσης (PPO) και της συγκέντρωσης αντιοξειδωτικών στον ιστό (Barrett, et al., 2005). Ειδικότερα ενζυμικό μαύρισμα εμφανίζεται όταν στο φρούτο οι φαινολικές ενώσεις αντιδρούν με ένζυμα παρουσία οξυγόνου (VACLAVIK & Christian, 2008). Η πρόκληση τραύματος έχει ως συνέπεια την απώλεια της κυτταρικής διαίρεσης μεταξύ των φαινολικών ενώσεων (κυρίως στην κενотоπία) και η PPO (στο κυτταρόπλασμα) έχει ως αποτέλεσμα το μαύρισμα των ιστών με ρυθμό που αυξάνεται με τη θερμοκρασία. Το ενζυμικό μαύρισμα μπορεί να ελεγχθεί με φυσικές και χημικές μεθόδους. Οι φυσικές μέθοδοι περιλαμβάνουν την μείωση της θερμοκρασίας και του οξυγόνου και τη χρήση συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας ή εδωδιμων επικαλύψεων. Οι χημικές μέθοδοι περιλαμβάνουν είτε θεραπεία με ενώσεις που αναστέλλουν την λειτουργία της PPO είτε με ενσωμάτωση αναστολέων του ενζυμικού μαυρίσματος όπως του ασκορβικού οξέος. (Barrett, et al., 2005).

#### 3.4.4 Υφή

Αυτή περιλαμβάνει τη σταθερότητα, την τραγανότητα, τη χυμώδη ικανότητά τους, τη γεύση και την αντοχή ανάλογα με το εμπόρευμα. Η υφή των φρούτων δεν είναι σημαντική μόνο για την ποιότητα του φαγητού και μαγειρέματος, αλλά και για τη δυνατότητα που έχουν να σταλούν ως εμπόρευμα σε μακρινά μέρη. Τα μαλακά φρούτα δεν μπορούν να αποσταλούν σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς εκτεταμένες απώλειες λόγω σωματικών βλαβών που δημιουργούνται καθώς αυτά στοιβάζονται σε τελάρα ή άλλων ειδών κιβώτια. Αυτό οδήγησε σε συγκομιδή των φρούτων σε περιόδους που τα φρούτα δεν είχαν αποκτήσει ακόμη την ιδανική ωριμότητα από την άποψη της ποιότητας της γεύσης σε πολλές περιπτώσεις, όπως τα πεπόνια που πωλούνται τους χειμερινούς μήνες στις αγορές των ΗΠΑ. Ο μαλακτικός ιστός και η σχετική απώλεια ακεραιότητας και διαρροής χυμού από τα προϊόντα φρέσκιας κοπής μπορεί να είναι η κύρια αιτία κακής ποιότητας και μη εμπορίας. Η αύξηση της συγκέντρωσης ασβεστίου στους ιστούς μπορεί να επιβραδύνει το ρυθμό μαλάκωσης τους. Επίσης, η αρχική σταθερότητα, η θερμοκρασία και οι κραδασμοί επηρεάζουν το ρυθμό μαλακώματος και το ρυθμό διαρροής χυμών από φρέσκα φρούτα.

Η υφή των φρούτων γίνεται αντιληπτή από τον καταναλωτή πριν από τη γεύση. Όταν δαγκώνει κανείς ένα κομμάτι μήλου, η τραγανότητα γίνεται αντιληπτή πριν από τον χυμό. Το μαλάκωμα ή η απώλεια της σταθερότητας των ιστών είναι ένα ελάττωμα ποιότητας που θέτει σε κίνδυνο τη διάρκεια ζωής πολλών φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων. Σε έρευνα που έγινε σε φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια πλήρους ωρίμανσης,

αυτά μόλις λίγα λεπτά μετά τον τεμαχισμό εμφανίσανε ημιδιαφανείς άκρες όπως στην παρακάτω εικόνα. Η ποικιλία των αχλαδιών είχε επιλεγεί διότι ήταν ποιοτικά και διατροφικά ανώτερη σε σχέση με άλλες, όμως κρίθηκε ακατάλληλη για τεμαχισμό. Επιπλέον σε φρεσκοτεμαχισμένα ακτινίδια σημειώθηκε αξιοσημείωτο μαλάκωμα των ιστών μετά την κοπή τους. Η απώλεια της σκληρότητας αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας αλλά και με την αύξηση του χρόνου αποθήκευσης, ενώ η απομάκρυνση του αιθυλενίου της ατμόσφαιρας περιορίζει της απώλειας υφής στα φρεσκοτεμαχισμένα φρούτα (Barrett et al., 2005) .



*Εικόνα 16: τεμαχισμένα αχλαδια λίγα λεπτά μετά το τεμαχισμό τους.*

#### 3.4.5 Γεύση

Αυτή περιλαμβάνει τη γλυκύτητα, την οξύτητα, τη στυπτικότητα, την πικράδα, το άρωμα και τα αρώματα. Η ποιότητα της γεύσης περιλαμβάνει την αντίληψη των γεύσεων και των αρωμάτων πολλών ενώσεων. Ο αντικειμενικός αναλυτικός προσδιορισμός των κρίσιμων στοιχείων πρέπει να συζευχθεί με υποκειμενικές εκτιμήσεις από πάνελ δοκιμαστών για να δώσουν χρήσιμες και ουσιαστικές πληροφορίες για την ποιότητα των νωπών φρούτων. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό ενός ελάχιστου επιπέδου αποδοχής. Για να μάθει κανείς τις προτιμήσεις των καταναλωτών για τη γεύση ενός δεδομένου φρούτου ή τρόφιμου γενικότερα πρέπει να διενεργείται μεγάλης κλίμακας δοκιμή από αντιπροσωπευτικό δείγμα των καταναλωτών. Η γεύση των περισσότερων φρούτων επηρεάζεται από την περιεκτικότητα σε σάκχαρα (γλυκύτητα), οργανικά οξέα (οξύτητα), φαινολικές ενώσεις (στυπτικότητα) και από πτητικές ενώσεις με οσμή (άρωμα). Απαιτούνται πολλές πληροφορίες σχετικά με τις βέλτιστες περιοχές συγκέντρωσης για αυτά τα συστατικά, ώστε να εξασφαλιστεί μία καλή γενική γεύση (με βάση την αισθητική αξιολόγηση) του καθενός είδος φρούτου για να ικανοποιήσει την πλειοψηφία των καταναλωτών. Σε πολλές περιπτώσεις, οι καταναλωτές είναι

πρόθυμοι να πληρώσουν υψηλότερη τιμή για φρούτα με καλή γεύση και υπάρχει μία αυξανόμενη τάση για καταστήματα υψηλής ποιότητας που εξυπηρετούν αυτή την πελατεία. (Barrett et al., 2005)

#### 3.4.6 Θρεπτική αξία

Τα φρέσκα φρούτα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διατροφή των ανθρώπων, ιδίως επειδή είναι πηγές βιταμινών (βιταμίνη C, βιταμίνη A, βιταμίνη B6, θειαμίνη, νιασίνη), ιχνοστοιχείων, και φυτικών ινών. Επίσης περιέχουν συστατικά που μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου, καρδιακών παθήσεων και άλλων ασθενειών. Αυτά τα συστατικά περιλαμβάνουν φλαβονοειδή, καροτενοειδή, πολυφαινόλες και άλλα φυτοθρεπτικά συστατικά. Οι απώλειες μετά τη συγκομιδή όσον αφορά τη θρεπτική ποιότητα, ιδιαίτερα την περιεκτικότητα σε βιταμίνη C, μπορεί να είναι σημαντικές και ενισχύονται από μηχανικές βλάβες, παρατεταμένη διάρκεια αποθήκευσης, υψηλές θερμοκρασίες, χαμηλή σχετική υγρασία και τραυματισμού λόγω του ψύχους στα ευαίσθητα σημεία των φρούτων. Η διατροφική αξία ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των αγαθών και των ποικιλιών κάθε προϊόντος. Χρησιμοποιώντας προσεγγίσεις φυτοκαλλιέργειας και βιοτεχνολογίας, είναι δυνατόν να αναπτυχθούν γονότυποι με βελτιωμένη διατροφική ποιότητα και βελτιωμένη ποιότητα γεύσης και να ενθαρρύνουν τους καταναλωτές να καταναλώνουν περισσότερα φρούτα (τουλάχιστον πέντε μερίδες την ημέρα). (Barrett, Somogyi, & Ramaswamy, 2005)

Σε έρευνα που έγινε το 2006 έγινε προσπάθεια προσδιορισμού στις αλλαγές της ποιότητας και την διατήρηση των θρεπτικών συστατικών σε φρεσκοτεμαχισμένα φρούτα σε σχέση με ολόκληρα. Παρατηρήθηκαν οι επιδράσεις της επεξεργασίας και της αποθήκευσης στους δείκτες ποιότητας και στο θρεπτικό περιεχόμενο των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων ανανά, φράουλας πεπονιού, μάνγκο και ακτινιδίου για 9 ημέρες στους 5 °C. Οι απώλειες στη βιταμίνη C μετά από 6 ημέρες στους 5 °C ήταν κατά 5% σε μάνγκο, φράουλα και καρπούζια, 10% σε κομμάτια ανανά, 12% σε φέτες ακτινιδίου. Δεν διαπιστώθηκαν απώλειες σε καροτενοειδή (βασική πηγή βιταμίνης A, καθώς είναι και χρωστική ουσία) στις φέτες ακτινιδίων και κομμάτια καρπουζιών, ενώ οι απώλειες στον ανανά ήταν, οι υψηλότερες, στο 25% και στη συνέχεια 10-15% στο πεπόνι, μάνγκο και στα κομμάτια φράουλας μετά από 6 ημέρες στους 5°C. Δεν υπήρξαν σημαντικές απώλειες στο σύνολο των φαινολικών που βρέθηκαν σε οποιοδήποτε από τα φρέσκα προϊόντα φρούτων που δοκιμάστηκαν μετά από 6 ημέρες στους 5 °C. Η έκθεση στο φως οδηγεί μειωμένη περιεκτικότητα σε βιταμίνη C στις φέτες ακτινιδίου. Το σύνολο των περιεχόμενων καροτενοειδών μειώθηκε σε φρεσκοτεμαχισμένα πεπόνια και φέτες ακτινιδίων, αλλά αυξήθηκαν σε φρεσκοτεμαχισμένα μάνγκο και καρπουζιών λόγω της έκθεσης του φωτός κατά την αποθήκευση στους 5 °C για έως και 9 ημέρες. Δεν υπήρξε καμία επίδραση της έκθεσης στο φως σχετικά με το περιεχόμενο των φαινολικών. Σε γενικές γραμμές, τα φρεσκοτεμαχισμένα φρούτα είχαν χαλάσει οπτικά, λόγω του ενζυμικού μαυρίσματος, πριν χάσουν σημαντικά ποσοστά θρεπτικών συστατικών (Gil et al., 2006)

### 3.5 Επέκταση διάρκειας ζωής των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων

Μόλις αναγνωρίζονται οι αρνητικές συνέπειες που προκαλούνται από τραυματισμούς κατά την επεξεργασία των φρούτων φρέσκιας κοπής, είναι σημαντικό να αναζητηθούν μέσα επέκτασης της διάρκειας ζωής τους. Ο στόχος είναι να διατηρηθεί μία φρέσκια εμφάνιση, γεύση και διατροφική ποιότητα του προϊόντος εξασφαλίζοντας φυσικά και την ασφάλειά του από θέμα υγιεινής. Μεταξύ των πιο κοινών τεχνικών που χρησιμοποιούνται για την παράταση της διάρκειας ζωής του φρεσκοτεμαχισμένου φρούτου είναι η διαχείριση θερμοκρασίας και η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Άλλα οφέλη που βρέθηκαν μπορεί να είναι με την εφαρμογή εδώδιμων επικαλύψεων. Είναι σημαντικό να θεωρηθεί ότι ο καταναλωτής αντιλαμβάνεται ένα προϊόν φρέσκιας κοπής ως φρέσκο προϊόν, το οποίο είναι ελάχιστα τροποποιημένο και έτοιμο για κατανάλωση. Δεν αναμένεται ότι πολλές χημικές ουσίες προστίθενται σε τέτοια προϊόντα ή ότι αντιμετωπίζονται με τρόπους που δεν θεωρούνται υγιεινοί από το κοινό. Σε μία έρευνα σχετικά με την αντίληψη των έτοιμων για χρήση προϊόντων (δηλαδή προϊόντων που δεν χρειάζονται περαιτέρω επεξεργασία στο σπίτι), οι καταναλωτές αποκάλυψαν την επιθυμία ότι τα προϊόντα αυτά θέλουν να διατηρούνται για περισσότερο χρόνο και χωρίς τη χρήση συντηρητικών. (Barrett, Somogyi, & Ramaswamy, 2005)

#### 3.5.1 Διαχείριση θερμοκρασίας

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας είναι πολύ κρίσιμος για την παράταση της διάρκειας ζωής των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων καθώς μπορεί να ελαχιστοποιήσει τις απώλειες που σχετίζονται την υποβάθμιση της ποιότητας των φρούτων καθώς και μέσω της θερμοκρασίας μπορεί να ελαχιστοποιηθούν οι μολύνσεις που προκαλούνται από μικροβιακές αλλοιώσεις. Σε χαμηλές θερμοκρασίες, οι ρυθμοί αναπνοής και η ενζυμική δραστηριότητα αλλά και ο γενικός μεταβολισμός των φρούτων μειώνεται, με αποτέλεσμα την επέκταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος. Η ανάπτυξη κάποιων παθογόνων μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοιώσεις στα τρόφιμα, μειώνεται κάτω από τις συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας που συνιστώνται για την επεξεργασία φρούτων φρέσκιας κοπής κατά την αποθήκευσή τους. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 δείχνουν την επίδραση της θερμοκρασίας στους ρυθμούς αναπνοής σε μερικά φρούτα. Τα φρέσκα φρούτα πρέπει ιδανικά να διατηρούνται κοντά στο στους 0°C, ακόμη και για φρούτα ευαίσθητα στην ψύξη, επειδή η υποβάθμιση της ποιότητας που προκύπτει από την αποθήκευση σε θερμοκρασίες όπου δεν επιτυγχάνεται απενεργοποίηση της δράσης των παθογόνων μικροοργανισμών είναι σαφώς μεγαλύτερη από θερμοκρασίες στις οποίες προκύπτουν βλάβες λόγω ψύχους στα τρόφιμα. Η ταχεία ψύξη των φρεσκοτεμαχισμένων προϊόντων μειώνει τα ποσοστά αναπνοής και φθοράς, καθώς και τη μικροβιακή αλλοίωση. Ωστόσο, είναι πρωταρχικής σημασίας το φρούτο να διατηρείται υπό ψύξη σε όλη τη διάρκεια της επεξεργασίας και της διανομής ακόμα μέχρι και την κατανάλωση. (Barrett, Somogyi, & Ramaswamy, 2005)

### 3.5.2 Συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING (MAP))

Η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) μπορεί να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής του προϊόντος με ελαχιστοποίηση των απωλειών του νερού από τα τρόφιμα, με μείωση του ρυθμού αναπνοής και των ποσοστών παραγωγής αιθυλενίου, με μείωση της μεταβολικής δραστηριότητας και της μικροβιακής ανάπτυξης και αποσύνθεσης. Το ευρέως χρησιμοποιούμενο MAP στοχεύει στη δημιουργία μίας ιδανικής σύνθεσης ατμόσφαιρας μέσα στη συσκευασία. Η τροποποίηση της ατμόσφαιρας που περιβάλλει το φρέσκο προϊόν στη συσκευασία μπορεί να είναι είτε μέσω της δημιουργίας μίας ενεργού τροποποιημένης ατμόσφαιρας (έκπλυση αερίων) είτε να παράγεται με την πάροδο του χρόνου από τα κομμάτια φρούτων που αναπνέουν στη σφραγισμένη συσκευασία. Παρά το οικονομικό του κόστος, το ενεργό MAP έχει προτιμηθεί, διότι εκεί μπορεί να ρυθμιστεί και να διατηρηθεί η ατμόσφαιρα που ο καθένας επιθυμεί, ώστε να διατηρηθεί σε κατάλληλες συνθήκες το φρούτο.

Σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες, τα επίπεδα οξυγόνου είναι γενικά μειωμένα και τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα είναι αυξημένα. Αυτό οδηγεί σε μειωμένη ευαισθησία φυτικών ιστών σε αιθυλένιο. Χαμηλά επίπεδα οξυγόνου οδηγούν σε μειωμένο ρυθμό αναπνοής, μειωμένη σύνθεση αιθυλενίου, μειωμένη αποικοδόμηση χλωροφύλλης, μειωμένη αποικοδόμηση κυτταρικού τοιχώματος και μείωση της οξειδωσης των φαινολικών συστατικών. Για τη δημιουργία ασφαλών τροποποιημένων ατμοσφαιρών είναι σημαντικό να καθοριστεί η ανοχή του προϊόντος σε χαμηλά επίπεδα οξυγόνου και υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα.

Σε γενικές γραμμές οι συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου ποικίλουν για τα διάφορα είδη φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων. Έτσι είναι σημαντικό να προσδιοριστεί πειραματικά η σύνθεση της κατάλληλης ατμόσφαιρας για κάθε συγκεκριμένο προϊόν, η οποία επεκτείνει τη διάρκεια ζωής του προϊόντος και αποτρέπει τις ζημιές που μπορεί να προκύψουν από τη σύνθεση μίας ακατάλληλης ατμόσφαιρας. Μία επαρκής συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας πρέπει να συμβάλλει στη μείωση της αναπνοής και να εμποδίζει την αναερόβια αναπνοή. Στο σχεδιασμό της βέλτιστης MAP, είναι ύψιστης σημασίας να γνωρίζει κανείς την ιδανική ατμόσφαιρα για κάθε συγκεκριμένο φρεσκοτεμαχισμένο φρούτο και το ρυθμό αναπνοής του κάτω από μία ορισμένη θερμοκρασία..

Μία άλλη σημαντική πτυχή στην εφαρμογή της συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας είναι η επιλογή κατάλληλων υλικών συσκευασίας. Οι κοινές συσκευασίες περιλαμβάνουν περιέκτες με εύκαμπτες θήκες, ημι-άκαμπτες πολυστρωματικές θήκες και άκαμπτα πλαστικά δοχεία με παράθυρα διάχυσης αερίου. Η πιο κοινή μεμβράνη που είναι από πολυμερή υλικά και χρησιμοποιείται στη συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας είναι το πολυπροπυλένιο.

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την ατμοσφαιρική σύνθεση σε ισορροπία μέσα στη συσκευασία. Αυτοί είναι ο τύπος μεμβράνης, το πάχος της, το βάρος των φρέσκων φρούτων στη συσκευασία, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και ο ρυθμός αναπνοής του προϊόντος. Παρά την πρόοδο που σημειώνεται στην τεχνολογία της

συσκευασίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας, μέχρι στιγμής δεν είναι επαρκής για να μπορέσει να ανταποκριθεί με επιτυχία στις απαιτήσεις των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων. Περισσότερη έρευνα είναι απαραίτητη για τον καθορισμό των καταλληλότερων ατμοσφαιρών για φρεσκοτεμαχισμένα φρούτα, τα οποία αναμένονται να ποικίλουν αναλόγως με την ποικιλία, την τοποθεσία καλλιέργειας και τη διάρκεια αποθήκευσης πριν από την επεξεργασία. (Barrett, Somogyi, & Ramaswamy, 2005)

### 3.5.3 Υγρασία

Η υγρασία είναι ακόμη ένας σημαντικός παράγοντας που θα πρέπει να ελέγχεται κατά την αποθήκευση των φρέσκων φρούτων. Αν και το νερό είναι το πιο άφθονο συστατικό (80 έως 90% του νωπού βάρους) των φρούτων, ακόμη και μικρές αλλαγές της τάξης του 5% στην περιεκτικότητα νερού είναι επιζήμιες για την ποιότητά τους. Στα φρέσκα φρούτα η αφαίρεση της φλούδας τους και γενικά η κοπή τους σε φέτες, κυβάκια ή άλλα σχήματα, οδηγεί σε μεγάλες επιφάνειες σε απευθείας έκθεση στην ατμόσφαιρα ή στον ήλιο που σημαίνει πολύ αυξημένη απώλεια νερού. Η αφυδάτωση της επιφάνειας συμβαίνει γρήγορα και έχει αρνητικό αντίκτυπο στην εμφάνιση του προϊόντος, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ένα προϊόν με λιγότερη στιλπνότητα, μεγαλύτερα τσακίσματα και μαρασμό. Η αποξήρανση επίσης μπορεί ευνοήσει την ανάπτυξη μικροοργανισμών που αναπτύσσονται σε περιβάλλον χαμηλής υγρασίας, όπως διάφοροι μύκητες. Επιπλέον, μείωση της απώλειας της υγρασίας ενός φρούτου μπορεί να επιτευχθεί μειώνοντας την ικανότητα του αέρα του περιβάλλοντος να συγκρατεί το νερό. Αυτό γίνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας, την αύξηση της σχετικής υγρασίας όπως σε συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Η κατακράτηση υγρασίας μπορεί επίσης να επιτευχθεί με εδώδιμες επικαλύψεις. (Barrett, Somogyi, & Ramaswamy, 2005)

### 3.5.4 Εδώδιμες επικαλύψεις

Η χρήση εδώδιμων επικαλύψεων είναι μία άλλη μέθοδος επέκτασης της διάρκειας ζωής των φρέσκων κομμένων φρούτων. Οι επικαλύψεις αυτές αποτελούνται από λεπτά στρώματα προστατευτικών υλικών που εφαρμόζονται στην επιφάνεια του φρούτου ως αντικατάσταση του φυσικού προστατευτικού ιστού (φλούδα). Τα εδώδιμα επιχρίσματα χρησιμοποιούνται ως ημιδιαπερατοί φραγμοί που συμβάλλουν στη μείωση της αναπνοής, καθυστερούν την απώλεια νερού, ελέγχουν τη δραστηριότητα του αποχρωματισμού, βελτιώνουν την υφή και τη μηχανική ακεραιότητα, βοηθούν στη διατήρηση των πτητικών ενώσεων που επηρεάζουν τη γεύση του φρούτου και βοηθούν στη μείωση της ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών και μικροβίων με συνέπεια τελικά να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του φρούτου (Dhall, 2013). Τέλος οι εδώδιμες επικαλύψεις σε φρεσκοτεμαχισμένα φρούτα μπορούν να συνδυαστούν και με συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας για ακόμη μεγαλύτερη προστασία και αντοχή στο χρόνο.



Διαφορετικά πρόσθετα τροφίμων μπορούν να ενσωματωθούν στη συνταγή της επικάλυψης, όπως αντιοξειδωτικά. Ο έλεγχος του επιφανειακού μαυρίσματος στα μήλα από το ασκορβικό οξύ, βελτιώθηκε όταν ενσωματώθηκαν σε μία εδώδιμη επικάλυψη πρόσθετα όπως αντιοξειδωτικά και συντηρητικά, σε σύγκριση με τη μεμβράνη χωρίς αυτά. Εκτός από τον έλεγχο του μαυρίσματος, τα πρόσθετα τροφίμων βοηθούν και σε άλλα χαρακτηριστικά των κομμένων φρούτων όπως στη μείωση της απώλειας της περιεχόμενης υγρασίας τους.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η παρατεταμένη διάρκεια ζωής, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η απαίτηση για ανώτερη ποιότητα φρούτων και των ποικιλιών που επιλέγονται, σωστές συνθήκες και πρακτικές υγιεινής, τον σωστό καθ' όλη τη διάρκεια της επεξεργασίας, την επαρκή διαχείριση της θερμοκρασίας και τη κατάλληλη επιλογή των συνθηκών συσκευασίας και αποθήκευσης. Όλοι αυτοί οι παράγοντες πρέπει να θεωρηθούν ως ένας τρόπος εξασφαλίζοντας όχι μόνο την παρατεταμένη διάρκεια ζωής, αλλά και ένα βολικό προϊόν υψηλής ποιότητας που είναι ασφαλές, διατροφικά υγιές, και ελκυστικό για τις αισθήσεις του ανθρώπου. (Barrett, Somogyi, & Ramaswamy, 2005)

### 3.6 Φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια και κυδώνια

#### Φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια

Οι καλλιεργητές και οι έμποροι αχλαδιών έχουν δείξει μεγάλο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη φρέσκων προϊόντων αχλαδιών για την τόνωση της κατανάλωσής τους. Ωστόσο, τα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια είναι αποτελούν μία μοναδική πρόκληση, λόγω της τάσης τους για ενζυμικό μαύρισμα και υφή που μαλακώνει κατά την αποθήκευση. Έχουν καταβληθεί προσπάθειες για την παρεμπόδιση ή τη μείωση μαυρίσματος των αχλαδιών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης από ελεγχόμενη ατμόσφαιρα αποθήκευση σε συνδυασμό με / χωρίς ασκορβικό οξύ (αντιοξειδωτικό) και / ή εμφάπτιση με άλας ασβεστίου (Rosen and Kader 1989, Gorny and others 1998). Οι Sapere και Miller (1998) ανέφεραν ότι η διάρκεια ζωής ενός αχλαδιού από 12 έως 14 ημέρες για τα για τις ποικιλίες Anjou και Bartlett (αλλά όχι Bosc) επετεύχθη με συνδυασμό ερυθροβικού νατρίου / ασβεστίου / 4-HR και συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Στόχος ήταν να αναπτυχθούν αποτελεσματικές μέθοδοι για την παράταση της διάρκειας ζωής των φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών με ταυτόχρονη διατήρηση των οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών σε ένα αποδεκτό για τους καταναλωτές σημείο.

Στην έρευνα των Dong et al. (2000), έγινε προσπάθεια παράτασης του χρόνου ζωής των τεμαχισμένων αχλαδιών σε φέτες. Τα αχλάδια Anjou με εμφάπτιση με 1.0% ασκορβικό οξύ και 1.0% γαλακτικό ασβέστιο δεν εμφάνισαν καφέ χρώμα για 30 ημέρες, αλλά η υφή ήταν μαλακή με συνέπεια διαρροή χυμού. Ο συνδυασμός 0,01% 4-εξυλορεσορκινόλης (4-HR), 0,5% ασκορβικού οξέος και 1,0% γαλακτικό ασβέστιο μπορεί να παράσχει από 15 έως 30 ημέρες αποθήκευσης για τα αχλάδια Anjou,

Bartlett και Bosc όταν τα αχλάδια σε μία μέση ωριμότητα, με 2 minutes εμβάπτιση, μερική συσκευασία κενού, και αποθήκευση 2 έως 5 °C (Dong et al. , 2000).

Σε μία άλλη έρευνα των Gorny et al. (2000) στόχος ήταν να βρεθεί πως επηρεάζει η ποικιλία, η καλλιέργεια, το μέγεθος του φρούτου καθώς και η αποθήκευση τις ποιοτικές αλλαγές των φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών τεσσάρων ποικιλιών (Bartlett, Bosc, Anjou και Red Anjou). Η έρευνα έδειξε πως τα μερικώς ωριμασμένα αχλάδια που είχαν κοπεί σε φέτες της ποικιλίας Bartlett είχαν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από ότι από αυτά των ποικιλιών Bosc, Anjou και κόκκινο Anjou. Η ωριμότητα των αχλαδιών, με βάση την σκληρότητα της σάρκας από 44 έως 58 N, είναι ιδανική για να προσχωρήσει κανείς στην επεξεργασία και τον τεμαχισμό τους σε φέτες. Οι φέτες αχλαδιών που προέρχονται από φρούτα μικρότερου μεγέθους υποβαθμίζονται ποιοτικά ταχύτερα στα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά σε σχέση με φέτες που θα προέρθουν από αχλάδια μεγαλύτερου μεγέθους. Τέλος, τα πρόσφατα συγκομισθέντα αχλάδια ποικιλίας Bartlett που διατηρούνται στους -1 ° C σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα 2% O<sub>2</sub> + 98% N<sub>2</sub> είχαν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής μετά τον τεμαχισμό τους από αυτά που διατηρούνται στον αέρα στους -1 ° C για την ίδια διάρκεια (Gorny et al., 2000).

Τέλος σε έρευνα των Gorny et al., (2001) αποθηκεύτηκαν φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια της ποικιλίας «Bartlett» σε διάφορες τροποποιημένες ατμόσφαιρες με χαμηλά επίπεδα O<sub>2</sub> και υψηλά CO<sub>2</sub>. Παρόλα αυτά δεν αποφεύχθηκε το ενζυμικό μαύρισμα των φρούτων. Στη συνέχεια εμβάπτισαν τις φέτες αχλαδιών σε διαλύματα χημικών συντηρητικών (2% (w/v) ασκορβικό οξύ, 1% (w/v) γαλακτικό ασβέστιο και 0,5% (w/v) κυστεΐνη σε pH 7,0) τα οποία μπορούν να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των τροφίμων κατά την αποθήκευση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας σε συνδυασμό με την εφαρμογή των χημικών συντηρητικών επεκτάθηκε σημαντικά η διάρκεια ζωής των φετών αχλαδιών, αναστέλλοντας την απώλεια της υφής, του βάρους και αποτρέποντας το μαύρισμα της επιφάνειάς τους. Επιπλέον οι συμμετέχοντες σε μια αξιολόγηση ποιότητας δεν μπόρεσαν να διακρίνουν διαφορές στις φέτες από αχλάδια που είχαν υποστεί επεξεργασία με αυτά τα χημικά συντηρητικά και αποθηκεύτηκαν για 1 ημέρα στους 0°C από άλλες φρέσκες φέτες αχλαδιών. Μετά από αποθήκευση 10 ημερών στον αέρα στους 0°C, το 82% των συμμετεχόντων κρίνει ότι οι φέτες αχλαδιού που έχουν υποστεί επεξεργασία είναι αποδεκτές εμφανισιακά και το 70% έκρινε πως είναι και γευστικά αποδεκτά (Gorny et al., 2001).

#### *Φρεσκοτεμαχισμένα κυδώνια*

Για φρεσκοτεμαχισμένα κυδώνια δεν έχει βρεθεί κάτι στη βιβλιογραφία διότι είναι ένα φρούτο που ελάχιστα ποικιλίες του τρώγονται ωμές, επομένως δεν έχει υπάρξει κάποια έρευνα πάνω σε αυτό το τομέα των κυδωνιών. Ωστόσο λόγω του

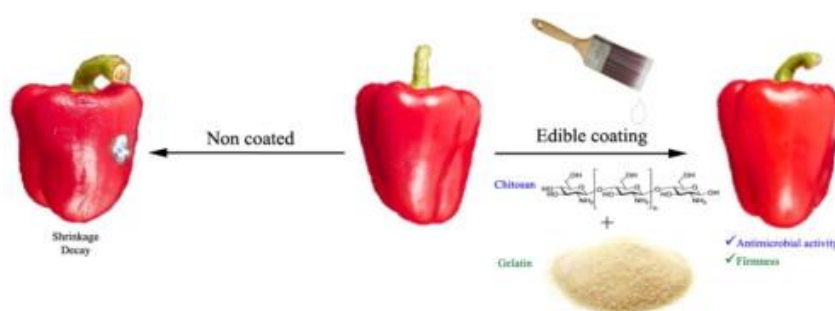


γεγονότος πως ανήκει στην ίδια οικογένεια φρούτων με το αχλάδι, δηλαδή στα σαρκώδη φρούτα, μπορούμε να θεωρήσουμε πως η ποιοτική του υποβάθμιση θα ακολουθήσει το μοντέλο της αντίστοιχης του αχλαδιού.

## 4 Τεχνολογία εδώδιμων επικαλύψεων για τη συντήρηση των φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων

### 4.1 Ιστορική αναδρομή της εφαρμογής της τεχνολογίας των εδώδιμων επικαλύψεων από το μεσαίωνα έως και σήμερα

Οι εδώδιμες μεμβράνες και επικαλύψεις, όπως το κερί σε διάφορα φρούτα, έχουν χρησιμοποιηθεί για να αποφευχθεί η απώλεια υγρασίας και να δημιουργηθεί μία λαμπερή επιφάνεια φρούτων για αισθητικούς σκοπούς (Embuscado & Huber, 2008).



Εικόνα 17: ένα τρόφιμο πριν και μετά την επικάλυψή του με εδώδιμη μεμβράνη

Γενικά η τεχνολογία των εδώδιμων μεμβρανών και επικαλύψεων θεωρείται μία σχετικά καινούργια μέθοδος συντήρησης προϊόντων τροφίμων. Αν κοιτάξει κανείς όμως στο παρελθόν, θα καταλάβει πως αυτό δεν αληθεύει, καθώς ήδη από το 12<sup>ο</sup> και 13<sup>ο</sup> αιώνα στην Κίνα εμβάπτιζαν στο κερί πορτοκάλια και λεμόνια και στην Αγγλία τον 16<sup>ο</sup> αιώνα κάλυπταν τα τρόφιμα με λίπος, προκειμένου να αποτρέψουν την απώλεια υγρασίας τους. Πλέον οι εδώδιμες μεμβράνες έχουν ένα ευρύ πεδίο χρήσεων που περιλαμβάνουν επικαλύψεις για λουκάνικα, επικαλύψεις σοκολάτας για ξηρούς καρπούς και φρούτα, κέρινες επικαλύψεις για φρούτα και λαχανικά και άλλα (Krochta et al., 1994).

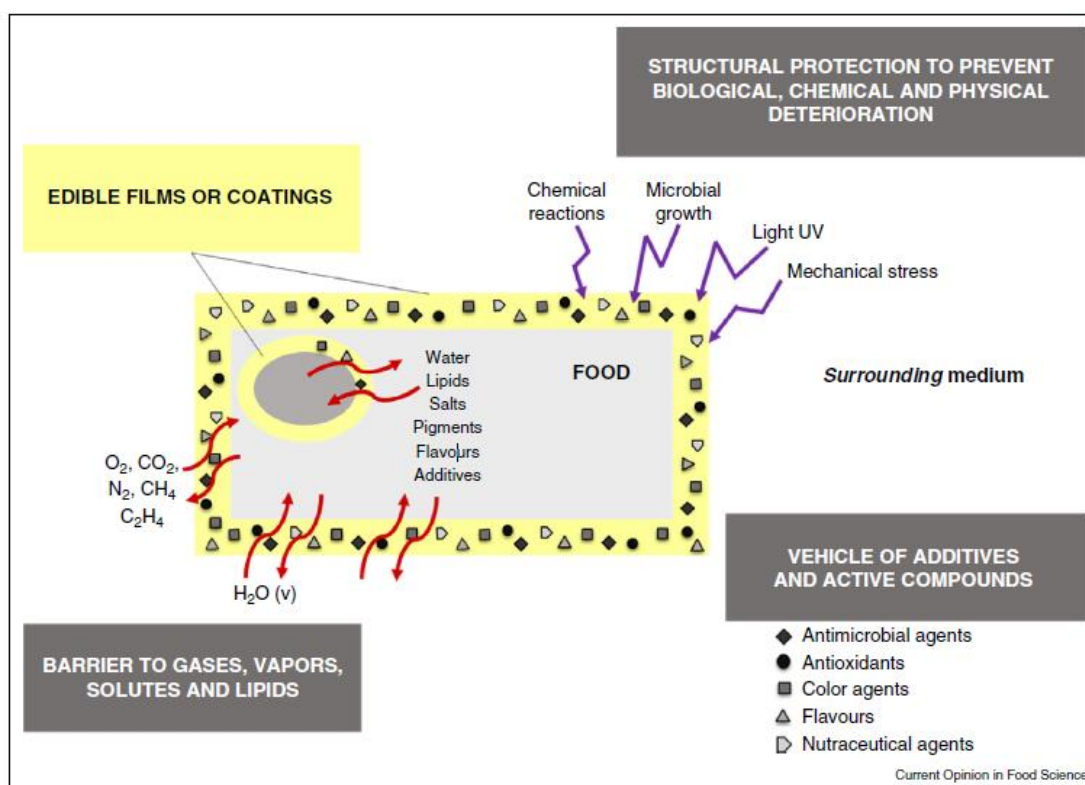
Μόλις το 1967, οι εδώδιμες μεμβράνες είχαν ελάχιστα εμπορικά χαρακτηριστικά, χρησιμοποιήθηκαν και περιορίστηκαν σε στρώματα κεριών σε φρούτα. Το 1986, υπήρχαν ελάχιστες εταιρείες που πρόσφεραν τέτοια προϊόντα, ενώ μέχρι το 1996, είχαν αυξηθεί σε 60 εταιρείες. Σήμερα, η χρήση εδώδιμων μεμβρανών έχει επεκταθεί τόσο σε σημείο που η βιομηχανία που ασχολείται με τις εδώδιμες μεμβράνες έχει αξία άνω των 100 εκατομμυρίων δολαρίων. Πλέον είναι απαραίτητη στη σημερινή εποχή η χρήση των εδώδιμων μεμβρανών, διότι τα περισσότερα τρόφιμα που καταναλώνονται προέρχονται άμεσα από τη φύση και είναι πολύ ευπαθή στις αντοχές τους σε σχέση με το πέρασμα του χρόνου. Έτσι λοιπόν, με αυξημένα συστήματα διανομής, μεταφοράς και αποθήκευσης, με την εμφάνιση όλο και μεγαλύτερων σούπερ μάρκετ και αποθηκών, τα τρόφιμα δεν καταναλώνονται κατευθείαν καθώς χρειάζεται πολύς χρόνος για ένα προϊόν διατροφής να φτάσει στο τραπέζι του καταναλωτή. Χωρίς τη τεχνολογία των εδώδιμων μεμβρανών τα

περισσότερα τρόφιμα δεν θα μπορούσαν να διατηρηθούν (Embuscado & Huber, 2008).

Πολλές τεχνικές προκλήσεις υπάρχουν γύρω από την τεχνολογία των εδώδιμων μεμβρανών ώστε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες της αγοράς και των καταναλωτών. Για παράδειγμα θεωρείται επιτακτική ανάγκη, οι εδώδιμες μεμβράνες να έχουν τη δυνατότητα να επεκτείνουν τη διατηρησιμότητα των τροφίμων για περισσότερο χρόνο από όσο τη διατηρούν σήμερα και ακόμη χρειάζεται να αναπτυχθούν διαφορετικές μεμβράνες για κάθε είδους τρόφιμο προκειμένου να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα συντηρησιμότητας αλλά και αντιμικροβιακής δράσης (Krochta et al., 1994; Dutta et al., 2008; Mohammet, 2010).

#### 4.2 Ορισμός

Οποιοδήποτε υλικό χρησιμοποιείται για την επένδυση (δηλαδή επίστρωση ή επικάλυψη) διαφόρων ειδών διατροφής με σκοπό να παρατείνει τη διάρκεια ζωής του προϊόντος και να μπορεί να καταναλώνεται μαζί με το τρόφιμο με ή χωρίς περαιτέρω απομάκρυνση θεωρείται εδώδιμη μεμβράνη ή επικάλυψη. Οι εδώδιμες μεμβράνες παρέχουν αντικατάσταση ή / και εμπλουτισμό φυσικών στρωμάτων για την αποφυγή απώλειας υγρασίας, ενώ επιτρέπουν επιλεκτικά την ελεγχόμενη μετανάστευση σημαντικών αερίων για το τρόφιμο, όπως το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και το αιθυλένιο, που εμπλέκονται στις διαδικασίες αναπνοής. Μία επικάλυψη μπορεί επίσης να παρέχει επιφανειακή στεριότητα και να αποτρέψει την απώλεια άλλων σημαντικών συστατικών. Γενικά, το πάχος της επικάλυψης είναι μικρότερο από 0,3 mm (Embuscado & Huber, 2008).

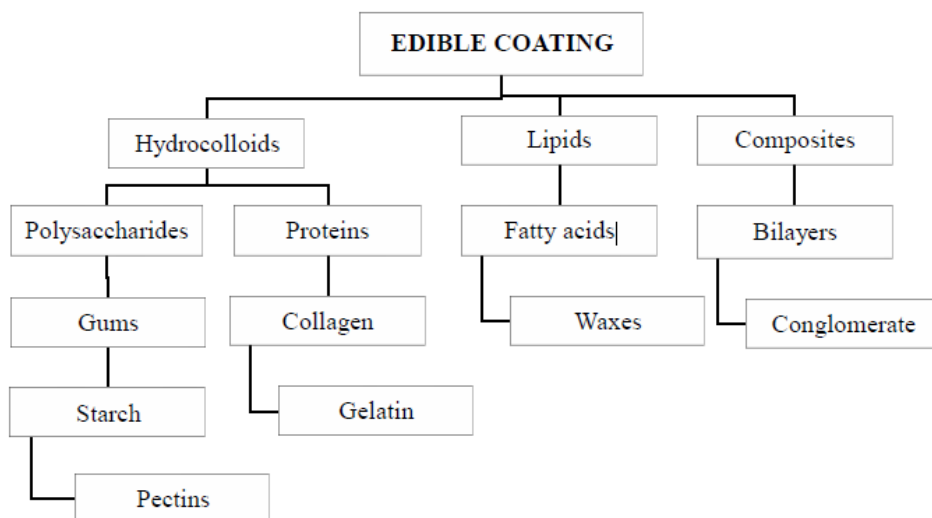


Εικόνα 18: κύριες λειτουργίες των εδώδιμων επικαλύψεων (Salgado et al., 2015)

### 4.3 Ταξινόμηση και συστατικά των εδώδιμων επικαλύψεων

Τα κύρια συστατικά για την παρασκευή εδώδιμων μεμβρανών χωρίζονται σε 3 μεγάλες κατηγορίες, τα υδροκολλοειδή (πρωτεΐνες, παράγωγα κυτταρίνης, αλγινικά, πηκτίνες, άμυλα και άλλους πολυσακχαρίτες), τα λιπίδια (κεριά, ακυλογλυκερολίνες και λιπαρά οξέα) και σύνθετα υλικά, δηλαδή περιέχουν και υδροκολλοειδή και λιπίδια.

Ως γενικός κανόνας, τα λίπη χρησιμοποιούνται για τη μείωση της μετάδοσης του νερού, οι πολυσακχαρίτες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο οξυγόνου και μεταφοράς άλλων αερίων, ενώ οι πρωτεϊνικές μεμβράνες παρέχουν μηχανική σταθερότητα. Αυτά τα υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα ή ως μικτά σύνθετα μίγματα για το σχηματισμό εδώδιμων μεμβρανών με την προϋπόθεση ότι δεν αλλοιώνουν τη γεύση και την εμφάνιση των τροφίμων. Βασικός στόχος της προετοιμασίας και παρασκευής εδώδιμων μεμβρανών για πολλά τρόφιμα (π.χ. νωπά φρούτα και λαχανικά) είναι να διασφαλιστεί ότι δημιουργούνται φυσικές και χημικές ιδιότητες που είναι απαραίτητες για τη διατήρηση και τη μετάδοση διαφόρων αερίων και υγρών με τους ίδιους ρυθμούς που συμβαίνουν στο εσωτερικό του μητρικού τους συστήματος. Οι ιδιότητες μίας μεμβράνης θα εξαρτώνται από τα συστατικά από τα οποία έχει παρασκευαστεί (Embuscado & Huber, 2008; Krochta et al.,1994).



Εικόνα 19: συστατικά εδώδιμων μεμβρανών

#### 4.3.1 Υδροκολλοειδή

Οι εδώδιμες μεμβράνες από υδροκολλοειδή χρησιμοποιούνται για εφαρμογές όπου ο έλεγχος της απώλειας της υγρασίας δεν είναι το αντικείμενο. Αυτές οι μεμβράνες έχουν καλές ιδιότητες φραγμού στο οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και τα λιπίδια. Οι περισσότερες από αυτές τις μεμβράνες έχουν επίσης επιθυμητές μηχανικές ιδιότητες, καθιστώντας τις χρήσιμες για τη βελτίωση της δομικής ακεραιότητας των εύθραυστων προϊόντων. Η υδατοδιαλυτότητα των μεμβρανών από πολυσακχαρίτες, είναι πλεονεκτική με ένα προϊόν που θερμαίνεται πριν από την κατανάλωση. Κατά τη θέρμανση, η υδροκολλοειδής επικάλυψη θα διαλύεται και

ιδανικά δεν θα αλλοιώνει τις αισθητικές ιδιότητες του τροφίμου κατά την κατανάλωση (Krochta et al., 1994).

Τα υδροκολλοειδή που χρησιμοποιούνται για μεμβράνες και επικαλύψεις μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τη σύνθεσή τους, το μοριακό τους φορτίο και την υδατοδιαλυτότητα τους.

Όσον αφορά τη σύνθεση, τα υδροκολλοειδή μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- υδροκολλοειδή από υδατάνθρακες
- υδροκολλοειδή από πρωτεΐνες.

Η φορτισμένη κατάσταση (ιοντική) ενός υδροκολλοειδούς μπορεί να είναι χρήσιμη για το σχηματισμό μίας μεμβράνης. Τα αλγινικά άλατα και οι πηκτίνες απαιτούν την προσθήκη πολυσθενούς ιόντος, συνήθως ασβεστίου, για να διευκολυνθεί ο σχηματισμός μεμβράνης. Αυτά, καθώς και οι πρωτεΐνες, είναι ευαίσθητες στις μεταβολές του pH λόγω της φορτισμένης κατάστασής τους (Krochta et al., 1994).

Αν και οι υδροκολλοειδείς μεμβράνες έχουν γενικά κακή αντίσταση στους υδρατμούς εξαιτίας της υδρόφιλης φύσης τους, αυτές που είναι μόνο μέτρια διαλυτές στο νερό, όπως το σιτάρι, η γλουτένη σίτου και η ζεΐνη παρέχουν μεγαλύτερη αντοχή στη διέλευση υδρατμών από ότι τα διαλυτά υδροκολλοειδή.

Τα υδροκολλοειδή προέρχονται από ζώα και λαχανικά και είναι υδρόφιλα πολυμερή. Χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα ως διάλυμα σχηματισμού επίστρωσης για την επικάλυψη και τον έλεγχο του χρώματος, της υφής, της γεύσης και της διάρκειας ζωής των φρούτων (Williams & Phillips, 2000). Γενικά, όλα τα υδροκολλοειδή διαλύονται μερικώς ή πλήρως στο νερό και η κύρια χρήση αυτών είναι η αύξηση του ιξώδους της υδατικής φάσης (Baldwin et al., 1995). Δρουν ως γαλακτωματοποιητές εξαιτίας αυτού του σταθεροποιητικού αποτελέσματος.

#### *4.3.1.1 Εδώδιμες μεμβράνες από κολλοειδή πολυσακχαριτών*

Οι συνηθέστεροι πολυσακχαρίτες που χρησιμοποιούνται για τις εδώδιμες επικαλύψεις φρούτων είναι η χιτοζάνη, το άμυλο, το αλγινικό άλας, η κυτταρίνη, η πουλλουλάνη, η καραγενάνη και το κόμμι γελλάνης κλπ. (Han & Gennodios, 2005). Οι εδώδιμες μεμβράνες από κολλοειδή πολυσακχαριτών έχουν χαμηλές δυνατότητες φραγμού υγρασίας και είναι υδατοδιαλυτές. Ωστόσο προσφέρουν μέτρια διαπερατότητα του οξυγόνου στα τρόφιμα. Οι εδώδιμες μεμβράνες με βάση τους πολυσακχαρίτες εφαρμόζονται σε φρέσκα και ελάχιστα επεξεργασμένα φρούτα και σε συνδυασμό με τη δημιουργία συνθηκών τροποποιημένης ατμόσφαιρας για τη μείωση του ρυθμού αναπνοής τους (Bai & Plotto, 2012; Gill & Gill, 2005).

Οι πολυσακχαρίτες προσδίδουν φρεσκάδα, σκληρότητα, ποιότητα πάχυνσης, συγκολλητικότητα και ιξώδες σε μία ποικιλία εδώδιμων επικαλύψεων. Οι πολυσακχαρίτες αποτελούνται από αλυσίδες πολυμερών με εξαιρετικές ιδιότητες φραγμού των αερίων, με αποτέλεσμα την επιθυμητή τροποποιημένη ατμόσφαιρα που επεκτείνει τη διάρκεια ζωής των φρούτων χωρίς να σχηματίζονται αναερόβιες συνθήκες (Baldwin et al., 1995).

#### *4.3.1.2 Εδώδιμες μεμβράνες από κολλοειδή πρωτεϊνών*

Οι εδώδιμες μεμβράνες με βάση τις πρωτεΐνες προέρχονται από ζώα και φυτά. Το πρωτεϊνούχο υλικό επικάλυψης πρωτεΐνης από φυτά είναι πρωτεΐνη γάλακτος καζεΐνης, πρωτεΐνη ορού γάλακτος, ζεΐνη (από αραβόσιτο), γλουτένη (από σιτάρι), πρωτεΐνη σόγιας κλπ. και η ζωική πρωτεΐνη είναι από λεύκωμα αυγού, κολλαγόνο κλπ. (Baldwin et al., 1995). Οι πρωτεΐνες προσφέρουν εξαιρετικές ιδιότητες φραγμού για το άρωμα και το οξυγόνο, αλλά δεν αποτελούν αποτελεσματικό φραγμό για την υγρασία (Krochta & Mulder-Johnson, 1997; Mohamoud & Savello, 1992). Ο λόγος της εξαιρετικής ιδιότητας του φραγμού για το οξυγόνο είναι η σφιχτή δομή του λόγω των δεσμών υδρογόνου που αναπτύσσονται σε αυτήν (Banker, 1966). Οι εδώδιμες επικαλύψεις με βάση τις πρωτεΐνες δεν αποτελούν καλό φραγμό για τους υδρατμούς λόγω της υδρόφιλης φύσης τους. Τέλος προσφέρουν στο φρούτο καλές οργανοληπτικές και μηχανικές ιδιότητες (Krochta, 2002).

#### *4.3.2 Λιπίδια*

Οι εδώδιμες μεμβράνες με βάση τα λιπίδια χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια για τη διατήρηση των τροφίμων. Προσφέρουν προστασία λειτουργώντας ως φραγμοί στους υδρατμούς και ως παράγοντες επικάλυψης για την προσθήκη γυαλάδας σε προϊόντα ζαχαροπλαστικής. Η χρήση τους σε καθαρή μορφή είναι περιορισμένη, επειδή οι περισσότερες δεν έχουν επαρκή δομική ακεραιότητα και αντοχή. Τα πιο κοινά υλικά επικάλυψης με βάση λιπίδια έχουν ως εξής: κεριά, λιπαρά οξέα και αλκοόλες, ακετυλιωμένα γλυκερίδια και υλικά με βάση το κακάο.

Τα κεριά χρησιμοποιούνται συνήθως για την επικάλυψη φρούτων για να καθυστερήσουν την αναπνοή και να μειώσουν την απώλεια υγρασίας. Τα σκευάσματα για επικαλύψεις κεριού ποικίλουν πολύ και οι συνθέσεις είναι συχνά ιδιόκτητες. Τα ακετυλιωμένα μονο-γλυκερίδια προστίθενται συχνά σε σκευάσματα κεριών για να προστεθεί ευκαμψία την επικάλυψη. (Krochta et al., 1994)

Οι επιστρώσεις με εστέρες λιπαρών οξέων σακχαρόζης είναι αποτελεσματικοί φραγμοί υγρασίας για τη διατήρηση της τραγανότητας των σνακ και για την παράταση της διάρκειας ζωής των μήλων. Τα λιπαρά οξέα και οι λιπαρές αλκοόλες είναι αποτελεσματικοί φραγμοί για τους υδρατμούς, αλλά έχουν μεγάλη ευθραυστότητα και χρειάζεται να συνδυαστούν με άλλες ουσίες προκειμένου να μειωθεί η ευθραυστότητά τους.

Πολλά λιπίδια υπάρχουν σε κρυσταλλική μορφή και οι ατομικοί τους κρύσταλλοι είναι αδιαπέραστοι από αέρια και υδρατμούς. Οι ιδιότητες φραγμού των κρυσταλλικών λιπιδίων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη διακρυσταλλική τους διάταξη. Οι κρύσταλλοι που είναι προσανατολισμένοι όπως και τα επίπεδά τους παρέχουν καλύτερες ιδιότητες φραγμού από τους αντίστοιχους κρυστάλλους που προσανατολίζονται διαφορετικά από το επίπεδό τους. (Krochta, , 1994)

Τα λιπίδια που υπάρχουν σε υγρή κατάσταση ή έχουν μεγάλη αναλογία υγρών συστατικών προσφέρουν λιγότερη αντίσταση στη μετάδοση αερίων και ατμών από τις αντίστοιχες σε στερεή κατάσταση, υποδεικνύοντας ότι η μοριακή κινητικότητα των λιπιδίων μειώνει τις ιδιότητες φραγμού τους (Krochta et al., 1994; Debeaufort et al., 1998).

#### 4.3.3 Σύνθετα υλικά

Οι σύνθετες μεμβράνες μπορούν να διαμορφωθούν για να συνδυάσουν τα πλεονεκτήματα των λιπιδίων και των υδροκολλοειδών συστατικών και να αποβάλλουν τα μειονεκτήματα του καθενός. Μία σύνθετη μεμβράνη μπορεί να υπάρχει ως διπλοστοιβάδα, στην οποία ένα στρώμα είναι ένα υδροκολλοειδές και το άλλο ένα λιπίδιο, ή ως ένα σύμπλεγμα, όπου το λιπίδιο και τα υδροκολλοειδή συστατικά διασκορπίζονται σε όλη την μεμβράνη (Varzakas & Tzia, 2016). Όταν είναι επιθυμητός ένας φραγμός στους υδρατμούς, το λιπιδικό συστατικό μπορεί να εξυπηρετεί αυτή τη λειτουργία ενώ το υδροκολλοειδές συστατικό παρέχει την απαραίτητη ανθεκτικότητα. Στην περίπτωση των σύνθετων μεμβρανών όλα τα συστατικά αναμιγνύονται προς σχηματισμό μίας ομογενούς επικάλυψης, ενώ στην περίπτωση των πολυστρωματικών μεμβρανών εφαρμόζονται δύο στρώσεις επικαλυπτικού, όπου η μία αποτελείται από υδροκολλοειδή και η άλλη από λιπίδια. Οι σύνθετες μεμβράνες είναι λιγότερο αποτελεσματικές ως φράγματα αερίων και υδρατμών σε σχέση με τις πολυστρωματικές, καθώς η επιφάνεια των επικαλυμμένων με σύνθετες μεμβράνες τροφίμων καλύπτεται από ένα μόνο συστατικό σε κάθε σημείο, αφού η επικάλυψη αποτελείται από ένα πλέγμα στο οποίο τα λιπίδια και τα υδροκολλοειδή εναλλάσσονται. Ωστόσο, οι σύνθετες μεμβράνες είναι πιο εύκολες στη χρήση, αφού απαιτούν μόνο ένα στάδιο εφαρμογής ή και ένα στάδιο ξήρανσης, και προσκολλώνται καλύτερα σε μεγαλύτερο αριθμό επιφανειών, καθώς διαθέτουν τόσο πολικά, όσο και μη-πολικά χαρακτηριστικά.

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των μιγμάτων λιπιδίων-υδροκολλοειδών που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή σύνθετων εδωδιμων μεμβρανών, καθώς επίσης και ο τύπος και η συγκέντρωση των συστατικών τους, καθορίζουν τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες, καθώς και τις ιδιότητες φραγμού των σύνθετων μεμβρανών. Η αύξηση της συγκέντρωσης των λιπιδίων που προστίθενται στα υδατικά διαλύματα των υδροκολλοειδών οδηγεί σε πιο αδιαφανείς μεμβράνες, ενώ η μείωση του μεγέθους αυτών των σταγονιδίων ή η καλύτερη κατανομή των λιπιδίων (π.χ. με ομογενοποίηση) βελτιώνει όλες τις ιδιότητες της επικάλυψης, μειώνοντας τη διαπερατότητά της σε υδρατμούς. Παρόλο που γενικά η αύξηση της συγκέντρωσης των λιπιδίων στις σύνθετες μεμβράνες μειώνει τη διαπερατότητα σε υδρατμούς, έχει βρεθεί ότι κάτω



υπό ορισμένες συνθήκες, η αύξηση της συγκέντρωσης των λιπιδίων πάνω από συγκεκριμένες τιμές οδηγεί σε αύξηση της διαπερατότητας των υδρατμών και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη παρασκευή μίας σύνθετης μεμβράνης.

Ο προσανατολισμός των μορίων των λιπιδίων εντός του επικαλυπτικού είναι, επίσης, ένα σημαντικό ζήτημα. Υποστηρίζεται ότι η διαπερατότητα των σύνθετων μεμβρανών σε υδρατμούς που διαχωρίζουν περιοχές με διαφορετική σχετική υγρασία, είναι χαμηλότερη όταν το κλάσμα λιπιδίων στη μεμβράνη είναι προσανατολισμένο προς την πλευρά με την υψηλότερη σχετική υγρασία. Ωστόσο, στην περίπτωση των τεμαχισμένων φρούτων που επικαλύπτονται με μίγματα υδροκολλοειδών-λιπιδίων, το κλάσμα λιπιδίων έχει την τάση να προσανατολίζεται προς τα "έξω" (π.χ. προς το περιβάλλον, δηλαδή στην πλευρά με τη χαμηλότερη σχετική υγρασία), αφού τα υδροκολλοειδή έχουν γενικά μεγαλύτερη έλξη για τις επιφάνειες των φρούτων σε σχέση με τα λιπίδια (Olivas & Barbosa-Canovas, 2005)

Οι σύνθετες μεμβράνες αποτελούνται από ένα συσσωμάτωμα καζεΐνης και ακετυλιωμένων μονογλυκεριδίων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως επιστρώσεις για επεξεργασμένα φρούτα. Μία σύνθετη μεμβράνη από κόμμι ακακίας και μονοστεατική γλυκερόλη αναφέρθηκε ότι έχει καλές ιδιότητες φραγμού υδρατμών σε βαθμίδα σχετικής υγρασίας 43,8-23,6%. Άλλα παραδείγματα σύνθετων μεμβρανών είναι πρωτεΐνη / πρωτεΐνη, πολυσακχαρίτες / πρωτεΐνη, λιπίδια / πολυσακχαρίδια. (Krochta, et al., 1994)

#### 4.4 Εδώδιμες μεμβράνες από κολλοειδή πολυσακχαριτών

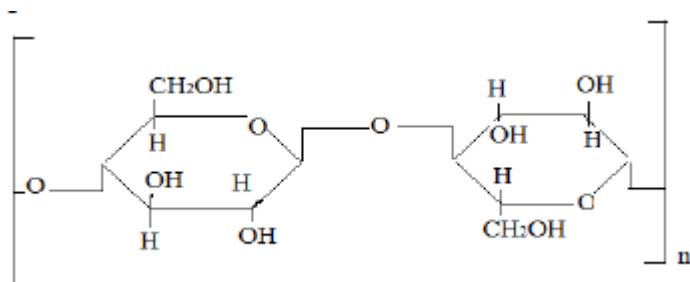
Παρακάτω αναφέρονται μερικές από τις πιο χαρακτηριστικές μεμβράνες από κολλοειδή πολυσακχαριτών και οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα διπλωματική εργασία.

##### 4.4.1 Παράγωγα κυτταρίνης

Η κυτταρίνη βρίσκεται εύκολα στη φύση. Είναι κατασκευασμένη γραμμικά από μακριές αλυσίδες πολυμερών ανυδρο-γλυκόζης. Στην φυσική τους κατάσταση, οι υδροξυμεθυλομάδες των υπολειμμάτων ανυδρογλυκόζης βρίσκονται εναλλάξ πάνω και κάτω από το επίπεδο της δομής του πολυμερούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μία πολύ σφιχτή δομή αλυσίδων πολυμερούς και μία εξαιρετικά κρυσταλλική δομή που αντιστέκεται στην διαλυτοποίηση της κυτταρίνης σε υδατικά μέσα. Η αντίδραση της κυτταρίνης με αλκάλια μπορεί να της αυξήσει τη διαλυτότητα της στο νερό, ακολουθούμενη από αντίδραση με χλωροοξικό οξύ, μεθυλοχλωρίδιο ή προπυλενοξείδιο με προϊόντα καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (CMC), μεθυλοκυτταρίνη (MC), υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HPMC) ή υδροξυπροπύλιο κυτταρίνη (HPC) (Varzakas & Tzia, 2016).



Πολλά υδατοδιαλυτά σύνθετα επικαλυπτικά παρασκευάζονται εμπορικά από κυτταρίνη και καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (CMC) με εστέρες σακχαρόζης-λιπαρών οξέων (Cha & Chinnan, 2004). Παράγωγα της κυτταρίνης, όπως η μεθυλοκυτταρίνη (MC) και η υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HPMC), σχηματίζουν ισχυρές και εύκαμπτες υδατοδιαλυτές μεμβράνες (Cha & Chinnan, 2004). Οι μεμβράνες μεθυλικής κυτταρίνης, HPMC, HPC και CMC περιέχουν χαρακτηριστικά σχηματισμού φιλμ (Williams & Phillips, 2000).



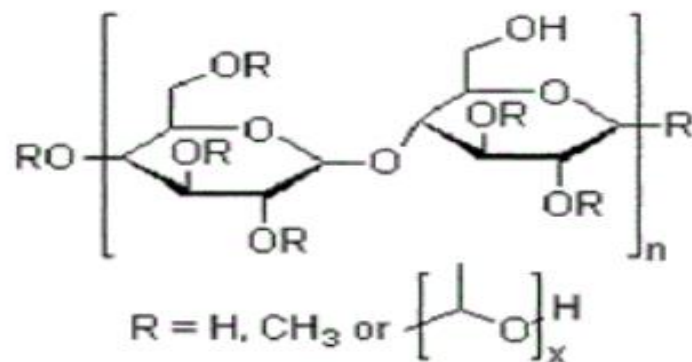
Εικόνα 20: Δομή κυτταρίνης

Τα παράγωγα κυτταρίνης είναι κατασκευασμένα από αλυσίδα πολυμερών δύο επαναλαμβανόμενων μονάδων ανυδρογλυκόζης ή υπολείμματος β-γλυκοπυρανόζης συνδεδεμένων μέσω 1,4-γλυκοζιτικού δεσμού. Στη παραπάνω τη χημική δομή, το «n» υποδεικνύει το αριθμό των μονομερών γλυκόζης του πολυμερισμού. Γενικά, το τροποποιημένο παράγωγο κυτταρίνης εδώδιμων επικαλύψεων δίνει άχρωμο διαυγές διάλυμα, άοσμο και άγευστο. Έχει καλή ανθεκτική ιδιότητα σε έλαια και λίπη και είναι διαλυτό στο νερό και μερικώς διαπερατό από τη μετάδοση υγρασίας και αερίων (Krochta & Mulder-Johnson, 1997). Η ιδιότητα του φραγμού της εδώδιμης επικάλυψης της κυτταρίνης βασίζεται στο υψηλό μοριακό της βάρος. Όσο υψηλότερο το μοριακό βάρος της κυτταρίνης τόσο καλύτερες και οι ιδιότητες φραγμού της (Krochta et al., 1993). Η μεθυλοκυτταρίνη έχει καλύτερες ιδιότητες φραγμού της υγρασίας σε σύγκριση με άλλα παράγωγα κυτταρίνης και είναι η λιγότερο υδρόφιλη (Kester & Fennema, 1986). Αυτά τα τροποποιημένα παράγωγα κυτταρίνης βρίσκονται σε μορφή κόκκων και σκόνης (Williams & Phillips, 2000). Ωστόσο, οι επικαλύψεις και οι μεμβράνες των παραγώγων κυτταρίνης δεν έχουν καλές ιδιότητες φραγμού των αερίων και του νερού. Τα παράγωγα πολυσακχαριτών έχουν υδρόφιλη φύση και γι' αυτό έχουν κακές μηχανικές ιδιότητες.

#### 4.4.1.1 HPMC

Η δομή της HPMC είναι ίδια με τη δομή της κυτταρίνης. Η υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HPMC) χρησιμοποιείται συνήθως για εδώδιμες επιστρώσεις και διαθέτει εξαιρετικά χαρακτηριστικά σχηματισμού φιλμ στην επιφάνεια των τροφίμων. Η HPMC είναι διαλυτή σε κρύο νερό και καθώς θερμαίνεται το ιξώδες της μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας της. Ωστόσο σε κάποια

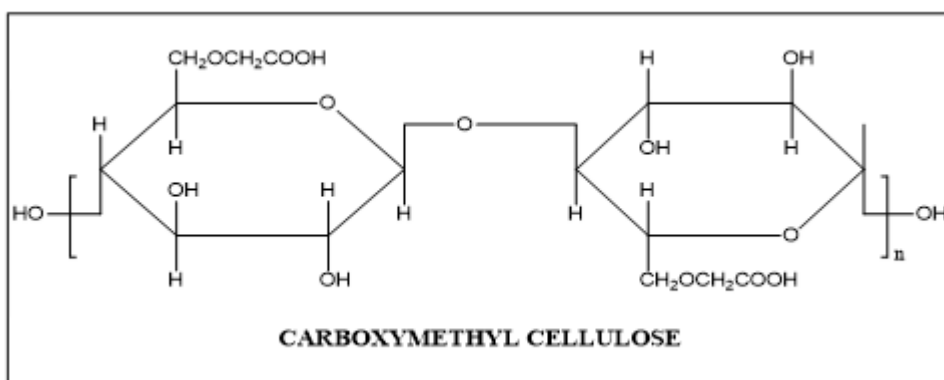
κρίσιμη θερμοκρασία θα σχηματίσει πήκτωμα. Κάτω όμως από τη κρίσιμη θερμοκρασία το πήκτωμα μετατρέπεται ξανά σε διάλυμα. Η ΗΡΜC είναι πήκτωμα χαμηλής αντοχής στους 50°C - 85°C (Varzakas & Tzia, 2016). Μετά τη διάλυσή της δίνει διαφορετικά χαρακτηριστικά ιξώδους. Διάφοροι τύποι ΗΡΜC βρίσκονται στην αγορά, οι οποίοι περιέχουν διαφορετικό ιξώδες και διαφορετικό μοριακό βάρος. Η διαπερατότητα της υγρασίας των μεμβρανών αυτών μειώνεται καθώς αυξάνεται το μοριακό τους βάρος (Embuscado & Huber, 2008).



Εικόνα 21: χημική δομή της ΗΡΜC

#### 4.4.1.2 Καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη CMC (Carboxymethylcellulose)

Η καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (CMC) είναι μία πολυσακχαριτική εδώδιμη επικάλυψη που μπορεί να εξαχθεί από τα φυτά. Είναι ένας υδατοδιαλυτός πολυσακχαρίτης με κατάλληλες βιοδιασπώμενες και βρώσιμες ιδιότητες σχηματισμού μεμβράνης και μπορεί να παραχθεί με χαμηλό κόστος και σε μεγάλη κλίμακα από διαφορετικούς πόρους. Είναι άοσμη, άγευστη και μη τοξική, φέρει υγρασία 4 έως 5,5% και τιμή pH περίπου 6 έως 8.5 (Tongdeesoontorn et al., 2011; Krochta & Mulder-Johnson, 1997).

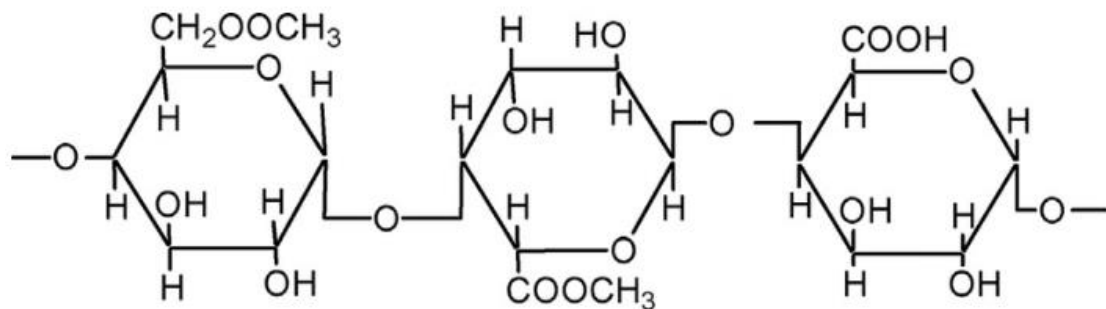


Εικόνα 22: χημική δομή καρβοξυμεθυλοκυτταρίνης

#### 4.4.2 Πηκτίνη

Η πηκτίνη αποτελείται από μία ομάδα πολυσακχαριτών που προέρχεται από φυτά. Βρίσκεται φυσικά στα φρούτα και τα λαχανικά. Συχνά απαντάται στη φλούδα

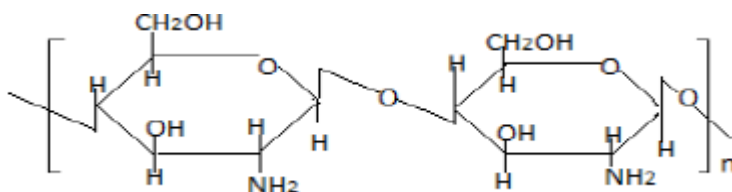
εσπεριδοειδών. Η πηκτίνη είναι καλή επικάλυψη για φρούτα τα οποία όμως έχουν χαμηλά ποσοστά υγρασίας, διότι δεν έχει καλές ιδιότητες φραγμού της υγρασίας. Έτσι λοιπόν δεν θα μπορούσε να συγκρατήσει την υγρασία από ένα φρούτο με υψηλή περιεκτικότητα υγρασίας (Baldwin et al., 1997). Η δομή του πολυσακχαρίτη πηκτίνης είναι πολύ πολύπλοκη και αποτελείται από υπολείμματα β-1,4-άλατος-γαλακτοουρονικού οξέος (Dhanpal et al., 2012). Η HMP (High Methoxy Pectin) (Υψηλή Μεθοξυ-Πηκτίνη) είναι εξαιρετική ένωση πηκτίνης για την παραγωγή καλής μεμβράνης και επικάλυψης. Το μίγμα πηκτίνης εσπεριδοειδών και αμύλου υψηλής αμυλόζης έδωσε μία εύκαμπτη επικάλυψη ακόμα και σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (180°C) (Fang & Hanna, 2000).



Εικόνα 23: χημική δομή της πηκτίνης

#### 4.4.3 Χιτοζάνη

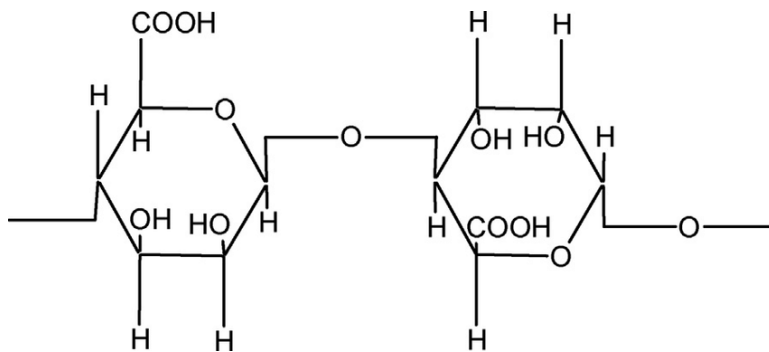
Η χιτοζάνη προέρχεται από τη χιτίνη, όπου είναι ένα εδώδιμο πολυμερές. Για την ακρίβεια η χιτοζάνη είναι μία αποακετυλιωμένη μορφή χιτίνης. Η χιτίνη βρίσκεται κυρίως σε κελύφη ζώων οστρακοειδών. Η χιτοζάνη είναι το πιο κοινό μη τοξικό και φυσικό προϊόν μετά την κυτταρίνη για το σχηματισμό εδώδιμης επικάλυψης (Rojas-Grau, et al., 2007). Η χιτοζάνη έχει καλά χαρακτηριστικά γνωρίσματα χωρίς προσθήκη οποιουδήποτε τύπου πρόσθετου και αντιοξειδωτικών και είναι ιδανική για επικαλύψεις σε φρούτα διότι προσφέρει καλή προστασία-φραγμό στην είσοδο του οξυγόνου στο φρούτο, εμποδίζει το διοξείδιο του άνθρακα να εξέλθει του φρούτου αλλά και προσφέρει και αντιμικροβιακή δράση. (Varzakas & Tzia, 2016) Ακόμη έχει εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες. Το ιξώδες της χιτοζάνης είναι πολύ υψηλό, παρόμοιο με των φυσικών κόμμεων (Peniston & Johnson, 1980). Η επικάλυψή της είναι κανονικά λεία, λαμπερή και συνεκτική. Αποτελείται από διαφανείς επικαλύψεις και αυξάνει τη διάρκεια ζωής των φρούτων (Reiberro et al., 2007).



Εικόνα 24: χημική δομή της χιτοζάνης

#### 4.4.4 Αλγινικά άλατα

Το αλγινικό άλας λαμβάνεται από καστανά φύκια, τα οποία σχετίζονται με την οικογένεια Rhodophyceae. Αποτελείται από γραμμικές αλυσίδες συμπολυμερών μονομερών L-γλουταρινικών οξέων. Ο χημικός τύπος αλγινικού είναι  $(C_6H_8O_6)_n$ . Βρίσκεται σε μορφή λευκής ή κίτρινης σκόνης. Το αλγινικό άλας χρησιμοποιείται συνήθως με τη μορφή αλγινικού νατρίου, που εξάγεται από καφέ φύκια. Παρέχει εξαιρετικές ιδιότητες φραγμού σε υγρασία και υδατμούς (Robertson, 2009). Διατηρεί καλές ιδιότητες χρήσιμες στην εφαρμογή τροφίμων (Krochta et al., 1994). Έχει μία μοναδική κολλοειδή ιδιότητα, η οποία περιέχει σταθεροποιητικό και πυκνωτικό εναιώρημα επικάλυψης που παράγει πήγμα σχηματισμού και γαλάκτωμα (Rhim, 2004). Το αλγινικό έχει κάποιες επιθυμητές ιδιότητες συμπεριλαμβανομένης της κατακράτησης της υγρασίας βοηθώντας στη μη συρρίκνωση του φρούτου, στη διατήρηση του χρώματος και της οσμής του. Επιπλέον οι μεμβράνες αλγινικού άλατος είναι αδιαπέραστες στα έλαια και τα λίπη και είναι καλοί φραγμοί οξυγόνου, μπορεί να επιβραδύνουν την οξείδωση των λιπιδίων στα τρόφιμα και μπορούν να βελτιώσουν τη γεύση και την υφή (Varzakas & Tzia, 2016).



Εικόνα 25: χημική δομή αλγινικού άλατος

#### 4.4.5 Άλλες μεμβράνες από κολλοειδή πολυσακχαριτών

Ακόμη κάποιες ευρέως χρησιμοποιούμενες μεμβράνες που παράγονται από κολλοειδή πολυσακχαριτών αλλά δεν χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα διπλωματική εργασία είναι το άγαρ και τα παράγωγα αμύλου. Το άγαρ που προέρχεται από φύκια, σχηματίζει ισχυρά πήγματα και χρησιμοποιείται κυρίως για την παράταση της διάρκειας ζωής πουλερικών στους 2°C. Τα παράγωγα αμύλου προέρχονται κυρίως από κόκκους δημητριακών και πατάτες και οι μεμβράνες τους προσφέρουν μέτριο φραγμό αερίων και μηχανικών ιδιοτήτων στα τρόφιμα (Cha & Chinnan, 2004).

#### 4.4.6 Εδώδιμες μεμβράνες από κολλοειδή πρωτεϊνών

##### 4.4.6.1 Καζεΐνη και πρωτεΐνη ορού γάλακτος

Η καζεΐνη είναι πρωτεΐνη γάλακτος, βρίσκεται υπό μορφή μικκυλίων. Ένα μικκύλιο περιέχει 104 πεπτίδια. Η καζεΐνη χρησιμοποιείται συνήθως στην παρασκευή

του γαλακτώματος, επειδή περιέχει υδρόφιλα και υδρόφοβα άκρα. Το καζεϊνικό άλας είναι το πιο κοινό προϊόν καζεΐνης. Αυτό εύκολα διαλύεται σε νερό. Οι βρώσιμες καζεΐνες για επικαλύψεις είναι εύκολο να σχηματιστούν. Αυτό συμβαίνει λόγω της ανοικτής δευτερογενούς δομής τους (McHugh & Krochta, 1994).

#### 4.4.6.2 Ζεΐνη (Zein)

Οι πρωτεΐνες ζεΐνης λαμβάνονται αλεύρι γλουτένης αραβοσίτου. Είναι μη αναμίξιμες με το νερό. Έχουν καλές ιδιότητες παραγωγής, συγκόλλησης και σύνδεσης και δημιουργούν ένα φιλμ πάνω στο τρόφιμο όταν το επικαλύπτουν. Η πρωτεΐνη Corn-Zein είναι αποτελεσματική για την πρόληψη της αλλαγής χρώματος, της σταθερότητας, της απώλειας βάρους, αυξάνει τη διάρκεια ζωής των φρούτων και έχει καλή ιδιότητα φραγμού στη διαπερατότητα οξυγόνου. Η επίστρωση Corn-Zein και οι μεμβράνες έχουν εξαιρετική ιδιότητα φραγμού του οξυγόνου, αλλά η διαπερατότητα υδρατμών μέσω της επικάλυψης περίπου 800 φορές υψηλότερες την τυπική. Όλες οι ιδιότητες των επικαλύψεων ζεϊνών εξαρτώνται από το πάχος της επικάλυψης. Στο παρελθόν, η ζεΐνη έχει χρησιμοποιηθεί σε πολυάριθμες εφαρμογές που δεν σχετίζονται με επικάλυψη τροφίμων. Αυτές οι εφαρμογές περιλαμβάνουν επικαλύψεις για επενδύσεις καπακιών, ειδικές επενδύσεις σε φωτογραφικές μεμβράνες, υφαντικές ίνες, επίστρωση δαπέδου και ετικέτας, και επενδύσεις κουτιών. Ακόμη και σήμερα χρησιμοποιούνται μικρές ποσότητες ζεΐνης για τη διαμόρφωση ορισμένων από τα παραπάνω προϊόντα (Park et al., 1994).

### 4.5 Μέθοδοι εφαρμογής των επικαλυπτικών μεμβρανών στη βιομηχανία

#### 4.5.1 Εμβάπτιση

Η εμβάπτιση φρούτων σε δεξαμενή με υλικό επικάλυψης είναι επαρκής συνήθως για μικρές ποσότητες εμπορευμάτων. Το προϊόν πλένεται, στεγνώνει και στη συνέχεια βυθίζεται στη δεξαμενή εμβάπτισης. Ο χρόνος εμβάπτισης δεν είναι σημαντικός, αλλά η πλήρης διαβροχή των φρούτων είναι επιτακτική ώστε να υπάρξει επαρκής κάλυψη. Μετά την εμβάπτιση, απομακρύνεται από το προϊόν το περισσευούμενο επικαλυπτικό υλικό και στη συνέχεια ορισμένες φορές ακολουθεί ξήρανση. Η συνεχής εμβάπτιση φρούτων στη δεξαμενή έχει ως αποτέλεσμα την μη αποδεκτή συσσώρευση του οργανισμών αποσύνθεσης και των απορριμμάτων στη δεξαμενή εμβάπτισης. Οι δεξαμενές εμβάπτισης μπορούν να εξοπλιστούν με ένα πορώδες καλάθι το οποίο μπορεί να ανυψωθεί για να στραγγίζει και να αφαιρεί τα απορρίμματα. Επιπλέον, τα φρούτα που εισέρχονται στο δοχείο εμβάπτισης πρέπει να είναι εντελώς στεγνά για να αποφευχθεί τυχόν μολύνσεις στο διάλυμα της επικάλυψης. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για την εφαρμογή μεμβρανών σε κρέας, ψάρια και πουλερικά, φρούτα και λαχανικά. Λόγω της απλότητας της συγκεκριμένης

μεθόδου, με αυτή τη τεχνική έγιναν οι επικαλύψεις φρούτων στην παρούσα διπλωματική εργασία. (Lin & Zhao, 2007 ; Varzakas & Tzia, 2016)

#### 4.5.2 Ψεκασμός

Η εφαρμογή ψεκασμού είναι η συμβατική μέθοδος για την εφαρμογή των περισσότερων επικαλύψεων σε φρούτα. Οι μεμβράνες που εφαρμόζονται με ψεκασμό πάνω στα τρόφιμα καταλήγουν σε ένα πιο λεπτό ενιαίο σχηματισμό σε σχέση με αυτές που εφαρμόζονται με εμβάπτιση. Οι εφαρμογές ψεκασμού χαμηλής πίεσης, που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν, παρείχαν όμως υπερβολική επικάλυψη. Συχνά χρησιμοποιούνταν συστήματα ανακυκλοφορίας όπου η περίσσεια επικάλυψης επαναχρησιμοποιούνταν. Όπως και με την εφαρμογή εμβάπτισης, οι μολύνσεις που προκαλούσαν κατά την ανακυκλοφορία και επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος της επικάλυψης ήταν ανησυχητικές. Αργότερα, χρησιμοποιήθηκαν εφαρμογές ψεκασμού υψηλής πίεσης, που παρέχουν επικαλύψεις σε 60-80 psi και οι οποίες χρησιμοποίησαν πολύ λιγότερο υλικό επίστρωσης και έδωσαν ίση ή καλύτερη κάλυψη, αναιρώντας την ανάγκη για ανακυκλοφορία. Επιπλέον η εν λόγω μέθοδος είναι η πλέον κατάλληλη για την εφαρμογή σε προϊόντα που είναι επιθυμητή η επικάλυψη της μίας μόνο πλευράς τους. Ο ψεκασμός είναι κατάλληλη μέθοδος για επικαλύψεις με βάση τα λιπίδια (Khan M. S., 2012). Τέλος ο ψεκασμός μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή ενός δεύτερου λεπτού στρώματος επικάλυψης αν αυτό κριθεί απαραίτητο.

Τα φρούτα είναι ευπαθή προϊόντα με υψηλά ποσοστά υγρασίας. Συνεπώς η μεταφορά της τεχνολογίας της συντήρησής τους με επικαλυπτικά σε βιομηχανική κλίμακα εγείρει δύο σημαντικούς κινδύνους. Ο πρώτος είναι η προστασία των επεξεργαζόμενων προϊόντων από τους φυσικούς κινδύνους κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του επικαλυπτικού και ο δεύτερος η παρεμπόδιση της απώλειας υγρασίας και της αφυδάτωσης του φρούτου κατά τη φάση του στεγνώματος αμέσως μετά την επικάλυψη του (Varzakas & Tzia, 2016).

#### 4.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εδώδιμων μεμβρανών

Τα κύρια πλεονεκτήματα των εδώδιμων μεμβρανών είναι (Bourtoom, 2008; Embuscado & Huber, 2008; Prasad & Batra, 2015; Varzakas & Tzia, 2016):

- μπορούν να καταναλωθούν μαζί με το τρόφιμο
- επεκτείνουν τη διατηρησιμότητα του τροφίμου
- παράγονται από μη τοξικά υλικά και συμβάλλουν στη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης
- προσκολλώνται καλά στις επιφάνειες του τροφίμου και προσφέρουν προστασία στο τρόφιμο καθώς αποτρέπουν το νερό και διάφορες πτητικές ουσίες να εξατμιστούν από αυτό
- Οι μεμβράνες μπορούν να δράσουν και ως συμπληρώματα στη θρεπτική αξία των τροφίμων. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για επικαλύψεις από πρωτεΐνες.

- προσφέρουν δομική και μηχανική σταθερότητα προστατεύοντας το προϊόν από τη φθορά ώσπου να φτάσει στο καταναλωτή
- πολλά τρόφιμα λόγω της επικάλυψής τους με εδώδιμη μεμβράνη δεν χρειάζονται και συσκευασία για να διατηρηθούν και έτσι αποφεύγεται η μόλυνση του περιβάλλοντος
- μπορούν να ενισχύσουν τις οργανοληπτικές ιδιότητες των τροφίμων, υπό την προϋπόθεση ότι τα διαφορετικά συστατικά (αρτύματα, χρωστικές, γλυκαντικά) που περιέχουν, ενσωματώνονται στο τρόφιμο
- μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ατομική συσκευασία για μικρές ποσότητες τροφίμων, ιδιαίτερα για προϊόντα που δεν συσκευάζονται για πρακτικούς και οικονομικούς σκοπούς, όπως τα αχλάδια, τα φασόλια, οι ξηροί καρποί κτλ.
- μπορούν να εφαρμοστούν μέσα σε ετερογενή τρόφιμα σε μία επιφάνεια μεταξύ δύο στρωμάτων. Όταν προσαρμοστούν μπορούν να αποτρέψουν τη μετανάστευση υγρασίας και συστατικών σε τρόφιμα όπως οι πίτσες, οι πίτες και οι καραμέλες
- οι μεμβράνες μπορούν να λειτουργήσουν ως φορείς για αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση
- η πλειονότητά τους παρασκευάζεται εύκολα και οικονομικά

Τα κύρια μειονεκτήματα των εδώδιμων μεμβρανών είναι (El-Ghaouth et al.,1991; Park et al., 1994) :

- Η παχιά επίστρωση μπορεί να απαγορεύει την ανταλλαγή οξυγόνου, που προκαλεί ανάπτυξη δύσοσμου αρώματος.
- Οι εδώδιμες επιστρώσεις έχουν καλές ιδιότητες φραγμού των αερίων. Αυτό προκαλεί στο φρούτο την αναερόβια αναπνοή. Λόγω αυτού η φυσιολογική διαδικασία της ωρίμανσης του φρούτου διαταράσσεται.
- Ορισμένες εδώδιμες επιστρώσεις είναι υγροσκοπικού χαρακτήρα, πράγμα που βοηθά στην αύξηση της μικροβιακής ανάπτυξης.
- Απαιτείται λεπτομερής μελέτη για να βρεθεί ποια κατάλληλη επικάλυψη είναι κατάλληλη για ένα τρόφιμο

#### 4.7 Υγιεινή και ασφάλεια

Η αποδοχή των υλικών για εδώδιμες πολυμερείς επικαλύψεις ακολουθεί τις ίδιες διαδικασίες για τον προσδιορισμό της καταλληλότητας τέτοιων υλικών στη διαμόρφωση των τροφίμων:

- 1) Ένα εδώδιμο πολυμερές υλικό θα αναγνωρίζεται γενικά ως ασφαλές (Generally Recognized As Safe, GRAS) για χρήση του σε εδώδιμες επικαλύψεις αν και εφόσον προηγουμένως έχει προσδιοριστεί το υλικό ως GRAS και η χρήση του σε μία εδώδιμη επικάλυψη είναι σύμφωνη με τις τρέχουσες ορθές πρακτικές παρασκευής (ποιότητα τρόφιμου, προετοιμασία και χειρισμός ως συστατικό τροφίμων και χρησιμοποιείται σε ποσότητες όχι μεγαλύτερες από τις αναγκαίες για την εκτέλεση της λειτουργίας του) και εντός οποιωνδήποτε περιορισμών που καθορίζονται από την Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (Food and Drug Administration, FDA).
- 2) Εάν εδώδιμο πολυμερές υλικό που χρησιμοποιείται δεν είναι ακόμα GRAS, αλλά ο κατασκευαστής μπορεί να αποδείξει την ασφάλειά του, ο κατασκευαστής μπορεί είτε να καταθέσει υποβολή επιβεβαίωσης GRAS στον FDA είτε να προχωρήσει στην αγορά χωρίς τη συγκατάθεση του FDA (αυτοδιάθεση).
- 3) Ο κατασκευαστής μπορεί να μην χρειαστεί να αποδείξει ότι η χρήση του εδώδιμου πολυμερούς σε εδώδιμες μεμβράνες είναι GRAS αν το υλικό έλαβε εκτελωνισμό πριν από το 1958, και έτσι έχει "προηγούμενη κύρωση."
- 4) Τέλος, εάν το υλικό δεν μπορεί να αποδειχθεί ότι είναι GRAS ή δεν έχει προηγούμενη κύρωση, ο κατασκευαστής πρέπει να υποβάλει αίτηση προσθήκης του υλικού στον FDA πριν από την τη χρήση του.

Οι μεταποιητές τροφίμων που ασχολούνται με εμπόριο και χρήση εδώδιμων επικαλύψεων με βάση τις πρωτεΐνες πρέπει να γνωρίζουν ότι ορισμένοι καταναλωτές έχουν δυσανεξία στη γλουτένη, αλλεργίες σε πρωτεΐνες γάλακτος ή δυσανεξία στη λακτόζη. Η χρήση τέτοιων μεμβρανών σαν επικαλύψεις στα τρόφιμα πρέπει να δηλώνεται καταλλήλως στον καταναλωτή, ανεξάρτητα από τη ποσότητα της επικάλυψης που χρησιμοποιήθηκε. Η θρεπτική ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται για εδώδιμες επικαλύψεις μπορεί να επηρεαστεί, αρνητικά ή θετικά, από τη θερμοκρασία, το pH και τους διαλύτες που χρησιμοποιούνται στην προετοιμασία της μεμβράνης. Ως τώρα δεν έχουν εντοπιστεί προβλήματα διατροφής ή υγείας των ανθρώπων που να σχετίζονται με το περιεχόμενο και τα συστατικά των εδώδιμων επικαλύψεων. Στην πραγματικότητα, οι εδώδιμες μεμβράνες μπορούν να είναι φορείς των διατροφικών συμπληρωμάτων και βασισμένες σε μεμβράνες πρωτεϊνών, και αναλόγως με την ποιότητα των πρωτεϊνών, μπορούν να προσφέρουν σημαντική διατροφική ενίσχυση στα τρόφιμα. Η προσοχή στην μικροβιακή ασφάλεια των εδώδιμων μεμβρανών καθοδηγείται από τυποποιημένες εκτιμήσεις της ενεργότητας του νερού, το pH, τη θερμοκρασία, την παροχή οξυγόνου και τον χρόνο. Είναι σημαντικό ότι οι εδώδιμες μεμβράνες είναι παράγοντες αντιμικροβιακής δράσης και έτσι βελτιώνουν τη μικροβιακή σταθερότητα των μεμβρανών, άρα και των τροφίμων (Varzakas & Tzia, 2016).



#### 4.8 Εφαρμογή εδώδιμων επικαλυπτικών στα φρέσκα ή ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα

Η χρήση επικαλύψεων για φρέσκα φρούτα δεν είναι πραγματικά μια νέα ιδέα. Η φύση από μόνη της παρέχει στα φρούτα με μια φυσική κηρώδη επικάλυψη που ονομάζεται επιδερμίδα (Varzakas & Tzia, 2016). Μία πιθανή μέθοδος "συσκευασίας" για την επέκταση της αποθήκευσης μετά τη συγκομιδή των επεξεργασμένων φρούτων είναι η χρήση εδώδιμων επικαλύψεων-μεμβρανών. Οι εδώδιμες μεμβράνες εφαρμόζονται στα φρεσκοτεμαχισμένα φρούτα με εμβάπτιση ή με ψεκασμό ή βούρτσισμα και μπορούν να καταναλωθούν με ασφάλεια μαζί με το υπόλοιπο φρούτο. Έχουν τη δυνατότητα να μειώνουν την απώλεια υγρασίας, να περιορίζουν την είσοδο του οξυγόνου, να μειώνουν το ρυθμό της αναπνοής, να καθυστερούν την παραγωγή αιθυλενίου στο φρούτο, να συγκρατούν τα πτητικά αρώματα και φέρουν πρόσθετα (όπως αντιοξειδωτικά ή αντιμικροβιακές ουσίες) που καθυστερούν τον αποχρωματισμό και την ανάπτυξη του μικροβιακού φορτίου. Όλα αυτά συμβάλλουν στην επέκταση της διάρκειας ζωής των φρούτων όπως έχει ειπωθεί και προηγουμένως (Jongen, 2002).

Η επιτυχία των εδώδιμων επικαλύψεων στα φρούτα εξαρτάται κυρίως από την επιλογή της κατάλληλης επικάλυψης που μπορεί να δώσει ένα επιθυμητό αποτέλεσμα για ένα συγκεκριμένο προϊόν. Επίσης, εάν η επίστρωση της επικάλυψης πάνω στο φρούτο είναι πάρα πολύ παχιά επιζήμια μπορεί να προκύψουν επιβλαβή αποτελέσματα για το φρούτο εξαιτίας της εσωτερικής συγκέντρωσης οξυγόνου κάτω από ένα επιθυμητό και ωφέλιμο επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα παραπάνω από τα ανεκτά. Μια τέτοια κατάσταση οδηγεί σε αναερόβια ζύμωση. (Park H. J., 1999)

Όλοι οι τύποι εδώδιμων μεμβρανών έχουν εφαρμοστεί σε πολλά είδη τροφίμων από φρούτα και λαχανικά μέχρι κρέατα και ψάρια. Τα ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα όμως, είναι μία ερευνητική πρόκληση, λόγω της ιδιαίτερης ευαισθησίας τους και της γρήγορης υποβάθμισής τους (Valencia-Chamorro et al., 2011).

Αρχικά καλό είναι να αναφερθούν τα κυριότερα γνωρίσματα των φρούτων που χρειάζεται να διατηρηθούν αναλλοίωτα με την πάροδο του χρόνου. Η εμφάνιση του προϊόντος παραμένει το πιο βασικό χαρακτηριστικό που επηρεάζει στο μεγαλύτερο βαθμό την απόφαση του καταναλωτή να αγοράσει ή όχι ένα προϊόν. Η συνολική εμφάνιση του προϊόντος επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι μπορεί να επιφέρουν διάφορες μεταβολές στο τρόφιμο. Από τη μία, το ενζυμικό μαύρισμα που λαμβάνει χώρα στα φρετεμαχισμένα φρούτα αποτελεί σημαντικό πρόβλημα και επιφέρει αλλοίωση του χρώματός τους. Από την άλλη, η υφή ως ένα επίσης σημαντικό γνώρισμα καθορίζει την αποδοχή ή μη ενός προϊόντος. Καθώς το φρούτο ωριμάζει η μεταβολή της υφής του είναι αναπόφευκτη, με άμεσο αντίκτυπο και στην εμφάνισή του. Όλα τα παραπάνω επηρεάζουν και άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τρόφιμου όπως η οσμή και η γεύση (Valencia-Chamorro et al., 2011; Kester & Fennema, 1986).

Για την καθυστέρηση λοιπόν της υποβάθμισης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των προϊόντων αυτών, η εφαρμογή των εδώδιμων επικαλυπτικών κρίνεται χρήσιμη αν όχι απαραίτητη. Οι μεμβράνες αυτές με τις ιδιότητές τους συμβάλλουν καθοριστικά στην επέκταση του χρόνου ζωής των φρεσκτημαχισμένων φρούτων (Gontard & Guilbert, 1992).

Στις εδώδιμες μεμβράνες που εφαρμόζονται στα φρούτα προστίθενται συχνά και ουσίες όπως αντιοξειδωτικά, αντιμικροβιακά, πλαστικοποιητές, συντηρητικά, βιταμίνες και άλλα που ενισχύουν τα χαρακτηριστικά της επιλεγμένης επικάλυψης και δρουν θετικά στη διατηρησιμότητα του τροφίμου. Πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί όλα αυτά τα χρόνια στην εύρεση της κατάλληλης επικάλυψης για κάθε φρούτο ή λαχανικό, ενώ συνεχώς ανακαλύπτονται νέοι συνδυασμοί (Vargas et al., 2008).

Το τρόφιμο που επικαλύπτεται με την εδώδιμη μεμβράνη μπορεί να καταναλωθεί όπως είναι φρέσκο ή ελαφρώς επεξεργασμένο, αλλά μπορεί και να οδηγηθεί προς περαιτέρω επεξεργασία, όπως μαγείρεμα, τηγάνισμα κτλ.

#### 4.8.1 Πλαστικοποιητές

Οι πλαστικοποιητές αναμιγνύονται σε διάλυμα βρώσιμης επικάλυψης για αύξηση των μηχανικών ιδιοτήτων και αντοχών του τροφίμου. Έχουν χαμηλό μοριακό βάρος και μπορούν να αναμιχθούν με υλικό επικάλυψης κολλοειδών πρωτεϊνών για ενίσχυση και αλλαγή της δομικής ικανότητάς του. Το νερό είναι επίσης φυσικός και αποτελεσματικός πλαστικοποιητής. Οι πιο συνήθεις πλαστικοποιητές που προστίθενται στις επικαλύψεις είναι η γλυκερόλη, τα λιπαρά οξέα, η σορβιτόλη, η προπυλενογλυκόλη, η πολυαιθυλενογλυκόλη σακχαρόζης και τα μονογλυκερίδια (Krochta & Mulder-Johnson, 1997; Krochta, 2002; Sothornvit & Krochta, 2005).

#### 4.8.2 Αντιμικροβιακές ουσίες

Η ικανότητα των εδώδιμων μεμβρανών να επιβραδύνουν τη διαπερατότητα του οξυγόνου, της υγρασίας και των αρωματικών ουσιών του τροφίμου ενισχύεται με την προσθήκη φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών σε αυτές. Δεδομένου ότι οι καταναλωτές ζητούν όλο και λιγότερα χημικά συστατικά για τη διατήρηση των τροφίμων, έχει στραφεί η προσοχή των επιστημόνων προς την αναζήτηση της δράσης αυτών των εναλλακτικών αντιμικροβιακών ουσιών. Στο επόμενο κεφάλαιο εξηγούνται εκτενώς (Ponce, 2008).

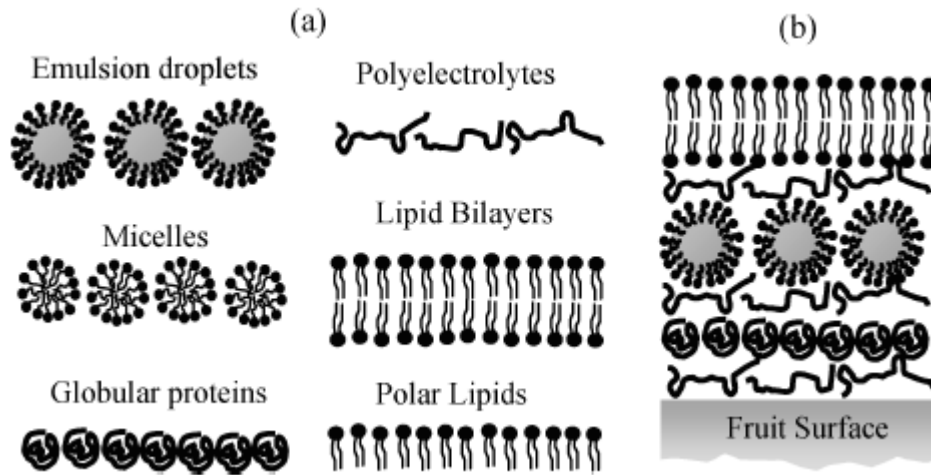
#### 4.9 Προοπτικές και νέες τάσεις

Οι εδώδιμες επικαλύψεις προσφέρουν αρκετά ωφέλιμες ιδιότητες για επέκταση της διάρκειας ζωής και βελτίωση της ποιότητας και της μικροβιακής

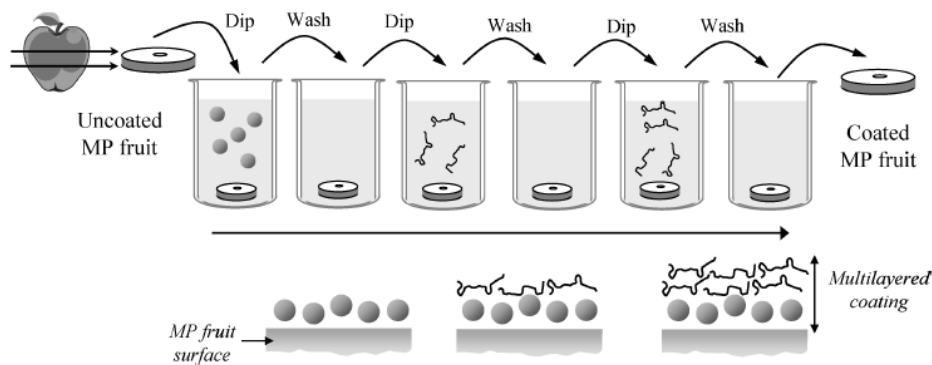
ασφάλειας σε φρέσκα και ελάχιστα επεξεργασμένα φρούτα. Η τεχνολογία των εδώδιμων επικαλύψεων φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενη, ωστόσο, υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί που προκύπτουν κυρίως από την τον έλεγχο των ιδιοτήτων των μεμβρανών και την αισθητική αποδοχή των ληφθέντων προϊόντων. Εμπορικά οι εφαρμογές των εδώδιμων επικαλύψεων σε ένα ευρύ φάσμα φρούτων είναι ακόμα πολύ περιορισμένη. Αυτό μπορεί να περιορίζεται από διάφορους παράγοντες, μεταξύ των οποίων η περιορισμένη κατανόηση και διαθεσιμότητα του κατάλληλου επικαλυπτικού υλικού, κακές ιδιότητες φραγμού της υγρασίας, αδυναμία προσκόλλησης μερικών επικαλυπτικών υλικών, πιθανή αλλεργιογόνος δράση των πρωτεϊνικών υλικών επικάλυψης και ανεπιθύμητη αισθητική ποιότητα όπως γεύση και άρωμα κάποιου επικαλυπτικού υλικού που επηρεάζει τα αισθητικά χαρακτηριστικά του φρούτου.

Οι νέες τάσεις στο τομέα των εδώδιμων επικαλύψεων επικεντρώνονται στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που επιτρέπουν περισσότερο αποτελεσματικό έλεγχο των ιδιοτήτων επίστρωσης και της λειτουργικότητας τους. Για το σκοπό αυτό, έχουν υπάρξει νέες μεθοδολογίες, οι περισσότερες από τις οποίες επικεντρώνονται σε σύνθετα ή πολυστρωματικά συστήματα επίστρωσης. Η ανάπτυξη σύνθετων συστημάτων είναι ελπιδοφόρα για τη βελτίωση πολλών ιδιοτήτων των υλικών επικάλυψης όπως οι ιδιότητες φραγμού της υγρασίας, προσκόλληση και ανθεκτικότητα. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η αισθητική ποιότητα, που είναι απαραίτητη καθώς επηρεάζει την αποδοχή των καταναλωτών και το δυναμικό της αγοράς επικαλυμμένων προϊόντων όπως αναφέρθηκε στη προηγούμενη παράγραφο. Είναι σημαντικό να εκτιμηθεί η αισθητηριακή ποιότητα τόσο των υλικών επικάλυψης όσο και των επικαλυμμένων τελικών προϊόντων, με τη μέτρηση παραμέτρων όπως η εμφάνιση, το χρώμα, το άρωμα, η γεύση και η υφή (Lin and Zhao, 2007 ; Varzakas & Tzia, 2016).

Με τη τεχνική της ηλεκτροαπόθεσης αναπτύσσονται πολυστρωματικές επικαλύψεις. Η τεχνική αυτή εκτελείται με εναλλαγή της εμβάπτισης των υποστρωμάτων σε διαλύματα αντίθετα φορτισμένων πολυηλεκτρολυτών σε πολλά ενδιάμεσα στάδια με αποτέλεσμα τη παραγωγή εξαιρετικά λεπτών επιφανειών εδώδιμης επίστρωσης. Μερικές γνωστές επικαλύψεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μία τέτοια τεχνική με σκοπό τη παραγωγή πολυστρωματικών επικαλύψεων είναι η χιτοζάνη, τα αλγινικά άλατα και η πηκτίνη. Τέλος για να παρασκευαστούν πολυστρωματικές επικαλύψεις είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν και άλλες φορτισμένες ουσίες όπως στερεά σωματίδια, σταγονίδια λιπαρών, μικκύλια και επιφανειοδραστικές ουσίες.



Εικόνα 26: (α) Συστατικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη πολυστρωματικών εδώδιμων επικαλύψεων για φρούτα και (β) παράδειγμα μιας πιθανής πολυστρωματικής επικάλυψης πάνω από μια επιφάνεια φρούτων. (Vargas et al., 2008)



Εικόνα 27: Σχηματική αναπαράσταση της επίστρωσης ενός φρούτου με μια πολυστρωματική εδώδιμη επικάλυψη χρησιμοποιώντας τη τεχνική της ηλεκτροαπόθεσης με τρία βήματα εμβάπτισης και πλύσης. (Vargas et al., 2008)

Μια άλλη τεχνική που μπορεί δυνητικά να χρησιμοποιηθεί για την ενσωμάτωση λειτουργικών συστατικών και αντιμικροβιακών σε βρώσιμες επικαλύψεις για φρούτα είναι η τεχνική εγκλεισμού. Αυτή ορίζεται ως η τεχνολογία που ένα υλικό (πχ υγρό σταγονίδιο, στερεό σωματίδιο ή ένωση αερίου) παγιδεύεται (επικαλύπτεται ή ενσωματώνεται) σε ένα προϊόν τρόφιμου για να του προσδώσει κάποιες επιθυμητές ιδιότητες. Αυτή η τεχνική είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την ενσωμάτωση συστατικών που προσθέτουν αξία στο προϊόν διατροφής (όπως ένζυμα και προβιοτικά), καθώς και λειτουργικά συστατικά, ευαίσθητα στην οξείδωση λιπιδίων (όπως ωμέγα-3-λιπαρά οξέα) ή για να αποκρύπτον επιθυμητές οσμές και γεύσεις. Τέλος, η πιο πρόσφατη προσέγγιση για τη βελτίωση των ιδιοτήτων επικάλυψης είναι η δημιουργία νανο-σύνθετων υλικών που ενσωματώνουν νανοϋλικά αργιλίου (όπως

πυριτικά άλατα) σε πολυμερή. Ωστόσο, ακόμη και αν αυτό φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενο, το κύριο μέλημα της επιστημονικής κοινότητας όταν ενσωματώνονται αυτά τα νανοϋλικά σε εδώδιμες επικαλύψεις είναι η έλλειψη μελετών σχετικά με την πιθανή τους τοξικότητα τους στον ανθρώπινο οργανισμό (Varzakas & Tzia, 2016 ; Vargas et al., 2008). Η επιστημονική κοινότητα θεωρεί πως αυτές οι παραπάνω μέθοδοι είναι οι πιο πολλά υποσχόμενες όσο αφορά τη μελλοντική ανάπτυξη των εδώδιμων επικαλύψεων για την επιμήκυνση της περιόδου αποθήκευσης, την ασφαλέστερη κατανάλωση αλλά και ανάπτυξη μεμβρανών που δεν θα επιδρούν στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των φρούτων.

#### 4.10 Εδώδιμες επικαλύψεις στο αχλάδι και το κυδώνι

##### *Αχλάδι*

Έγινε έρευνα της επίδρασης των εδώδιμων μεμβρανών επικάλυψης με βάση αλγινικό άλας (2 % w/v), με βάση πηκτίνη (2 % w/v) και με βάση γελάνη (0,5 % w/v), που περιείχαν N-ακετυλοκουστεΐνη (0.75% w/v) και γλουταθειόνη (0.75% w/v) σε φρεστεμαχισμένα αχλάδια κατά την αποθήκευση για 14 ημέρες στους 4 °C. Η χρήση των βρώσιμων επικαλύψεων με βάση πολυσακχαρίτες αύξησε την αντίσταση σε υδρατμούς και μείωσε τη παραγωγή αιθυλενίου σε φρεσκοτεμαχισμένα επικαλυμμένα αχλάδια. Η ενσωμάτωση της N-ακετυλοκουστεΐνης και της γλουταθειόνης σε εδώδιμες επικαλύψεις όχι μόνο μείωσε τη μικροβιακή ανάπτυξη σε σύγκριση με τα δείγματα που δεν περιείχαν αντιοξειδωτικά, αλλά ήταν επίσης αποτελεσματικό στην εμφάνιση των φρούτων καθώς αποφεύχθηκε το ενζυμικό μαύρισμα για τουλάχιστον 2 εβδομάδες. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C και η συνολική φαινολική περιεκτικότητα που παρατηρήθηκε στα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια με επικάλυψη αλγινικού, γελάνης και πηκτίνης, συμπεριλαμβανομένων των αντιοξειδωτικών, συνέβαλαν στη διατήρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητάς του. Επιπροσθέτως, οι επικαλύψεις με αλγινικό ή πηκτίνη διατηρούσαν καλύτερα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των φρεσκοτεμαχισμένων για 14 ημέρες (Oms-Oliu et al., 2008).

##### *Κυδώνι*

Τα κυδώνια έχουν μία σημαντική οικονομική αξία λόγω της ζήτησής τους για μαρμελάδες ή κομπόστα λόγω του υψηλού περιεχόμενου βιταμινών και ινών τους. Μία μέθοδος διατήρησής τους με σκοπό την παράταση της διάρκειας ζωής τους είναι με τη χρήση ενός εδώδιμου υλικού επικάλυψης. Αυτό ερευνήθηκε με μία επικάλυψη βασισμένη σε εστέρες σακχαρόζης, το ασκορβικό οξύ και η ψυκτική αποθήκευση. Η περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ, η σταθερότητα, η περιεχόμενη ζάχαρη, το pH, η τιτλοδοτήσιμη οξύτητα, ο ρυθμός αναπνοής, το βάρος, η ολική υγρασία, η μούχλα, η ζύμη και ο αριθμός αερόβιων βακτηριδίων μετρήθηκαν. Διαπιστώθηκε ότι ο τριπλός συνδυασμός της επικάλυψης, του ασκορβικού οξέος και η αποθήκευση σε ψύξη παρέχει υψηλή μικροβιακή προστασία, αλλά και χημικές και αισθητικές ιδιότητες για

το κυδώνι, που οδηγούν σε παράταση της διάρκειας ζωής σε σύγκριση με τη μη επικαλυμμένα κυδώνια (Yurdug, 2005).

Άλλο ένα παράδειγμα επικάλυψης του κυδωνιού με εδώδιμη μεμβράνη είναι η παρακάτω μελέτη σχετικά με την επίδραση των αντιοξειδωτικών βρώσιμων επικαλύψεων και της ωσμωτικής αφυδάτωσης σχετικά με τη συρρίκνωση και το χρώμα του των αφυδατωμένων κυδωνιών με θερμό αέρα. Η ωσμωτική αφυδάτωση είναι μία διαδικασία που χρησιμοποιείται για τη μερική αφαίρεση νερού από φυτικούς ιστούς με εμβάπτιση σε υπερ-τονικό (ωσμωτικό) διάλυμα. Ωστόσο, η ανησυχία σχετικά με την ωσμωτική αφυδάτωση είναι προς το παρόν η ελαχιστοποίηση της απορρόφησης των στερεών, καθώς αν αυτά απορροφηθούν το φρούτο θα χάσει σημαντικά οργανοληπτικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά του.

Τα κυδώνια κόπηκαν σε φέτες και εμβαπτίστηκαν σε εδώδιμες μεμβράνες καρβοξυμεθυλοκυτταρίνης (CMC) (1,49%), πηκτίνης (1,49% ) και ασκορβικό (0,58%). Η έρευνα έδειξε τα δείγματα που είχαν εδώδιμη επικάλυψη συρρικνώθηκαν λιγότερο και είχαν μικρότερη μεταβολή του χρώματός τους που αποδόθηκε στη μείωση της επαφής με το οξυγόνο και μείωση του pH λόγω της παρουσίας του κιτρικού οξέος (Akbarian et al., 2013).

## 5 Φυσικά αντιμικροβιακά

### 5.1 Εισαγωγή

Το τρόφιμο είναι ένα βασικό εμπόρευμα για τη διατροφή και την ανάπτυξη του ανθρώπου, αλλά και ένα εξαιρετικό μέσο ανάπτυξης για διάφορους μικροοργανισμούς. Τα περισσότερα από τα τρόφιμα με τη πάροδο του χρόνου γίνονται γρήγορα ακατάλληλα για κατανάλωση ως συνέπεια μικροβιολογικών, ενζυματικών/χημικών αλλαγών. Μερικές φορές το τρόφιμο μπορεί να δημιουργήσει σοβαρές απειλές για την υγεία λόγω της παρουσίας μικροβιακών τοξινών ή παθογόνων μικροοργανισμών στο προϊόν. Ως εκ τούτου, η ανάγκη ελέγχου παθογόνων μικροοργανισμών και μικροοργανισμών αλλοίωσης στα τρόφιμα είναι απαραίτητη. Οι στρατηγικές όπως η θερμική επεξεργασία (υψηλή ή χαμηλή), η μείωση της ενεργότητας του νερού, ο περιορισμός των θρεπτικών συστατικών, η οξίνιση / ζύμωση (χαμηλό pH), η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας, οι μη θερμικές φυσικές επεξεργασίες και η χρήση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών έχουν παραδοσιακά εφαρμοστεί για να ενισχύσουν τη διάρκεια ζωής των προϊόντων διατροφής. Παρά τις προσπάθειες αυτές, η αλλοίωση των τροφίμων και η εμφάνιση παθογόνων μικροοργανισμών σε αυτά προκαλούν τεράστιες οικονομικές απώλειες κάθε χρόνο σε όλο τον κόσμο. Ως εκ τούτου, η εξάλειψη ή ο έλεγχος των ανεπιθύμητων αλλαγών στο τρόφιμο για την εξασφάλιση της ασφάλειας και της μακροχρόνιας αντοχής του εξακολουθεί να αποτελεί ζήτημα ανησυχίας.

Οι αντιμικροβιακοί παράγοντες που θεωρούνται επίσης ως πρόσθετα τροφίμων είναι χημικές ενώσεις που προστίθενται για τον έλεγχο των μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοιώσεις. Η ταξινόμηση των αντιμικροβιακών είναι εξαιρετικά δύσκολη. Ωστόσο, ανάλογα με την προέλευση, μπορούν να χωριστούν σε παραδοσιακές και νέες εγκεκριμένες ουσίες. Η παραδοσιακή κατηγορία των αντιμικροβιακών των τροφίμων περιλαμβάνει παραδοσιακά (χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια), συνθετικά (συνθετικά από χημικές αντιδράσεις) και εγκεκριμένα (που επιτρέπεται σε πολλές χώρες να προστίθενται στα τρόφιμα). Αλάτι, ζάχαρη, νιτρώδη άλατα, βενζοϊκό νάτριο, κιτρικό οξύ, μηλικό οξύ, τρυγικό οξύ και μεταδιθειώδες νάτριο είναι παραδείγματα παραδοσιακών συντηρητικών. Αν και υπάρχει μακρά ιστορία χρήσης, μερικές παραδοσιακές συντηρητικές ουσίες αναφέρουν ορισμένες αλλεργικές αντιδράσεις σε ευαίσθητα άτομα και τον σχηματισμό δυνητικά καρκινογόνων παραπροϊόντων (π.χ., νιτροζαμινών από νιτρώδη).

Τα τελευταία χρόνια, οι καταναλωτές είναι πιο ανήσυχοι για την υγεία και για τις επιζήμιες επιπτώσεις των πρόσθετων των τροφίμων. Οι καταναλωτές είναι επίσης όλο και περισσότερο ελκυστικοί σε τρόφιμα τα οποία είναι πιο φυσικά χωρίς πρόσθετα χημικά συντηρητικά. Έτσι, οι αλλαγές στις προτιμήσεις των καταναλωτών και στις κυβερνητικές πολιτικές προκάλεσαν τους επιστήμονες τροφίμων να αναζητήσουν εναλλακτικές λύσεις από τα χημικά συντηρητικά για να βελτιώσουν την ποιότητα και να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των τροφίμων. Κατά συνέπεια, οι αντιμικροβιακές

ενώσεις που προέρχονται από ζωικές, φυτικές και μικροβιακές πηγές επέστησαν την προσοχή ως εναλλακτικές λύσεις για τα χημικά συντηρητικά τροφίμων (Gaare et al., 2013).

## 5.2 Ιστορική αναδρομή αιθέριων ελαίων

Η απόσταξη, είναι μία μέθοδος για την παραγωγή των αιθέριων ελαίων και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην Ανατολή (Ινδία, Αίγυπτος, Περσία) πριν από περισσότερα από 2000 χρόνια και στη συνέχεια βελτιώθηκε από τους Άραβες τον 9<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. (Guenther, 1948; Bauer et al., 2001). Η πρώτη γραπτή αναφορά για απόσταξη αιθέριου ελαίου έγινε από το φυσικό Villanova, που έζησε την περίοδο 1235-1311 μ.Χ.. Τον 13<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. η παρασκευή των αιθέριων ελαίων γινόταν σε φαρμακεία και οι χρήσεις τους περιγράφονται σε φαρμακευτικά εγχειρίδια (Bauer et al., 2001). Τον 16<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ., δύο Γάλλοι φυσικοί αναφέρουν σε κείμενα τους την απόσταξη μικρού αριθμού αιθέριων ελαίων, μεταξύ των οποίων έλαια από δενδρολίβανο, λεβάντα, γαρύφαλλο, μοσχοκάρυδο, άνηθο και κανέλλα. Σύμφωνα με το Γάλλο φυσικό Du Chesne, τον 17<sup>ο</sup> αιώνα, η απόσταξη των αιθέριων ελαίων ήταν πια διαδεδομένη και η πρώτη πειραματική μέτρηση των αντιμικροβιακών ιδιοτήτων των αιθέριων ελαίων πραγματοποιήθηκε από τον De la Croix το 1881 (Guenther, 1948). Κατά τη διάρκεια του 19<sup>ου</sup> και 20<sup>ου</sup> αιώνα, η ιατρική χρήση των αιθέριων ελαίων απέκτησε δευτερεύουσα σημασία, σε σχέση με τη χρήση τους στην αρωματοποιία και την προσθήκη τους στα τρόφιμα ως βελτιωτικά της γεύσης (Guenther, 1948; Boyle, 1955).

## 5.3 Φυσικά αντιμικροβιακά φυτικής προέλευσης

Τα φυτά παράγουν πολυάριθμα αντιμικροβιακά μέσα από ενζυματικές δράσεις για την ενίσχυση της προστασίας τους και την καταπολέμηση των μικροοργανισμών. Γενικά, τα φυτά περιέχουν προσχηματισμένο μίγμα αντιμικροβιακών συστατικών σε δραστική μορφή, ενώ κάποια παράγονται μετά από σωματική βλάβη (πχ τραυματισμός φλοιού). Για παράδειγμα, η αλικίνη, ένα αντιμικροβιακό από κρεμμύδι παράγεται μόνο όταν προκαλείται σωματική βλάβη.

Πολλές τέτοιες ενώσεις ταυτοποιούνται και μελετώνται λεπτομερώς, ενώ υπάρχουν ακόμα πολλές ενώσεις που χρειάζονται έρευνα. Ακόμα κι αν πολλά είδη φυτών έχουν προσελκύσει την προσοχή των ερευνητών, τα βότανα, τα μπαχαρικά και μερικά φρούτα αποτελούν φυτικούς οργανισμούς που έχουν υψηλή πιθανότητα να είναι δυναμικά φυσικά υποκατάστατα των χημικών συντηρητικών τροφίμων για να προσφέρουν αντιμικροβιακή δράση στο τρόφιμο. Συγκεκριμένα περιέχουν ένα μεγάλο αριθμό ουσιών που είναι υπεύθυνες για τη παρεμποδιστική δράση στην ανάπτυξη βακτηρίων και μυκητών (Gaare et al., 2013).

### 5.3.1 Φυτικά φαινολικά

Τα φυτικά φαινολικά αποτελούνται από έναν ή περισσότερους αρωματικούς δακτυλίους που φέρουν υποκαταστάτες υδροξυλίου. Παράγονται ως δευτερεύοντες



μεταβολίτες των παραγώγων των φυτών pentose phosphate, shikimate και rhenylpropanoid, παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και την αναπαραγωγή παρέχοντας προστασία φυτών κατά παθογόνων μικροοργανισμών. Οι φαινολικές ενώσεις αντιπροσωπεύουν ένα κοινό συστατικό της ανθρώπινης διατροφής, μπορούν να βρεθούν στα φρούτα, τα λαχανικά, τον καφέ, το τσάι, την μπύρα, το κρασί και τη σοκολάτα (Gaare et al., 2013). Οι ευρέως εμφανιζόμενες ομάδες φαινολικών των φυτών περιλαμβάνουν φλαβονοειδή, φαινολικά οξέα, υδροξυκιναμικά οξέα και λιγνάνες. Αυτές οι ενώσεις ασκούν διάφορες ευεργετικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία όπως αντιοξειδωτικές, αντι-καρκινογόνες, αντιμεταλλαξιογόνες, αντιφλεγμονώδεις και αντιαλλεργικές δραστηριότητες (Meng et al., 2008; Oliveira et al., 2008). Οι φυτικές πολυφαινόλες έχουν επίσης δείξει αντιμικροβιακές επιδράσεις έναντι ευρέος φάσματος παθογόνων και βακτηρίων αλλοίωσης και προτείνονται ως πιθανά φυσικά συντηρητικά τροφίμων (Davidson et al., 2005; Vaquero et al., 2012).

### 5.3.2 Αιθέρια έλαια και τα συστατικά τους

Τα αιθέρια έλαια είναι αρωματικά και πτητικά υγρά που εξάγονται από τα φυτά, όπως λουλούδια, ρίζες, φλοιούς, φύλλα, σπόροι, φλούδες, φρούτα, ξύλο και ολόκληρα φυτά. Η απόσταξη είναι η πλέον κύρια μέθοδος εκχύλισης αιθέριων ελαίων σε εμπορική κλίμακα. Περίπου 3000 αιθέρια έλαια είναι γνωστά, εκ των οποίων περίπου 300 είναι εμπορικά σημαντικά για την αγορά (Burt, 2004). Τα αιθέρια έλαια είναι ένα σύμπλεγμα περισσότερων από εξήντα μεμονωμένων συστατικών οργανικών ενώσεων χαμηλού μοριακού βάρους, τα οποία μπορούν να ομαδοποιηθούν σε πρωτεύοντα (> 85%) και δευτερεύοντα συστατικά (ίχνη, δηλαδή με χαμηλό ποσοστό) (Baratta et al., 1998).

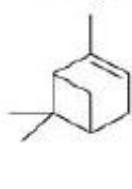
Τα πρωτεύοντα μεμονωμένα συστατικά της πλειοψηφίας των αιθέριων ελαίων εμφανίζουν αντιβακτηριακή δράση έναντι ευρέος φάσματος μικροοργανισμών (Kim et al., 1995). Χημικά, τα αιθέρια έλαια περιέχουν ως κύρια συστατικά αλκοόλες, αιθέρες, αλδεΐδες, εστέρες και κετόνες. Η σύνθεση των αιθέριων ελαίων από ένα συγκεκριμένο είδος φυτού μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την περίοδο συγκομιδής, την περιοχή που βρίσκεται το φυτό και τη διαδικασία εκχύλισης (Jerkonić et al., 2001). Τα αιθέρια έλαια από ρίγανη, θυμάρι, φασκόμηλο, δεντρολίβανο, σκελίδα, σκόρδο και κρεμμύδι είναι γνωστό ότι παρουσιάζουν ισχυρή αντιμικροβιακή δράση έναντι παθογόνων μικροοργανισμών (Gaare et al., 2013; López et al., 2007). Έχουν χρησιμοποιηθεί στην παραδοσιακή ιατρική αλλά και ως φυσικά αντιμικροβιακά σε διάφορα τρόφιμα (τυρί, προϊόντα με βάση το κρέας και φρέσκα λαχανικά και φρούτα) σε όλο τον κόσμο.

Η βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιεί κατά κύριο λόγο αντιμικροβιακούς παράγοντες για την προστασία των τροφίμων. Ωστόσο, η αντιμικροβιακή δράση των αιθέριων ελαίων είναι συνάρτηση της σύνθεσης αυτών. Τα καθαρισμένα κύρια μεμονωμένα συστατικά των αιθέριων ελαίων αξιολογούνται για την αντιμικροβιακή τους δράση σε διάφορες μελέτες. Αν και η πλειονότητα των αιθέριων ελαίων και των συστατικών είναι κατοχυρωμένα ως ασφαλή (GRAS), η χρήση τους σε τρόφιμα ως συντηρητικά είναι συχνά περιορισμένη επειδή επιδρούν στα οργανοληπτικά

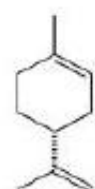
χαρακτηριστικά των τροφίμων, δηλαδή το άρωμα τους υπερβαίνει το αντίστοιχο του τρόφιμου και αυτό δεν θεωρείται αποδεκτό (Gaare et al., 2013).

## Terpenes

### Monoterpenes



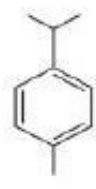
$\alpha$ -Pinene



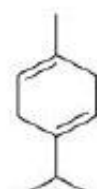
Limonene



Sabinene

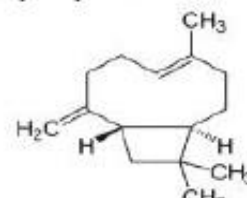


p-Cymene



$\gamma$ -Terpinene

### Sesquiterpenes



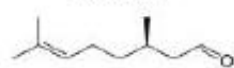
$\beta$ -Caryophyllene

## Terpenoids

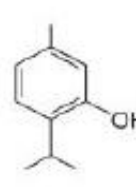
### Monoterpenoids



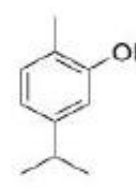
Linalool



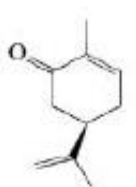
Citronellal



Thymol



Carvaerol

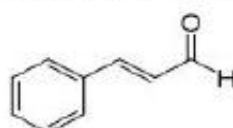


Carvone

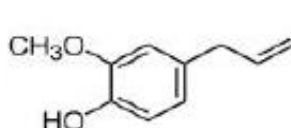


Borneol

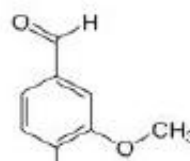
### Phenylpropanoids



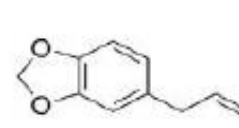
Cinnamaldehyde



Eugenol

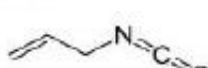


Vanillin

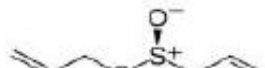


Safrole

### Others



Allyl-isothiocyanate



Allicin

Εικόνα 28: Χημικές δομές επιλεγμένων συστατικών αιθέριων ελαίων (Hyltdgaard et al. 2012)

Δύο πολύ σημαντικά αιθέρια έλαια που παρουσιάζουν αντιμικροβιακή δράση είναι το αιθέριο έλαιο μάραθου και το αιθέριο έλαιο λεμονιού που απασχολούν την παρούσα διπλωματική εργασία.

#### 5.3.2.1 Αιθέριο έλαιο μάραθου

Το αιθέριο έλαιο του μάραθου λαμβάνεται από τους ξηραμένους ώριμους καρπούς του *Foeniculum vulgare*. Απαντάται στις μεσογειακές χώρες, ενώ σε μεγάλο

βαθμό καλλιεργείται στη Ρουμανία, τη Ρωσία, τη Γερμανία, τη Γαλλία, την Ινδία και την Ιαπωνία . (Preedy, 2016)

Το αιθέριο έλαιο από τα φύλλα μάραθου παρουσιάζει αντιμυκητιακές και αντιμικροβιακές ιδιότητες. Προκειμένου να αποδειχτεί αυτό όπου αξιολογήθηκε η επίδραση του αιθερίου ελαίου γλυκού μάραθου στον πληθυσμό των μυκήτων Flora και *Aspergillus Flavi* σε αποθηκευμένα φιστίκια. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι το αιθέριο έλαιο παρουσίασε έντονη αντιμυκητιακή δραστηριότητα έναντι της ανάπτυξης των *Aspergillus parasiticus* και *Aspergillus flavus*. Επιπλέον, η ανάπτυξη μυκηλίων μειώθηκε σημαντικά με την αυξανόμενη συγκέντρωση αιθερίου ελαίου. Το αιθέριο έλαιο έδειξε καλύτερη δραστηριότητα στην ανάπτυξη των μυκηλίων των *A. Ochraceus* και *F. Oxysporum* από ότι στην ανάπτυξη των *A. Parasiticus* και *A. Flavi*. Το αιθέριο του γλυκού μάραθου, με την αντιμυκητιακή δράση και τις ανασταλτικές ιδιότητες στην ανάπτυξη των μυκοτοξινών, προσφέρει μία νέα προσέγγιση στη διαχείριση της αποθήκευσης, καθώς παρέχει τη δυνατότητα πρόληψης της μόλυνσης από μούχλα.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε διαπιστώθηκε ότι το αιθέριο έλαιο μάραθου έχει ισχυρή αντιμικροβιακή δραστηριότητα έναντι των παθογόνων μικροοργανισμών που αναπτύσσονται στην τομάτα. Συγκεκριμένα αποδείχτηκε ότι παρουσιάζει έντονη αντιμικροβιακή δράση έναντι κάποιων και βακτηρίων (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*) και μυκήτων (*Aspergillus niger*, *F. oxysporum*, *Fusarium graminearum* και *Fusarium roae*). Επομένως, το αιθέριο έλαιο μάραθου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καλό φυσικό συντηρητικό για τη μείωση των απωλειών ποιότητας μετά τη συγκομιδή (Preedy, 2016).

#### 5.3.2.2 Αιθέριο έλαιο λεμονιού

Το λεμόνι πρωτοεμφανίστηκε στη Νοτιοανατολική Ασία και στη συνέχεια εξαπλώθηκε σε όλο τον κόσμο. Πλέον καλλιεργείται παγκοσμίως για εμπορικούς λόγους σα προϊόν διατροφής αλλά και λόγω της φαρμακευτικής του σημασίας. Το αιθέριο έλαιο λεμονιού έχει δείξει πως καταπολεμά αρκετούς μύκητες. Τα ακατέργαστα εκχυλίσματα από διάφορα μέρη του λεμονιού έδειξαν αντικαρκινική και αντιβακτηριακή δραστηριότητα. Ιδιαίτερα στο Ομάν, το λεμόνι είναι διάσημη καλλιέργεια και είναι τελείως διαφορετική από τις άλλες ποικιλίες λεμονιών που υπάρχουν στον κόσμο. Περιέχει μεγάλη ποσότητα κιτρικού οξέος και χυμού. Το μεγαλύτερο ποσοστό των χημικών ενώσεων των λεμονιών ανήκουν στην κατηγορία των αλκαλοειδών. Ομοίως, το αιθέριο έλαιο του λεμονιού από το Ομάν, αποτελείται από λιμονένιο (53,57%), α-τερπινεόλη (14,69%), β-πινένιο (8,23%), α-πινένιο (1,84%), β-τερπεινολένιο (4,33%), τερπινεν-4-όλη (3,38%), κιμένιο (1,80%), και β-δισαβολένιο (1,43%).

Εφαρμογή του αιθερίου ελαίου λεμονιού σε τρόφιμα έδειξε πως το γλυκό αιθέριο έλαιο λεμονιού σε συγκεντρώσεις 2 mg/mL και 0,5mg/mL είχε πολύ μικρή αντιμικροβιακή δράση έναντι του *E. coli*. Παρόλα αυτά έδωσε υψηλή δραστηριότητα

έναντι του *S. aureus* σε συγκέντρωση 2 mg/mL. Επιπλέον, το πικρό έλαιο λεμονιού έδειξε μικρή αντιμικροβιακή δραστικότητα έναντι των *E. coli* και *P. Aeruginosa* σε συγκεντρώσεις 2 mg/mL. (Nasser, AL-Jabri, & Hossain, 2018)

Επίσης έχει μελετηθεί η αντιμικροβιακή δραστικότητα του αιθέριου ελαίου λεμονιού σε συνδυασμό με το εκχύλισμα φλούδας λεμονιού έναντι κάποιων κοινών παθογόνων μικροοργανισμών και μυκήτων που μεταδίδονται στα τρόφιμα. Η μελέτη έδειξε πως η δράση του ελαίου λεμονιού έχει ευρύ φάσμα αντιμικροβιακής και αντιμυκητιακής δράσης με αποτέλεσμα να είναι κατάλληλο για τη χρησιμοποίησή του ως συντηρητικό τροφίμων (Gupta et al.,2017).

#### 5.4 Ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών σε εδώδιμες μεμβράνες

Η χρήση των εδώδιμων μεμβρανών για την προστασία και τη συντήρηση των τροφίμων εφαρμόζεται ευρέως εξαιτίας των πολλών πλεονεκτημάτων τους έναντι των συνθετικών υλικών, όπως το γεγονός ότι είναι βιοδιασπώμενα και φιλικά προς το περιβάλλον. Οι μελέτες της δράσης των ενσωματωμένων φυσικών αντιμικροβιακών στις εδώδιμες μεμβράνες είναι όλο και περισσότερες.

Η ικανότητα των εδώδιμων μεμβρανών να επιβραδύνουν την απώλεια υγρασίας, να περιορίσουν τη διαπερατότητα του οξυγόνου και των αρωματικών ουσιών του τροφίμου ενισχύεται με την προσθήκη σε αυτές φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

Η μικροβιακή αλλοίωση μειώνει σημαντικά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου όπως τη γεύση, το άρωμα και την εμφάνιση του. Οι τύποι αλλοίωσης ποικίλουν ανάλογα με το είδος των φρούτων και ακόμη και με την ποικιλία. Τα φρούτα μπορούν να είναι αλλοιωμένα από τους μύκητες και τα βακτήρια. Οι παθογόνοι μύκητες είναι η κύρια αιτία της αλλοίωσης των καρπών μετά τη συγκομιδή. Η ταυτοποίηση των αλλοιώσεων και των παθογόνων μικροοργανισμών των φρούτων καθιστά δυνατή την εφαρμογή αντιμικροβιακών επικαλύψεων για την πρόληψη της αλλοίωσης των τροφίμων από ασθένειες. (M. & Min)

Οι συνήθεις αντιμικροβιακοί παράγοντες για τα προϊόντα διατροφής είναι οργανικά οξέα (π.χ. σορβικό, προπιονικό και βενζοϊκό) και τα άλατά τους, θειώδη, νιτρώδη, αντιβιοτικά, βακτηριοσίνες (π.χ. νισίνη), ένζυμα (π.χ. λυσοζύμη) και αλκοόλες, μέταλλα και μυκητοκτόνα (π.χ., benomyl, imazalil) (Suprakul et al.,2003). Η μελλοντική έρευνα σε αντιμικροβιακές επικαλύψεις μπορεί επικεντρωθεί στην εφαρμογή φυσικών ή βιολογικών προερχόμενων αντιμικροβιακών ουσιών που ενσωματώνονται σε μεμβράνες (Hoover & Steenson, 1993).

#### 5.4.1 Οργανικά οξέα και τα άλατά τους

Το βενζοϊκό οξύ, το γαλακτικό οξύ και το σορβικό οξύ είναι δυνητικοί αντιμικροβιακοί παράγοντες για ενσωμάτωση σε εδώδιμες επικαλύψεις για φρούτα (Cagri et al., 2004). Το σορβικό οξύ, έχει μεγάλη ποικιλία βακτηριοστατικών και μυκοστατικών ιδιοτήτων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με εμβάπτιση για να μειωθεί ο συνολικός αριθμός βακτηρίων τόσο σε ψύξη όσο και σε αυξημένες θερμοκρασίες (Suprakul et al., 2003). Ανθρώπινα παθογόνα συμπεριλαμβανομένων των *L. monocytogenes*, *E. Coli* και *Salmonella spp.* σε φρούτα μπορούν να παρεμποδιστούν με οργανικά οξέα και τα άλατά τους (M. & Min).

#### 5.4.2 Αντιμυκητιακά

Οι εδώδιμες επικαλύψεις μπορούν να περιέχουν αντιμυκητιακές ουσίες ώστε να έχουν αντιμικροβιακές ιδιότητες (Brody et al., 2001). Μυκητοκτόνα που χρησιμοποιούνται σε γαλάκτωμα κεριού μπορούν να αντιμετωπίσουν τις ασθένειες που τυχόν να προκύψουν ,μετά τη συγκομιδή ροδάκινων και νεκταρινιών, που προκαλούνται από τα φυτά *Monilinia fructicola* και *Rhizopus stolonifer* (Wells, 1971).

#### 5.4.3 Νισίνη

Η νισίνη είναι ένα πολυκυκλικό αντιβακτηριακό πεπτίδιο που παράγεται από το βακτήριο *Lactococcus lactis*, έχει δοκιμαστεί ως αντιμικροβιακός παράγοντας και πλέον χρησιμοποιείται ως συντηρητικό τροφίμων. Έχει γίνει αποδεκτό από τις ρυθμιστικές αρχές σε ορισμένες χώρες, όπως η Ιαπωνία, για χρήση σε τρόφιμα (Brody et al., 2001). Οι μεμβράνες MC / HPMC που περιέχουν νισίνη βρέθηκαν αποτελεσματικές στην αναστολή του *S. Aureus* και *L. Monocytogenes* (Cooksey, 2000).

#### 5.4.4 Λυσοζύμη

Η λυσοζύμη μπορεί να εφαρμοστεί σε αντιμικροβιακές επικαλύψεις. Η λυσοζύμη είναι ένα ένζυμο που χρησιμοποιείται στη βιοσύνθεση των πρωτεϊνών (Shah, 2000). Είναι συνήθως δραστική έναντι των Gram θετικών βακτηρίων όπως ο *L. monocytogenes* (Losso et al., 2000). Έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για τον έλεγχο της γαλακτικής ζύμωσης από το *Clostridium tyrobutyricum* σε ημίσκληρο και σκληρό, αλμυρό τυρί (Walzem et al., 2002). Οι Appendini & Hotchkiss (1997) διερεύνησαν την αποτελεσματικότητα λυσοζύμης σε διαφορετικά πολυμερή. Η τριοξεική κυτταρίνη (CTA) που περιέχει λυσοζύμη έδωσε την υψηλότερη αντιμικροβιακή δράση. Η βιωσιμότητα του βακτηρίου *Micrococcus lysodeikticus* μειώθηκε παρουσία λυσοζύμης σε μεμβράνη CTA. (M. & Min)

#### 5.4.5 Εκχυλίσματα φυτών

Ενώσεις φυτικής προέλευσης που περιλαμβάνουν εκχυλίσματα σπόρων γκρέιπφρουτ, κανέλας, θυμάρι, δεντρολίβανο, κρεμμύδι, σκόρδου, ραπανάκι, και η

ρίγανη έδειξαν αντιμικροβιακή δραστικότητα (Brody et al., 2001; Suppakul et al., 2003). Αυτές οι ενώσεις μπορούν να προστεθούν σε τρόφιμα χωρίς όμως την επισήμανση ως αντιμικροβιακοί παράγοντες ή συντηρητικά (Suppakul et al., 2003). Σε έρευνα που έγινε διαπιστώθηκε πως η επίδραση της ενσωμάτωσης αυτών των εκχυλισμάτων δεν έχει δείξει βελτίωση ως προς τις αισθητικές ιδιότητες των τροφίμων (εξωτερική εμφάνιση, υφή) (M. & Min).

#### 5.4.6 Αντιμικροβιακά ιόντα αργύρου

Αντιμικροβιακά ιόντα αργύρου συμπεριλαμβανομένων αλάτων αργύρου-ζεόλιθου (μικροπορώδη αργυλοπυριτικό ορυκτό) και οξείδιο του αργυρίου έχουν γίνει αποδεκτά από τις ρυθμιστικές αρχές στην Ιαπωνία για χρήση στα τρόφιμα. Αυτά τα αντιμικροβιακά ιόντα αργύρου μπορεί να έχουν χρήση εδώδιμες επικαλύψεις σε περιορισμένη συγκέντρωση. Στις ΗΠΑ, το πρότυπο για την περιεκτικότητα σε άργυρο στο πόσιμο νερό ορίζεται σε <50ppb (parts per billion) (Brody et al., 2001). Το αργίλιο επιτρέπεται σε πολύ περιορισμένο αριθμό τροφίμων ως χρωστική ουσία (Vermeiren et al., 2002). Εμπορικά αντιμικροβιακά υλικά που περιέχουν αργίλιο-ζεόλιθο δεν έχουν εγκριθεί για χρήση σε εφαρμογές σχετιζόμενες με τα τρόφιμα από τον FDA. Ωστόσο, ορισμένα από τα υλικά έχουν διατεθεί στο εμπόριο σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες και την Ιαπωνία (Brody et al., 2001; Vermeiren et al., 2002).

Οι ασημένιοι ζεόλιθοι είναι κρυσταλλικά αργυλοπυριτικά υλικά, που απελευθερώνουν μια μικρή ποσότητα (~ 10ppb) ιόντων αργύρου με αποτέλεσμα μία μακροπρόθεσμη αντιμικροβιακή δραστικότητα (Matsuura, et al., 1997). Ο άργυρος είναι ίσως το πιο χρήσιμο μεταξύ των βαρέων μετάλλων, καθώς συνδυάζει μια υψηλή αντιμικροβιακή δράση με μία σημαντική χαμηλή τοξικότητα για την ανθρώπινη υγεία (Schierholz et al., 1998). Ωστόσο, δεν υπάρχουν ζεόλιθοι αργύρου και ιόντα αργύρου που αναστέλλουν αποτελεσματικά τους μικροοργανισμούς σε πλούσια σε θρεπτικά μέσα καλλιέργειας (Brody et al., 2001). Επικαλύψεις που περιέχουν ιόντα αργύρου μπορούν να σχεδιαστούν για να αποφευχθεί η μεταμικροβιακή μόλυνση που εμφανίζεται στην επιφάνεια υλικών συσκευασίας (M. & Min).

## 6 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 6.1 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να μελετηθεί η υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών δύο φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων, που απασχολούν αρκετά την ελληνική βιομηχανία τροφίμων, το αχλάδι και το κυδώνι. Αφού τους αφαιρεθεί η φλούδα και στη συνέχεια τεμαχιστούν, τα φρούτα αντιμετωπίζουν μεγάλο πρόβλημα διατηρησιμότητας και οδηγούνται σε ταχύτατη ποιοτική υποβάθμιση. Θα γίνει προσπάθεια να επιβραδυνθεί αυτή η υποβάθμιση με τη μέθοδο της τεχνολογίας των εδώδιμων μεμβρανών ως μέθοδο συντήρησης σε συνδυασμό με ψύξη κατά την αποθήκευση. Έτσι λοιπόν επιλέχθηκαν μεμβράνες οι οποίες σε άλλα φρούτα είχαν παρουσιάσει καλά αποτελέσματα συντήρησης. Στο αχλάδι επίσης θα δοκιμαστούν δύο είδη τεμαχισμού, κύβοι και τσιπς. Επιπλέον η νέα καινοτόμος τάση που υπάρχει στη βιομηχανία των εδώδιμων επικαλύψεων είναι αυτή της προθήκης αντιμικροβιακών ουσιών στις εδώδιμες μεμβράνες όπου υπάρχουν βάσιμες ελπίδες για ακόμα καλύτερη διατήρηση των οργανοληπτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των ελάχιστα επεξεργασμένων φρούτων. Έτσι σε αυτή την εργασία δοκιμάστηκε επιπλέον η προσθήκη φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών, σε μερικές από τις μεμβράνες που χρησιμοποιήθηκαν. Για την εκτίμηση της διατηρησιμότητας των δύο φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων, έγιναν μετρήσεις της μεταβολής του βάρους, της υγρασίας, του αντικειμενικού χρώματος, του pH, της οξύτητας, της υφής, των φαινολικών συστατικών και της βιταμίνης C κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους στους 3°C.

### 6.2 Υλικά και μέθοδοι

#### 6.2.1 Πρώτες ύλες και αντιδραστήρια

Χρησιμοποιήθηκαν αχλάδια κρυσταλλίας και κυδώνια ελληνικής προέλευσης αμέσως μετά την αγορά τους από τοπικό κατάστημα. Τα φρούτα που επιλεγόταν έπρεπε να βρίσκονται σε καλή κατάσταση, δηλαδή να μην έχουν υποστεί τραυματισμούς, να μην έχουν διαρροές χυμού από διάφορα σημεία αλλά και να μην έχουν ατέλειες ή μαύρισμα στην εξωτερική τους επιφάνεια.

Τα επικαλυπτικά που χρησιμοποιήθηκαν μαζί με άλλες πρόσθετες ουσίες ήταν τα εξής:

- Χιτοζάνη (της εταιρείας SIGMA - ALDRICH)
- Πηκτίνη (the Copenhagen pectin factory)
- HPMC [υδροξυ-προπυλο-μεθυλοκυκλο-κυτταρίνη (DOW Methocel, F4MFG(464)) ]
- CMC (Καρβοξυλο-μεθυλο-κυτταρίνη)
- Αλγινικό νάτριο (της εταιρείας SIGMA - ALDRICH)



- Κιτρικό οξύ (PANCREAC, Citric Acid 1-hydrate)
- αιθέριο έλαιο μάραθου (VIORYL)
- αιθέριο έλαιο λεμονιού (VIORYL)
- Οξικό οξύ (PANCREAC, Acetic Acid glacial)

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων ήταν τα εξής:

- Folin-Ciocalteu
- $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- DCIP (διχλωροφαινολοϊνδοφαινόλη)
- Ξηρό ασκορβικό οξύ
- $\text{HPO}_3\text{-HOAc}$
- $\text{NaOH}$  0.1N
- Δείκτης φαινολοφθαλεΐνη

#### 6.2.2 Όργανα-Συσκευές

- χρωματόμετρο Minolta Chromatometer CR-200, Japan
- αναλυτικός ζυγός ακριβείας,  $\pm 0,0001\text{g}$
- φούρνος ξήρανσης  $105^\circ\text{C}$
- αναλυτής υφής Texture Analyser XT2 Stable Microsystems
- ηλεκτρονικό πεχάμετρο
- συσκευή τεμαχίσματος των αχλαδιών/κυδωνιών Genius Nicer Dicer Plus
- αναδευτήρας vortex
- φωτόμετρο varian DMS 80
- φυγόκεντρος MEGAFUGE 16R, HERAEUS, Centrifuge

### 6.3 Πειραματική διαδικασία

#### 6.3.1 Παρασκευή εδώδιμων μεμβρανών, φυσικών αντιμικροβιακών και διαλύματος κιτρικού οξέος

Για την παρασκευή του διαλύματος της χιτοζάνης, 1 g χιτοζάνης και 1 mL οξικού οξέος διαλύονται σε 100 mL απιονισμένου νερού (1% w/v) ενώ για τη δημιουργία των



διαλυμάτων HPMC, CMC, πηκτίνης και αλγινικού νατρίου, διαλύεται 1 g της αντίστοιχης ουσίας σε 100 mL απιονισμένου νερού. Έπειτα, τα διαλύματα αναδεύονται στους 50°C πάνω σε πλάκα ανάδευσης μέχρι να υπάρξει πλήρης διαλυτοποίησή τους.

Αν στη εδώδιμη επικάλυψη προστεθεί φυσική αντιμικροβιακή ουσία, αιθέριο έλαιο μάραθου ή αιθέριο έλαιο λεμονιού, θα είναι σε ποσοστό 1% w/v του διαλύματος της επικάλυψης.

Για τη παρασκευή του διαλύματος κιτρικού οξέος, διαλύονται 1 g κιτρικού οξέος σε 100mL απιονισμένου νερού σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Μετά από 1 min ανάδευσης το διάλυμα είναι έτοιμο.

### 6.3.2 Προετοιμασία δειγμάτων αχλαδιών και κυδωνιών

Τα αχλάδια και τα κυδώνια πλένονται καλά. Έπειτα αφαιρείται η φλούδα τους με κατάλληλο εργαλείο. Ακολουθως κόβονται με μαχαίρι στη μέση κατά μήκος του άξονά τους. Έπειτα στη συσκευή τεμαχισμού κοβόντουσαν σε κύβους ή τσιπς σε 18mm x 18mm ή 6mm x 36mm διαστάσεις αντίστοιχα. Να σημειωθεί πως τα κυδώνια δεν κόπηκαν σε σχήμα τσιπς, διότι λόγω της σκληρότητάς τους η συσκευή κοπής δεν μπορούσε να τα τεμαχίσει.



Εικόνα 29: συσκευή τεμαχίσματος αχλαδιών και κυδωνιών

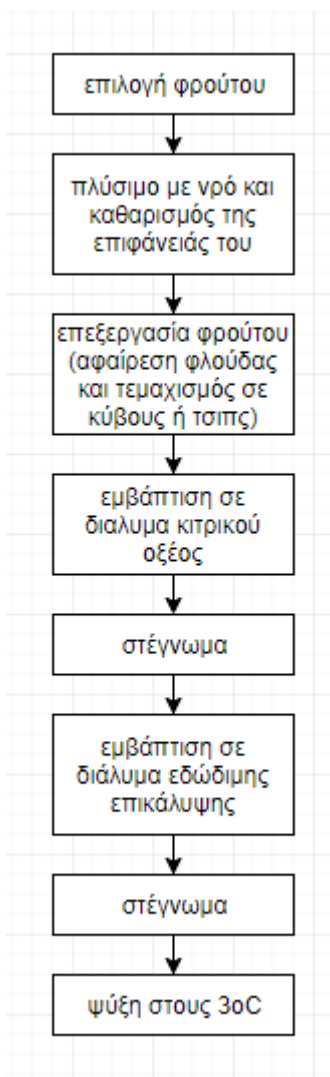
### 6.3.3 Επικάλυψη φρεσκοτεμαχισμένων δειγμάτων αχλαδιών και κυδωνιών με τις εδώδιμες επικαλύψεις.

Κατευθείαν μετά το τεμαχισμό τους τα φρούτα εμβαπτίζονται σε διάλυμα κιτρικού οξέος για λίγα seconds. Στη συνέχεια αφαιρούνται από το διάλυμα τα κομμάτια φρούτων και αφήνονται να στεγνώσουν για περίπου 1 min. Επιπρόσθετα εμβαπτίζονται σε διάλυμα εδώδιμης μεμβράνης, όπου εκεί αφήνονται για περίπου 3

min διότι, λόγω του μεγάλου ιξώδους της μεμβράνης χρειάζεται παραπάνω χρόνος για να απορροφηθεί αυτή από το φρούτο. Στη συνέχεια αφαιρούνται από το διάλυμα της μεμβράνης τα φρούτα και αφήνονται την απαραίτητη ώρα έξω ώστε να στεγνώσουν, περίπου 10-15 min. Έπειτα τα δείγματα είναι έτοιμα για τις μετρήσεις. Παράλληλα ετοιμάζονται δείγματα τα οποία εμβαπτίζονται σε κιτρικό οξύ χωρίς να τους προστεθεί επικάλυψη ώστε να λειτουργήσουν σαν τυφλά δείγματα για σύγκριση με τα επικαλυμμένα.

#### 6.3.4 Συχνότητα και διάρκεια μετρήσεων

Οι μετρήσεις βάρους, υγρασίας, pH, οξύτητας, υφής, σκληρότητας και αντικειμενικού χρώματος γίνονταν ανά 2 ημέρες, ενώ οι μετρήσεις φαινολικών συστατικών και βιταμίνης C ανά εβδομάδα. Για τα αχλάδια κάθε σειρά πειραμάτων είχε διάρκεια 2 εβδομάδων, ενώ για τα κυδώνια 1 μήνα. Σε αυτό το διάστημα παρακολουθούνται οι μεταβολές των ποιοτικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στα επικαλυμμένα και στα τυφλά δείγματα.



διάγραμμα 4: διάγραμμα ροής της πειραματικής διαδικασίας

## 6.4 Αναλύσεις - μετρήσεις

### 6.4.1 Μεταβολή του βάρους

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

### 6.4.2 pH

Ζυγίζονται 2g αχλαδιού/κυδωνιού σε ένα ποτήρι ζέσεως και πολτοποιούνται. Έπειτα προστίθενται 10 mL απιονισμένο νερό. Ακολουθεί η μέτρηση του pH του διαλύματος με ηλεκτρονικό πεχάμετρο.



εικόνα 30: μέτρηση pH αχλαδιού

### 6.4.3 Οξύτητα

Η μέτρηση της οξύτητας γίνεται στο ίδιο διάλυμα που πραγματοποιήθηκε και η μέτρηση του pH. Στο διάλυμα προστίθεται δείκτης φαινολοφθαλεΐνη, επιπλέον 90 mL νερό ώστε να φτάσουν τα 100mL και ακολουθεί τιτλοδότηση με διάλυμα NaOH 0,1N. Η τιτλοδότηση σταματά στο σημείο που το χρώμα του διαλύματος μεταβάλλεται από υπόλευκο θολό σε ροζ και παραμένει σταθερό για περίπου 1 min. Η οξύτητα υπολογίζεται σύμφωνα με την επόμενη εξίσωση:

$$\text{οξύτητα} = \frac{(\text{mL NaOH } 0.1\text{N}) * 0.1 * 282}{10 * (\text{βάρους δείγματος})}$$



Εικόνα 31: αλλαγή χρώματος του διαλύματος κατά τη μέτρηση τη οξύτητας

#### 6.4.4 Χρώμα

Το (αντικειμενικό) χρώμα των δειγμάτων μετρείται με χρήση χρωματόμετρου Minolta CR/200, το οποίο παρέχει τις τιμές των χρωματικών παραμέτρων L, a και b της κλίμακας CIELAB. Το L εκφράζει τη φωτεινότητα (λαμπρότητα) του χρώματος, ενώ οι τιμές των a και b αποτελούν τις ορθογώνιες συντεταγμένες πάνω στο επίπεδο διατομής του χρώματος, κάθετο στον άξονα μαύρου-άσπρου. Οι θετικές τιμές της παραμέτρου a αντιστοιχούν στο κόκκινο χρώμα, ενώ οι αρνητικές στο πράσινο. Αντίστοιχα, οι θετικές τιμές του b παραπέμπουν στο κίτρινο, ενώ οι αρνητικές στο μπλε. Κάθε μέτρηση γίνεται συνολικά δύο φορές και η τελική τιμή για κάθε δείγμα προκύπτει ως ο μέσος όρος των δύο μετρήσεων. Η ολική μεταβολή του χρώματος προκύπτει από την εξίσωση:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

#### 6.4.5 Υφή-σκληρότητα

Για την εκτίμηση της σκληρότητας των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής υφής Texture Analyzer XT2 Stable Microsystems στον οποίο προσαρμόστηκε λεπίδα κοπής και κύλινδρος πίεσης. Τα δείγματα τοποθετούνται στο κέντρο της υποδοχής τον οργάνου και τέμνονται εγκάρσια. Η λεπίδα κοπής ρυθμίστηκε να εισχωρεί 4mm στο φρεσκοτεμαχισμένο φρούτο και ο κύλινδρος πίεσης 2mm.

Για το κυδώνι δεν έγιναν μετρήσεις υφής με το κύλινδρο πίεσης λόγω της σκληρότητας των κυδωνιών.

#### 6.4.6 Υγρασία

Δείγματα αχλαδιών και κυδωνιών τοποθετούνται σε φούρνο ξήρανσης στους 105°C μέχρι σταθερού βάρους (24 h πρακτικά). Η υγρασία δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Υγρασία (\%)} = \frac{m_0 - m}{m_0} \cdot 100\%$$

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

m: η τελική μάζα σε g

#### 6.4.7 Φαινολικά συστατικά

Για τον προσδιορισμό των φαινολικών συστατικών των αχλαδιών πραγματοποιήθηκε φυγοκέντρηση πολτοποιημένων δειγμάτων στις 10,000 rpm στους 4°C. Κατόπιν παραλαμβανόταν από τη φυγόκεντρο ο χυμός των αχλαδιών. Έπειτα για κάθε δείγμα με πιπέτα συλλέγονταν 100μL χυμού αχλαδιού στο οποίο στη συνέχεια προσθέταμε 7,9mL απιονισμένου νερού καθώς και 0,5mL διαλύματος Folin. Ακολουθούσε ανάδευση και στη συνέχεια προστίθενται 1,5mL  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  και ξανά ανάδευση. Στη συνέχεια το αναδευμένο διάλυμα τοποθετείται σε υδατόλουτρο για 30

min στους 40°C. Έπειτα από την πάροδο των 30 min τα διαλύματα φωτομετρούνταν στα 765nm με σκοπό τον προσδιορισμό των φαινολικών συστατικών σε mg γαλλικού οξέος.



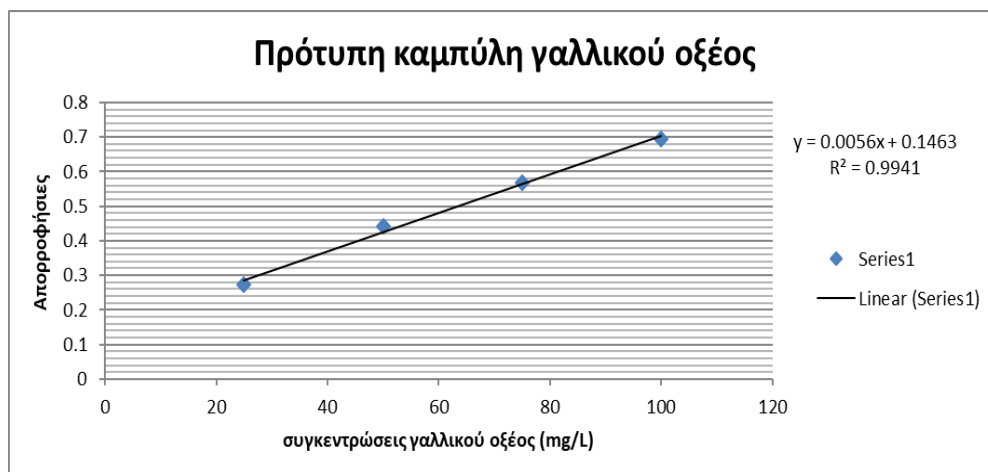
Εικόνα 32: χυμός αχλαδιού μετά από τη φυγοκέντρηση



Εικόνα 33: δείγμα πριν το υδατόλουτρο (αριστερά) και δείγματα μετά τα 30min στο υδατόλουτρο (δεξιά)

Για το προσδιορισμό των φαινολικών συστατικών των κυδωνιών παραλλάχθηκε λίγο η διαδικασία, διότι με τη φυγοκέντρηση δεν ήταν δυνατό να συλλεχθεί ο χυμός τους. Επομένως ζυγίζονταν μία ποσότητα τεμαχισμένων κυδωνιών τα οποία αναμιγνυόταν με απιονισμένο νερό ίδιου βάρους. Έπειτα αναδευόταν για αρκετή ώρα ώσπου να εκχυλιστούν τα συστατικά των κυδωνιών και στο νερό. Στη συνέχεια για το προσδιορισμό του φαινολικού φορτίου ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με αυτή των αχλαδιών δηλαδή ανάμιξη 100μL χυμού κυδωνιού με 7,9mL νερού και 0,5mL Folin, ανάδευση και έπειτα με 1,5mL  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Έπειτα υδατόλουτρο για 30 min στους 40°C και στη συνέχεια φωτομέτρηση στα 765 nm.

Η συγκέντρωση των φαινολικών συστατικών στα δείγματα υπολογίζεται με βάση την παρακάτω πρότυπη καμπύλη γαλλικού οξέος, και από τις απορροφήσεις που λάβαμε.



Διάγραμμα 5: καμπύλη αναφοράς για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης φαινολικών συστατικών

#### 6.4.8 Μέθοδος προσδιορισμού βιταμίνης C

Η μέθοδος για τον προσδιορισμό της βιταμίνης C είναι μία προτυποποιημένη ογκομετρική μέθοδος που χρησιμοποιεί τη 2,6 διχλωροφαινολοϊνδοφαινόλη (DCIP) ως δείκτη για τον άμεσο προσδιορισμό του ασκορβικού οξέος σε τρόφιμα (AOAC 1984, 43.064). Η αρχή της μεθόδου είναι η αναγωγή του DCIP σε όξινο διάλυμα, μεταφωσφορικού οξέος-οξικού οξέος ( $\text{HPO}_3\text{-HOAC}$ ), από το ασκορβικό οξύ. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει ανάμιξη ποσότητας 2 mL από το άγνωστο διάλυμα φρούτου, καθώς και από ένα πρότυπο διάλυμα ασκορβικού οξέος και (50 mg ξηρού ασκορβικού οξέος/50 mL δ/τος  $\text{HPO}_3\text{-HOAC}$ ) με 5 mL του διαλύματος  $\text{HPO}_3\text{-HOAc}$  [ανάμιξη των 15 g υαλώδους  $\text{HPO}_3$ , 40 mL  $\text{HOAC}$  και 200 mL  $\text{H}_2\text{O}$ , αραιώση έως 500 mL  $\text{H}_2\text{O}$ ], και άμεση τιτλοδότηση με διάλυμα DCIP (100 mg DCIP και 84 mg  $\text{NaHCO}_3/200$  mL  $\text{H}_2\text{O}$ ), που δρα και ως δείκτης. Στο τελικό σημείο της τιτλοδότησης, η περίσσεια χρωστικής που δεν έχει αναχθεί δίνει χρώμα ροζ στο διάλυμα οξέων.

#### 6.5 Σχεδιασμός πειραμάτων

Πραγματοποιήθηκαν 6 σειρές πειραμάτων. Σε κάθε μία από αυτές εξετάζονταν μία ή δύο μεμβράνες με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακής ουσίας σε σύγκριση πάντα με ένα τυφλό δείγμα, δηλαδή δείγμα χωρίς επικάλυψη, το οποίο είχε εμβλαπτιστεί μόνο σε διάλυμα κιτρικού οξέος (αναστολέας μαυρίσματος). Τα φρούτα αγοράζονταν από τοπικό κατάστημα ακριβώς την ημέρα που θα άρχιζε η σειρά πειραμάτων τους.

Οι σειρές πειραμάτων ήταν οι εξής:

- σειρά 1<sup>η</sup> : αχλάδια σε κύβους και σε τσιπς - επικάλυψη με αλγινικό νάτριο και ΗΡΜC
- σειρά 2<sup>η</sup>: αχλάδια σε κύβους και τσιπς με επικάλυψη χιτοζάνης και CMC
- σειρά 3<sup>η</sup>: αχλάδια σε κύβους με επικάλυψη πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αιθέριο έλαιο μάραθου και αιθέριο έλαιο λεμονιού
- σειρά 4<sup>η</sup>: αχλάδια σε κύβους με επικάλυψη χιτοζάνης με την ενσωμάτωση αιθέριο έλαιο μάραθου και αιθέριο έλαιο λεμονιού
- σειρά 5<sup>η</sup>: κυδώνια σε κύβους με επικάλυψη πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αιθέριο έλαιο μάραθου και αιθέριο έλαιο λεμονιού
- σειρά 6<sup>η</sup>: κυδώνια σε κύβους με επικάλυψη χιτοζάνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αιθέριο έλαιο μάραθου και αιθέριο έλαιο λεμονιού

Στην 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων εξετάστηκε πως επιδρά ο παράγοντας “σχήμα” στη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των αχλαδιών κατά την αποθήκευση. Για να γίνει αυτό τα αχλάδια τεμαχίστηκαν σε τσιπς και κύβους και επικαλύφθηκαν με εδώδιμες μεμβράνες ώστε να γίνει η σύγκριση αυτή.

Ο επόμενος παράγοντας που εξετάστηκε ήταν αυτός της επικάλυψης, δηλαδή ποια από τις επικαλύψεις μπορεί να διατηρήσει καλύτερα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τεμαχισμένων αχλαδιών. Αυτό έγινε συγκρίνοντας τα αποτελέσματα διατηρησιμότητας των πέντε εδώδιμων επικαλύψεων για τεμαχισμένους κύβους αχλαδιών στην 1<sup>η</sup>, 2<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων.

Στην 3<sup>η</sup> και 4<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων εξετάστηκε ο παραγόντας της φυσικής αντιμικροβιακής ουσίας στις δύο εδώδιμες επικαλύψεις που διατήρησαν καλύτερα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αχλαδιών κατά την αποθήκευση. Αυτές ήταν οι επικαλύψεις της χιτοζάνης και της πηκτίνης.

Τέλος στην 5<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> σειρά δοκιμάζονται οι επικαλύψεις της χιτοζάνης και της πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση των φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών σε φρεσκοτεμαχισμένα κυδώνια ώστε να ελεγχθεί αν θα παρουσιαστούν παρόμοια αποτελέσματα διατήρησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των κυδωνιών με αυτά των αχλαδιών.

	αχλάδι		κυδώνι		
μεμβράνη	κυβάκια	τσιπς	κυβάκια	τσιπς	αντιμικροβιακό
HPMC	+	+	-	-	-
αλγινικό νάτριο	+	+	-	-	-
χιτοζάνη	+	+	+	-	+
CMC	+	+	-	-	-
πηκτίνη	+	-	+	-	+
τυφλό (χωρίς μεμβράνη)	+	+	+	-	-

Στα παρακάτω διαγράμματα τα δείγματα που έχουν κοπεί σε σχήμα κύβου θα έχουν τη κατάληξη "-κ" και αυτά που έχουν κοπεί σε σχήμα τσιπς θα έχουν τη κατάληξη "-τ".

#### 6.6 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με χρήση ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA), με τη βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος STATISTICA (StatSoft. Inc) με Duncan's test και PCA.



## 7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων, όσον αφορά την υποβάθμιση της ποιότητας των φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών και κυδωνιών με την πάροδο του χρόνου, κατά την αποθήκευσή τους υπό ψύξη. Αρχικά το αχλάδι στις πρώτες 2 σειρές τεμαχίστηκε σε δύο διαφορετικά σχήματα: 1) κυβάκια και 2) τσιπς και εξετάστηκε η επίδραση του παράγοντα σχήματος και της επικάλυψης στη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των φρούτων. Στη συνέχεια στη 3<sup>η</sup> και 4<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων εξετάστηκε η επίδραση της μεμβράνης στη συντήρηση με ενσωμάτωση ή χωρίς φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών για περαιτέρω και σύγκριση των αποτελεσμάτων.

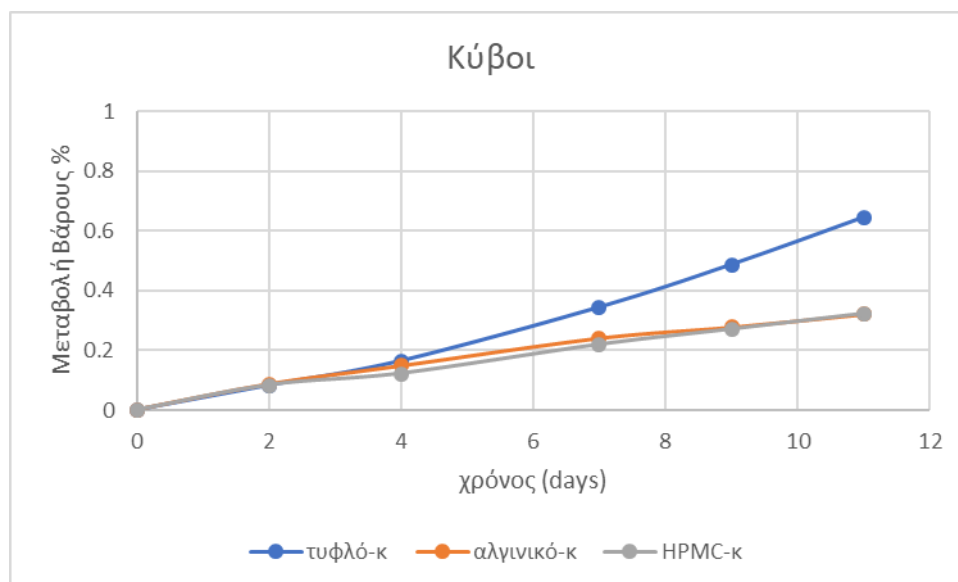
Τέλος στο κυδώνι εξετάστηκαν οι μεμβράνες που έδωσαν τα καλύτερα αποτελέσματα συντήρησης στα αχλάδια με ενσωμάτωση ή χωρίς φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών.

Στα παρακάτω διαγράμματα εξετάζεται η μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών των φρούτων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους.

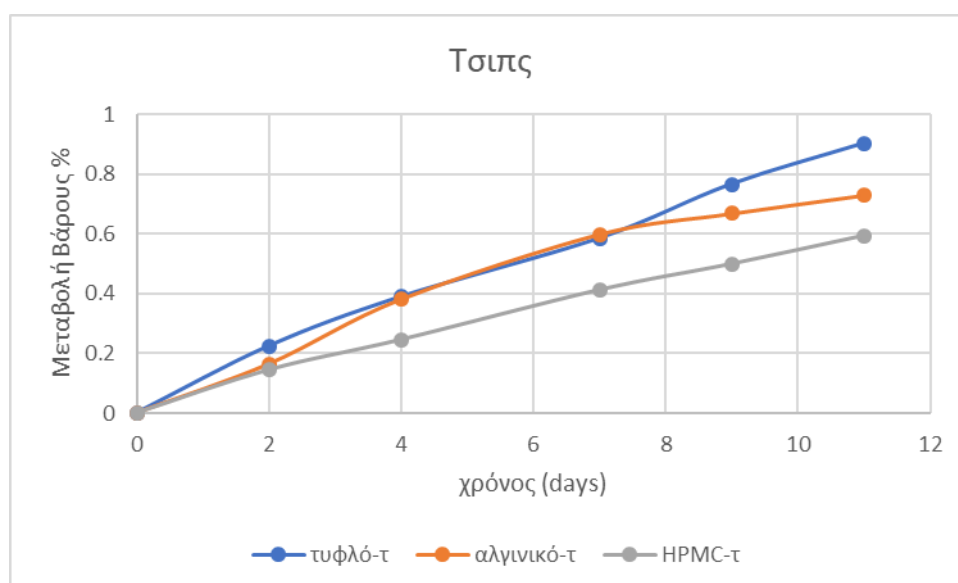
## 7.1 Φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια

### 7.1.1 Μεταβολή βάρους

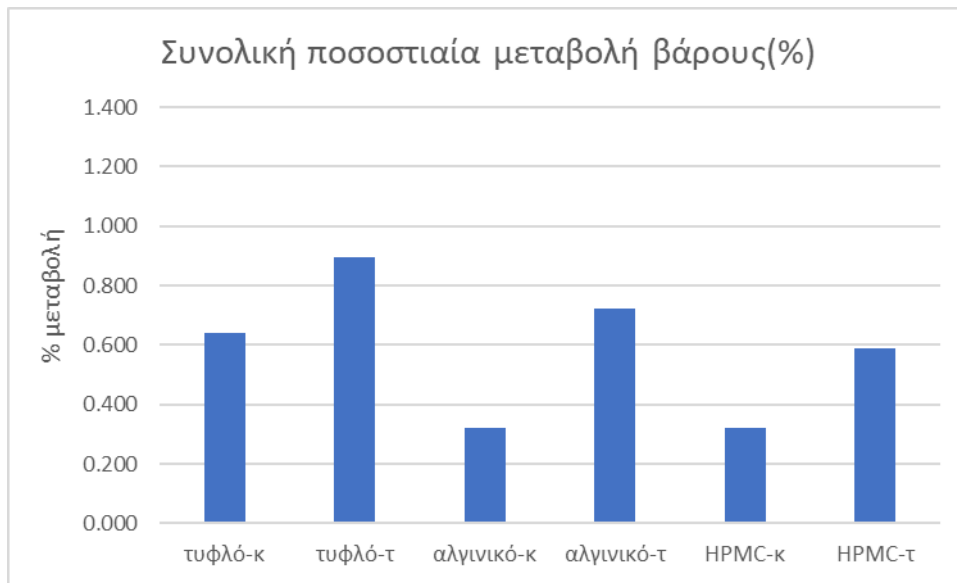
#### 7.1.1.1 1<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 6: Ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

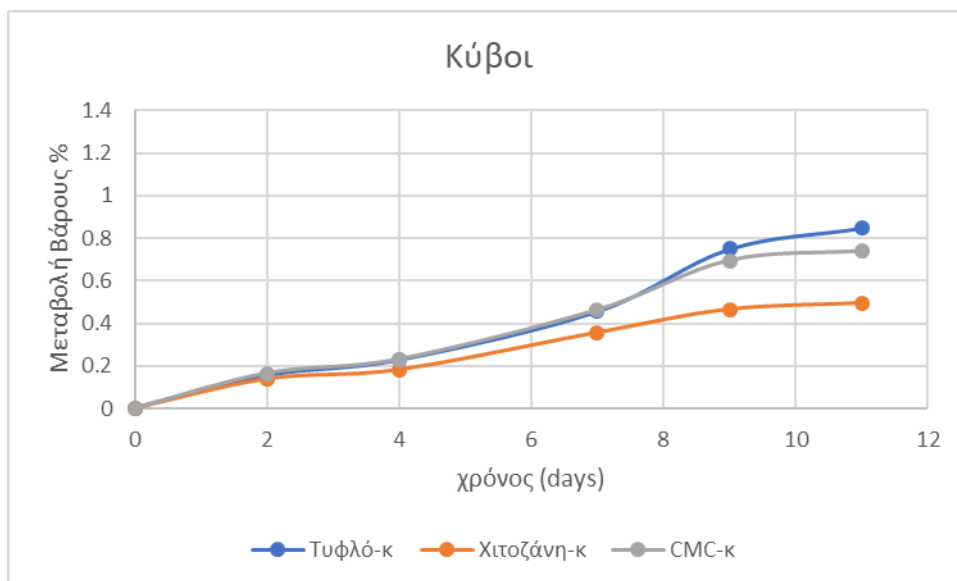


Διάγραμμα 7: Ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

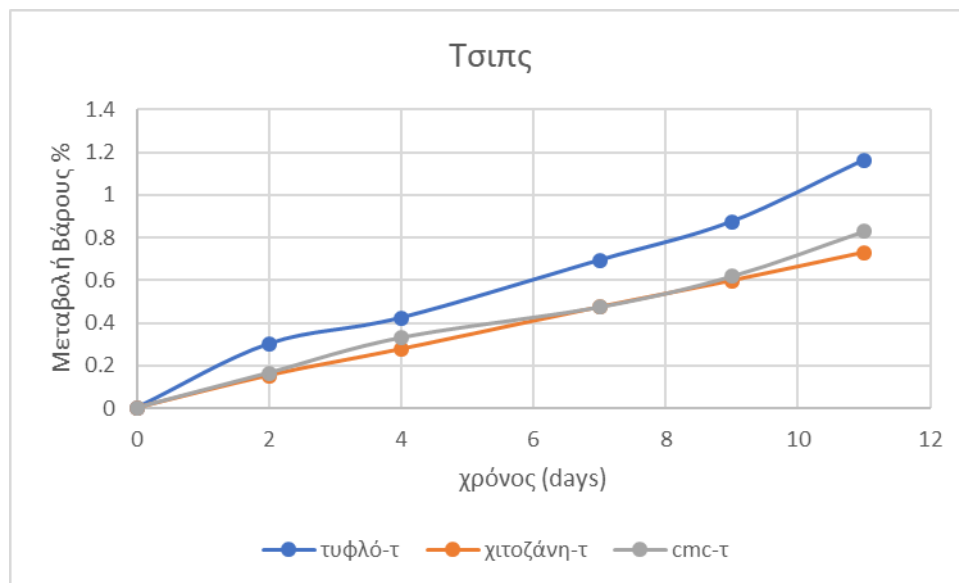


Διάγραμμα 8: Συνολική ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου και τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

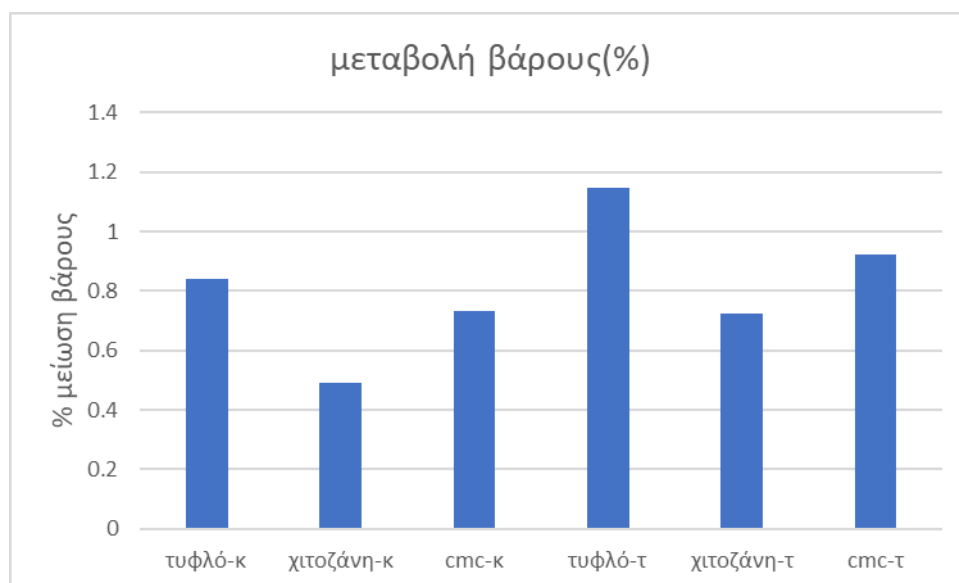
#### 7.1.1.2 2η σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 9: Ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

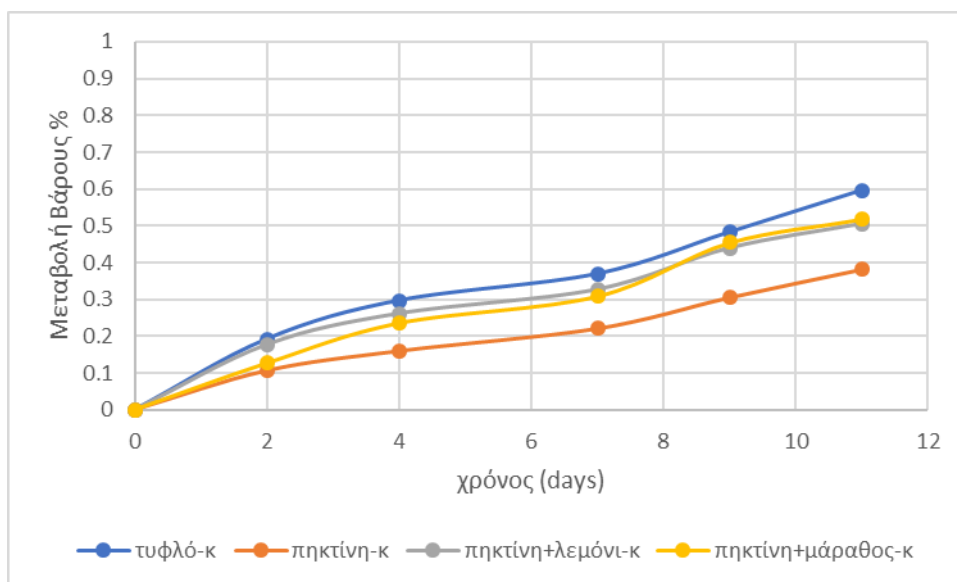


Διάγραμμα 10: Ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

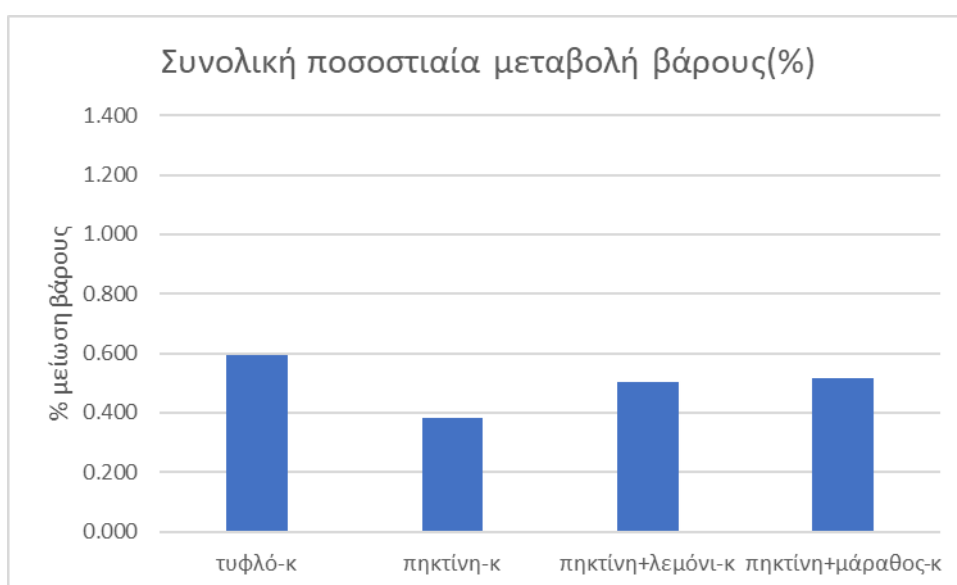


Διάγραμμα 11: Συνολική ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου και τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

### 7.1.1.3 3<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων

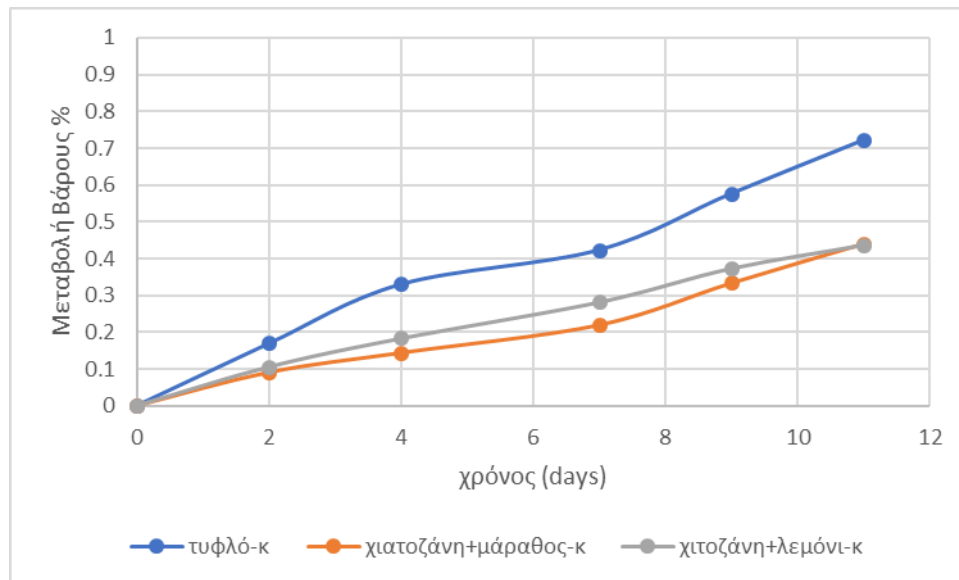


Διάγραμμα 12: Ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

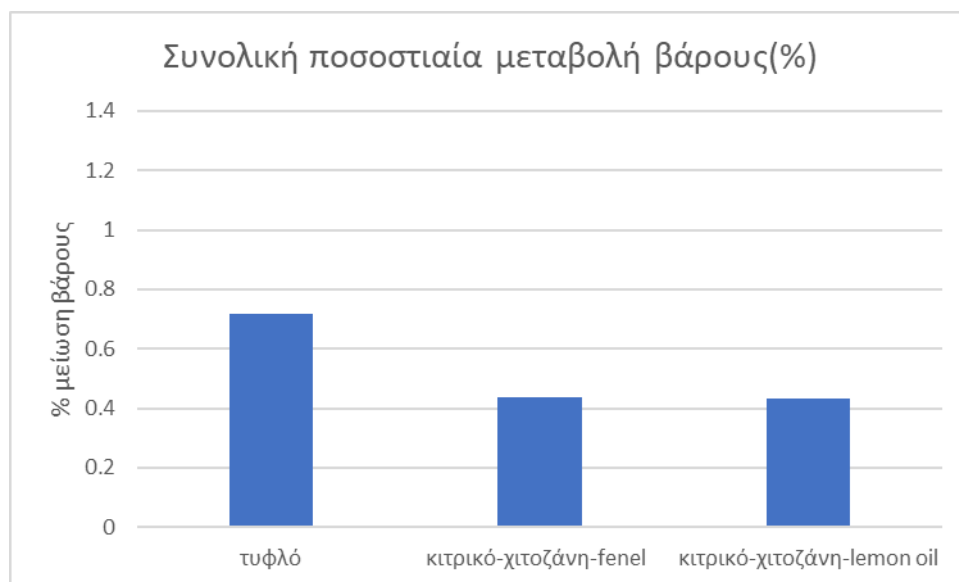


Διάγραμμα 13: Συνολική ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.1.4 4<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 14: Ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.



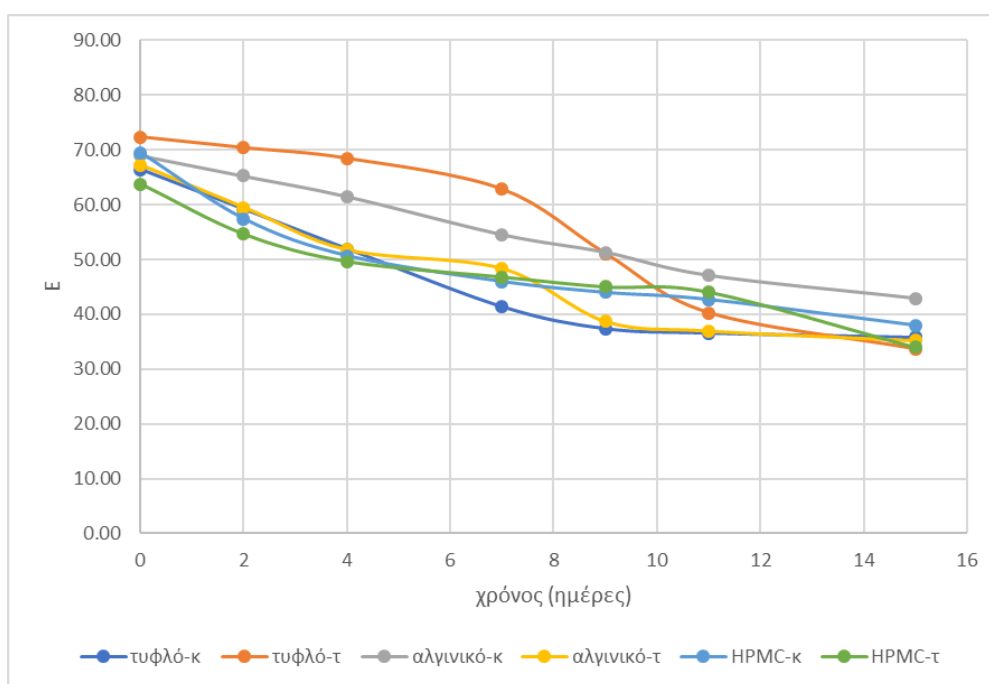
Διάγραμμα 15: Συνολική ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε αρχικά πως ο παράγοντας σχήμα επηρεάζει πολύ την μεταβολή του βάρους, καθώς τα επικαλυμμένα ή μη τσιπς αχλαδιών είχαν μεγαλύτερη απώλεια βάρους από τους αντίστοιχους επικαλυμμένους ή μη κύβους αχλαδιών. Έπειτα εξετάζοντας το παράγοντα επικάλυψη παρατηρούμε πως τα επικαλυμμένα δείγματα κύβων και τσιπς αχλαδιών παρουσιάζουν μικρότερη απώλεια βάρους σε σχέση με τα αντίστοιχα τυφλά δείγματα. Οι μεμβράνες στις οποίες τα φρεκοτεμαχισμένα αχλάδια διατήρησαν καλύτερα το βάρος τους είναι το αλγινικό, η HPMC και η πηκτίνη. Τέλος η ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών στις μεμβράνες δεν βοήθησε στη περαιτέρω μείωση της μεταβολής του βάρους.

Επιπλέον η στατιστική επεξεργασία επιβεβαίωσε ότι το είδος της μεμβράνης αλλά και ο παράγοντας σχήμα επιδρούν σημαντικά στατιστικά ( $P < 0.005$ ) στην απώλεια βάρους. Όσο αφορά την επικάλυψη σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν μεταξύ του τυφλού δείγματος με τα αντίστοιχα επικαλυμμένα, αλλά και με τη μεμβράνη CMC καθώς ήταν η μεμβράνη στην οποία παρουσιάστηκε η μεγαλύτερη απώλεια βάρους σε σχέση με τις υπόλοιπες. Ο χρόνος αποθήκευσης και η ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών δεν επηρέασαν σημαντικά στατιστικά.

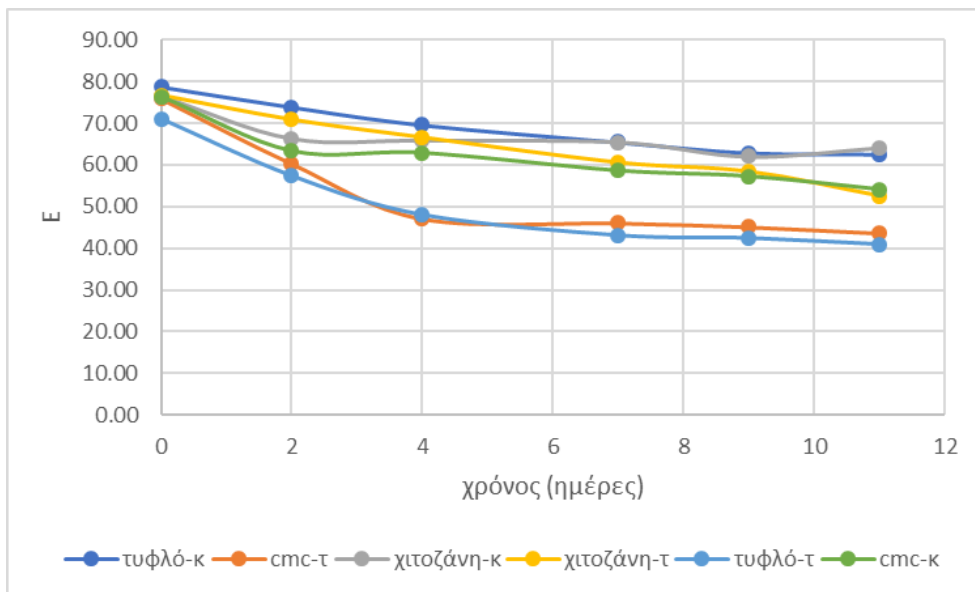
## 7.1.2 Μεταβολή του χρώματος

### 7.1.2.1 1<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



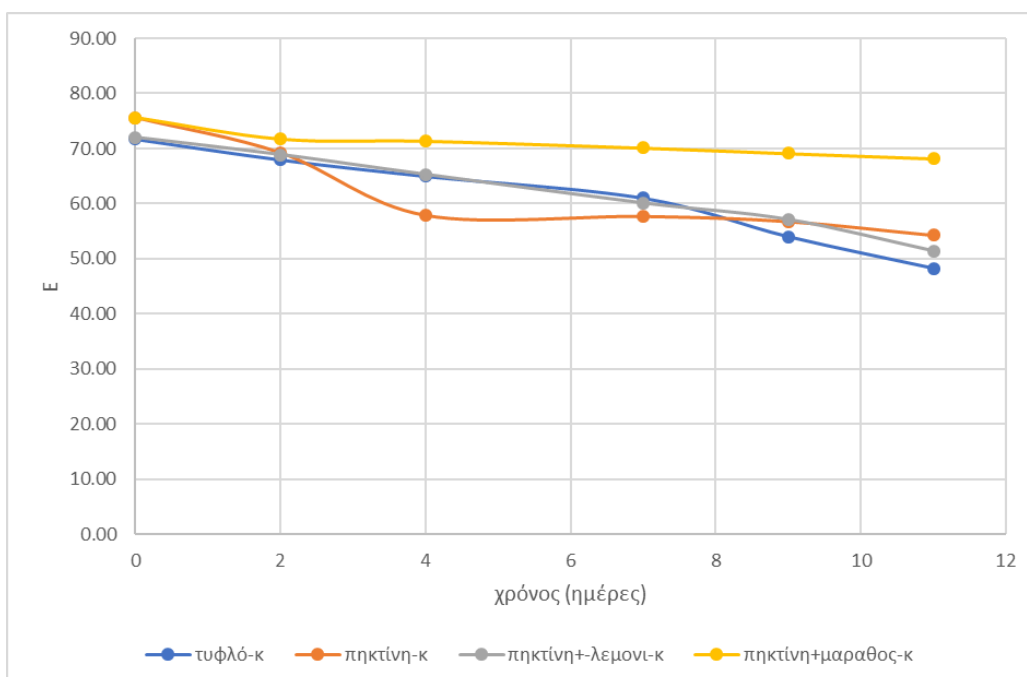
Διάγραμμα 16 : Μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου και τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

7.1.2.2 2<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 17 : Μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου και τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

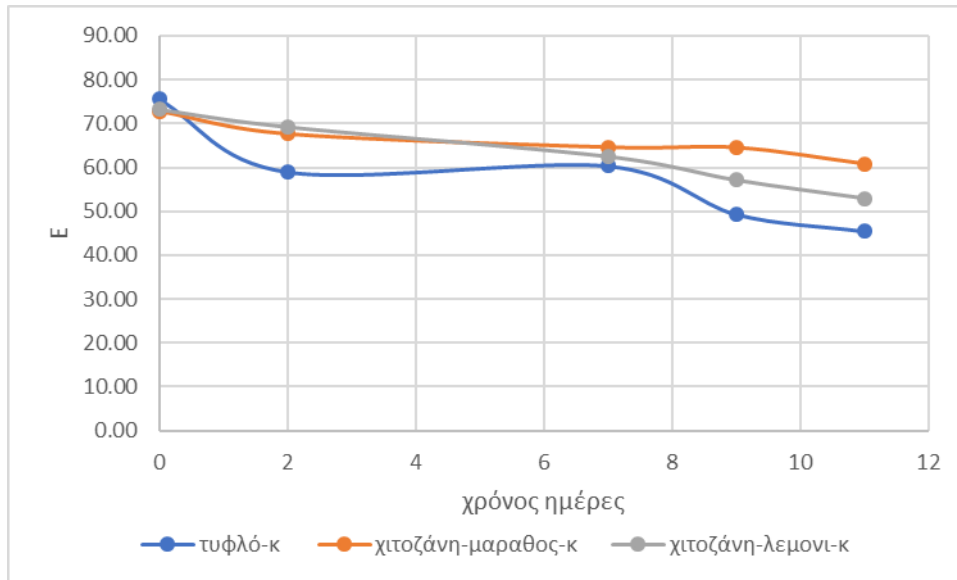
7.1.2.3 3<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων





Διάγραμμα 18 : Μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.2.4 4<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



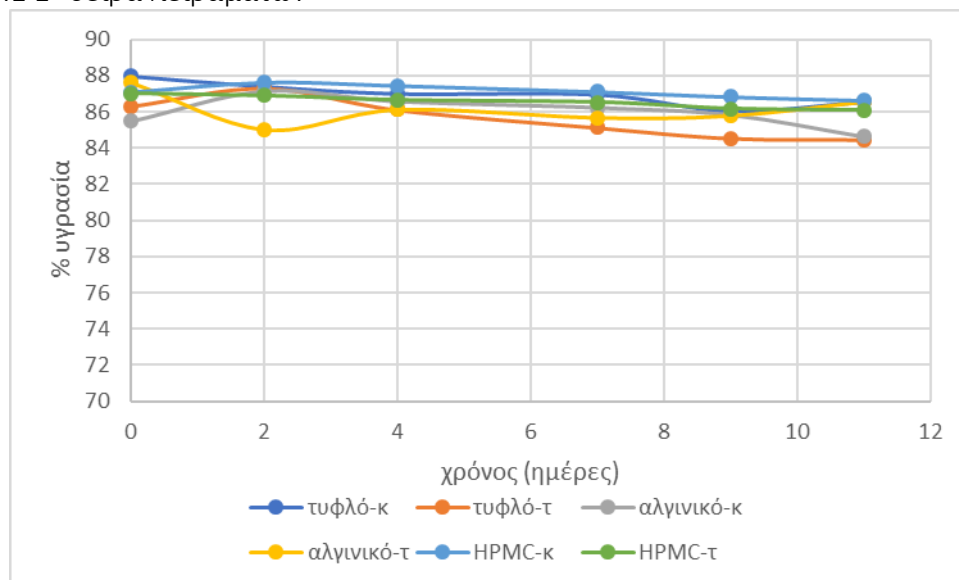
Διάγραμμα 19 : Μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως ο παράγοντας σχήμα επηρεάζει τη μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος καθώς τα τσιπς αχλαδιών επικαλυμμένα και μη τείνουν να χάνουν ταχύτερα το χρώμα τους από τους αντίστοιχους κύβους. Επιπλέον τα επικαλυμμένα δείγματα εμφανίζουν οριακά μικρότερες απώλειες του χρώματος από τα αντίστοιχα τυφλά. Τα καλύτερα αποτελέσματα διατήρησης του χρώματος τους το έδωσαν οι μεμβράνες πηκτίνης και χιτοζάνης σε συνδυασμό με τα φυσικά αντιμικροβιακά αιθέριο έλαιο μάραθου και λεμονιού αντίστοιχα

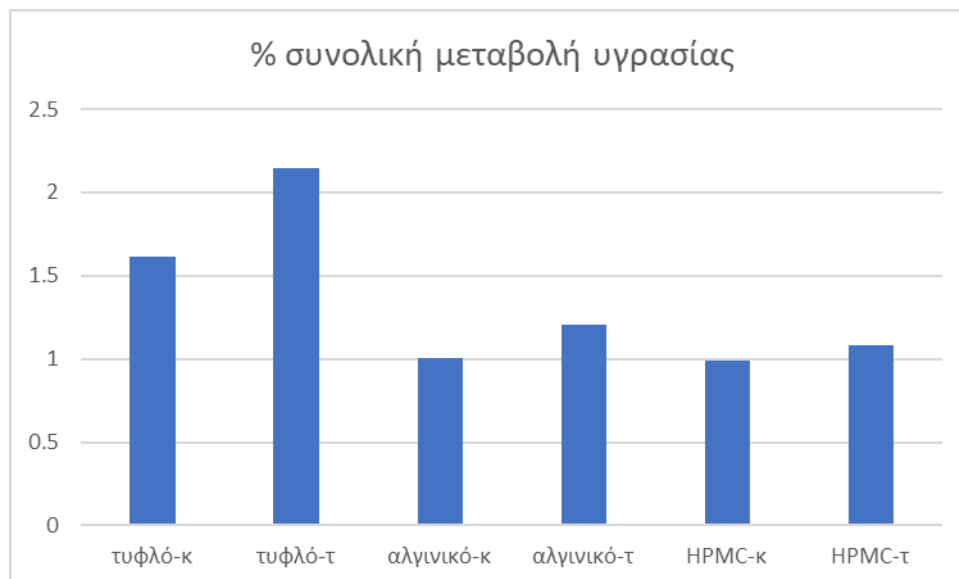
Από τη στατιστική επεξεργασία επιβεβαιώθηκε πως ο παράγοντας σχήμα επιδρά στην μεταβολή του χρώματος καθώς έχει και σημαντική στατιστική επίδραση ( $P < 0.005$ ). Επίσης προέκυψε πως και οι υπόλοιποι παράγοντες, αυτοί του χρόνου, της επικάλυψης και της προσθήκης αντιμικροβιακού επιδρούν σημαντικά στατιστικά ( $P < 0.005$ ) στη μεταβολή του χρώματος. Όσο αφορά την επικάλυψη τα δείγματα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο και HPMC μεμβράνη παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη μεταβολή ενώ τη μικρότερη παρουσιάζουν αυτά με επικάλυψη πηκτίνης. Για τον χρόνο αποθήκευσης σημαντικές διαφορές εντοπίζονται κατά τη διάρκεια όλης της αποθήκευσης.

### 7.1.3 Μεταβολή της υγρασίας

#### 7.1.3.1 1<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων

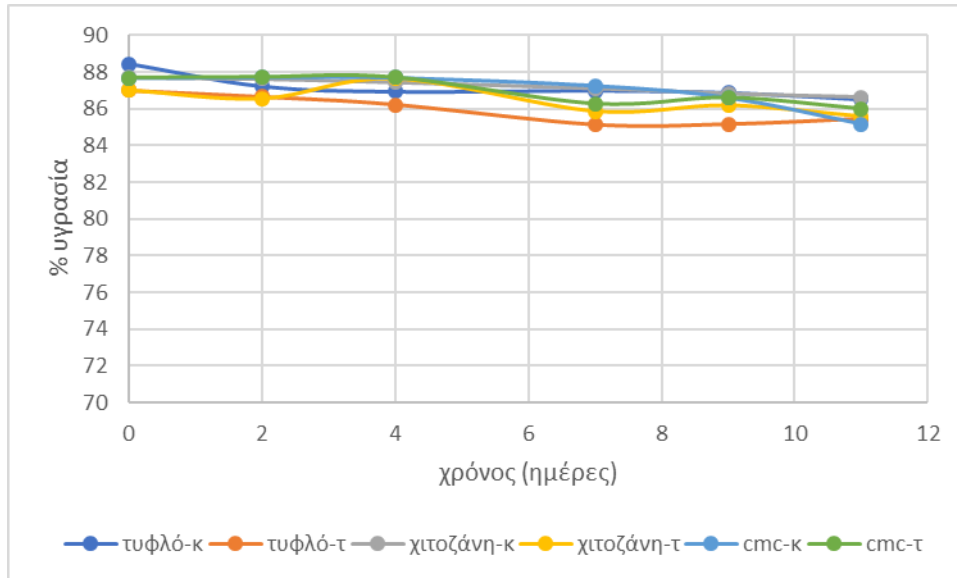


Διάγραμμα 20: Μεταβολή της υγρασίας % των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου και τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

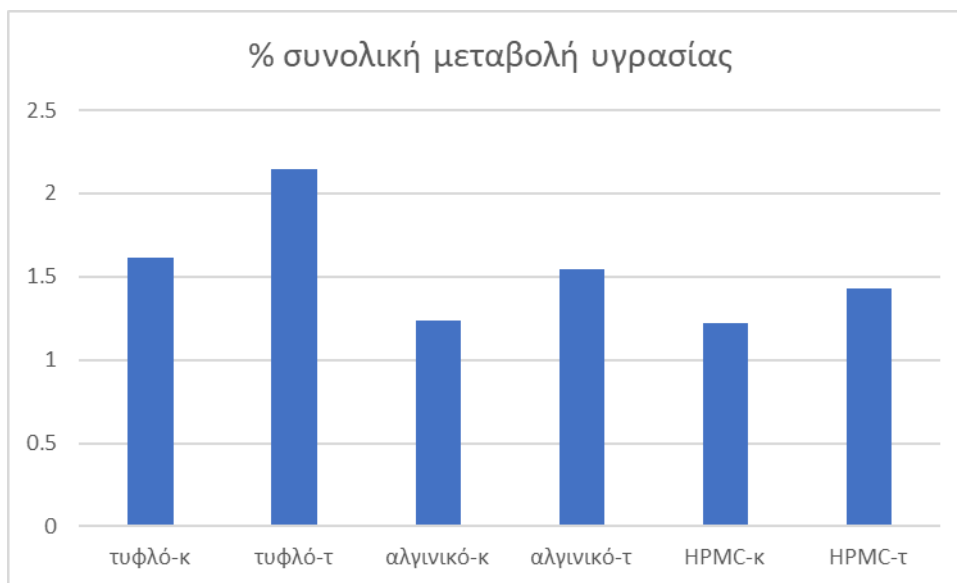


Διάγραμμα 21: Συνολική ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου και τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.3.2 2<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων

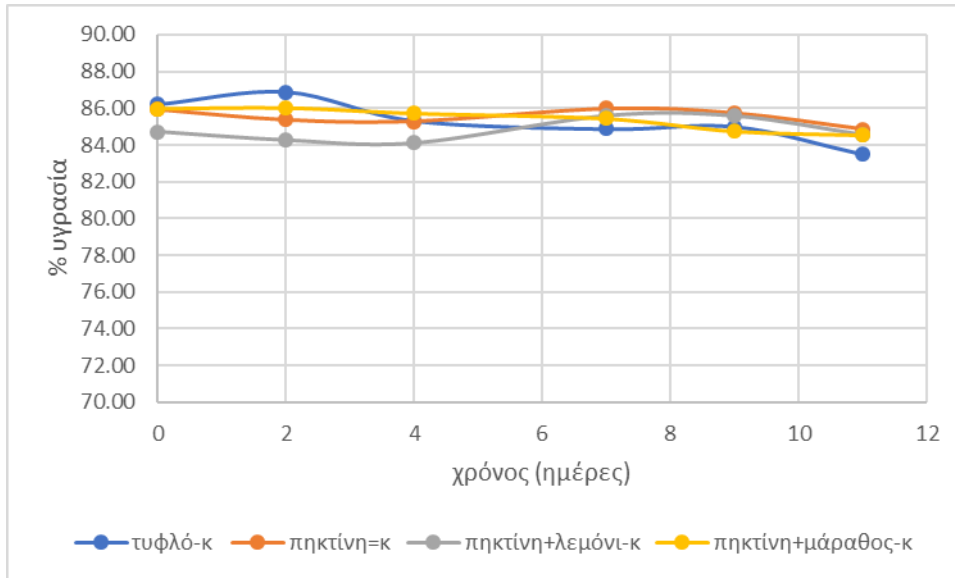


Διάγραμμα 22: Μεταβολή της υγρασίας % των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου και τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

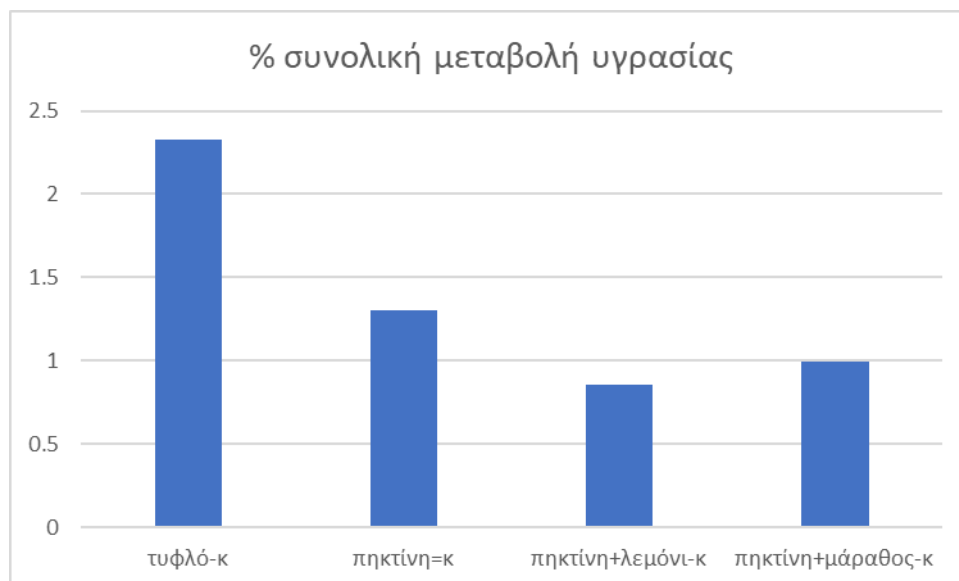


Διάγραμμα 23: Συνολική ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου και τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

### 7.1.3.3 3<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων

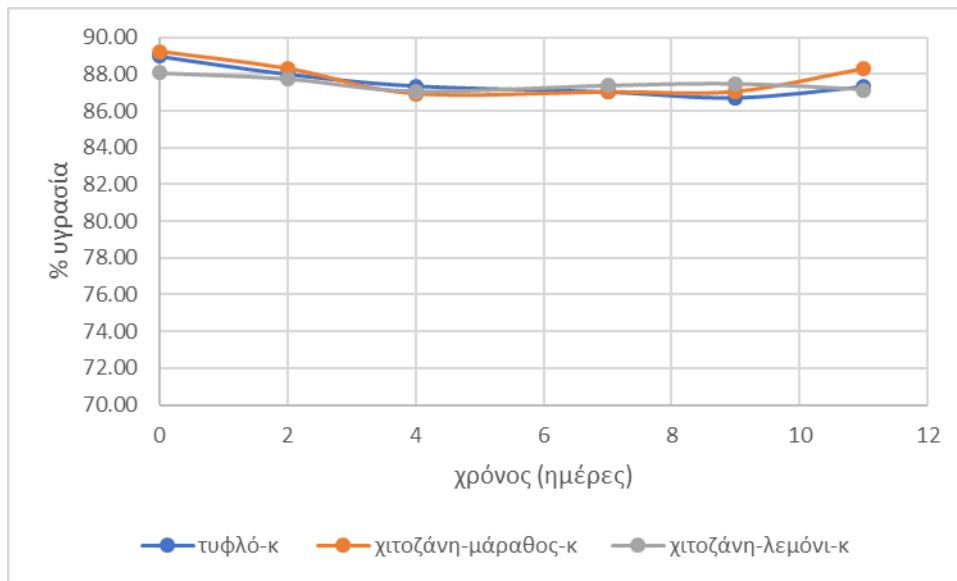


Διάγραμμα 24: Μεταβολή της υγρασίας % των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

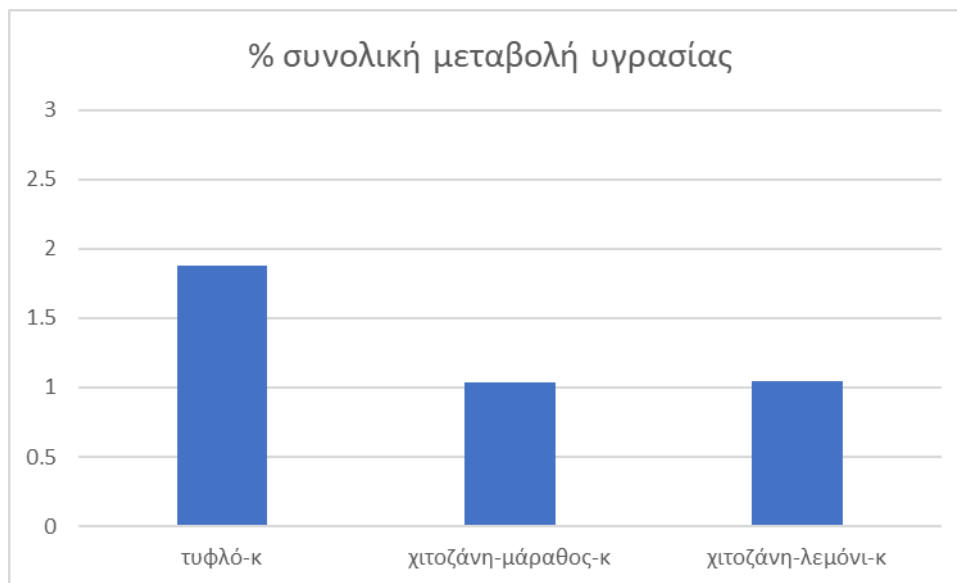


Διάγραμμα 25: Συνολική ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.3.4 4<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 26: Μεταβολή της υγρασίας % των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.



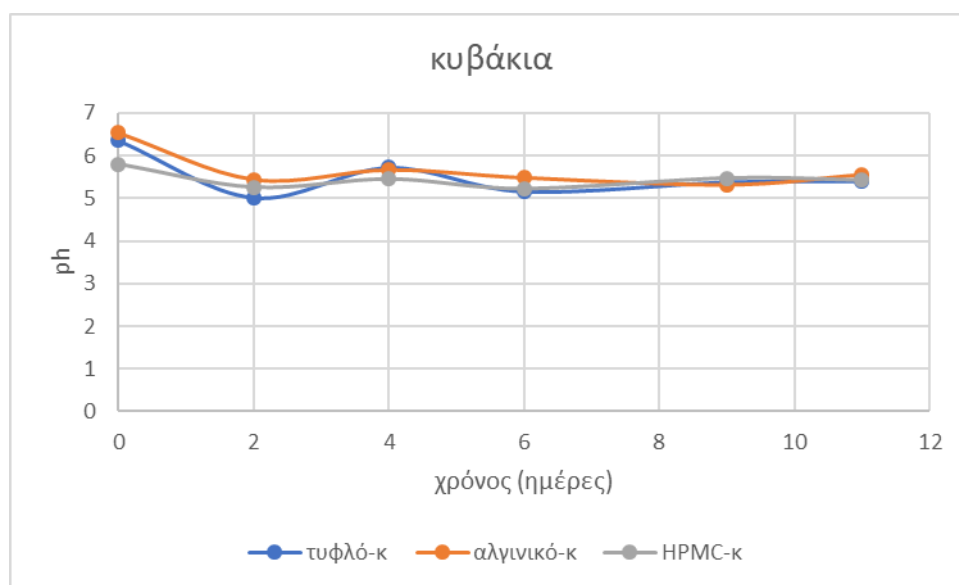
Διάγραμμα 27: Συνολική ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως η υγρασία(%) παρουσιάζει ελάχιστες μεταβολές οι οποίες πολλές φορές μπορεί οφείλονται και στο σφάλμα του ζυγού. Μια παρατήρηση που μπορεί να γίνει είναι πως τα μη επικαλυμμένα δείγματα αχλαδιών εμφανίζουν μεγαλύτερες της υγρασίας σε σχέση με τα επικαλυμμένα. Επιπλέον τις μικρότερες μεταβολές της υγρασίας τις παρουσιάζουν τα δείγματα αχλαδιών με επικαλύψεις που έχουν ενσωματωμένα τα φυσικά αντιμικροβιακά.

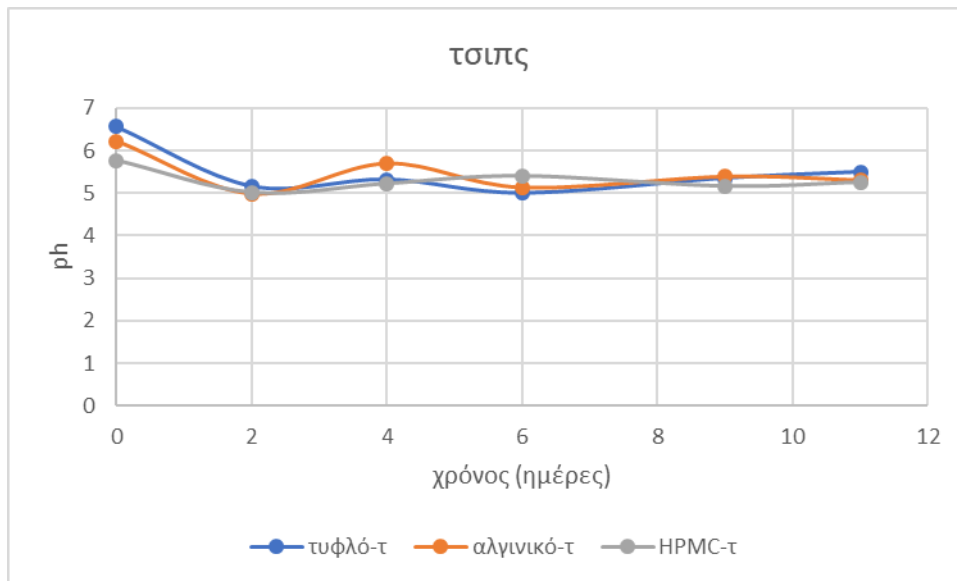
Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως ο χρόνος και το είδος της μεμβράνης επηρεάζουν τη μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας. Δηλαδή επιβεβαιώνεται πως τα δείγματα χωρίς επικάλυψη εμφανίζουν μια αυξημένη απώλεια υγρασίας σε σχέση με τα επικαλυμμένα. Ωστόσο επειδή οι μεταβολές της υγρασίας είναι μικρές και πάντα στα όρια του σφάλματος του ζυγού, η στατιστική ανάλυση δεν μπορεί να εξαγει έγκυρα συμπεράσματα για τη μεταβολή της υγρασίας και τους παράγοντες που την επηρεάζουν περισσότερο ή λιγότερο.

#### 7.1.4 Μεταβολή pH

##### 7.1.4.1 1<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων

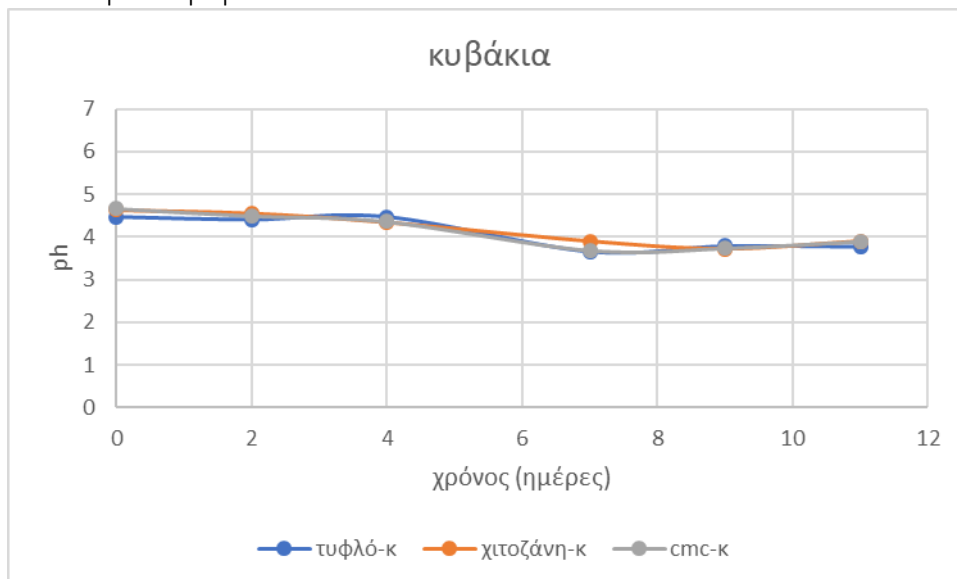


Διάγραμμα 28: Μεταβολή pH των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

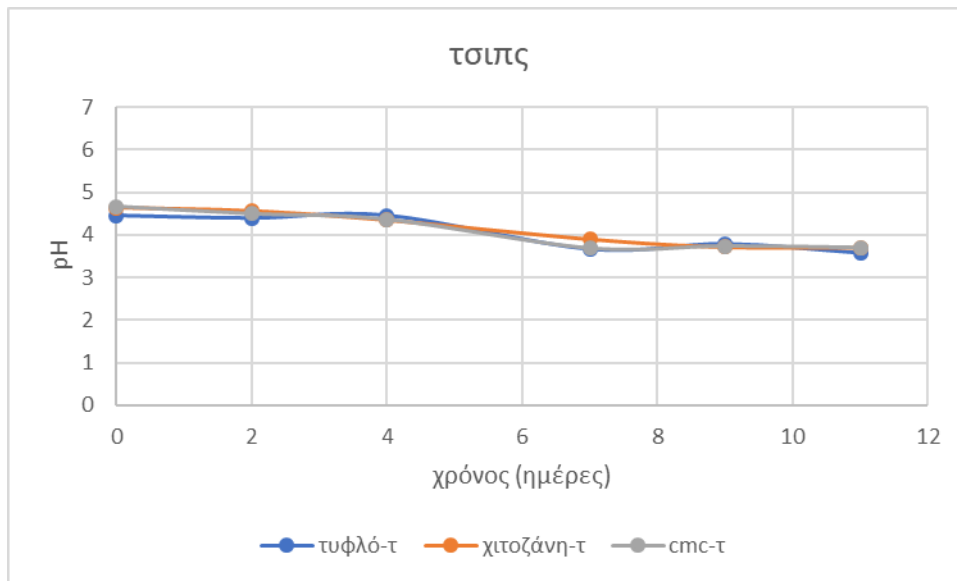


Διάγραμμα 29: Μεταβολή pH των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.4.2 2<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων

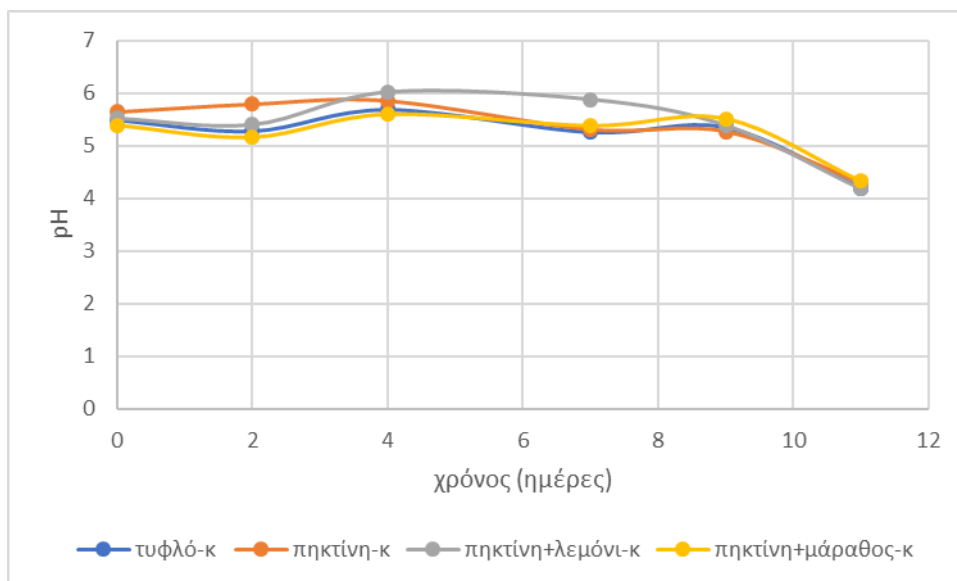


Διάγραμμα 30: Μεταβολή pH των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.



Διάγραμμα 31: Μεταβολή pH των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

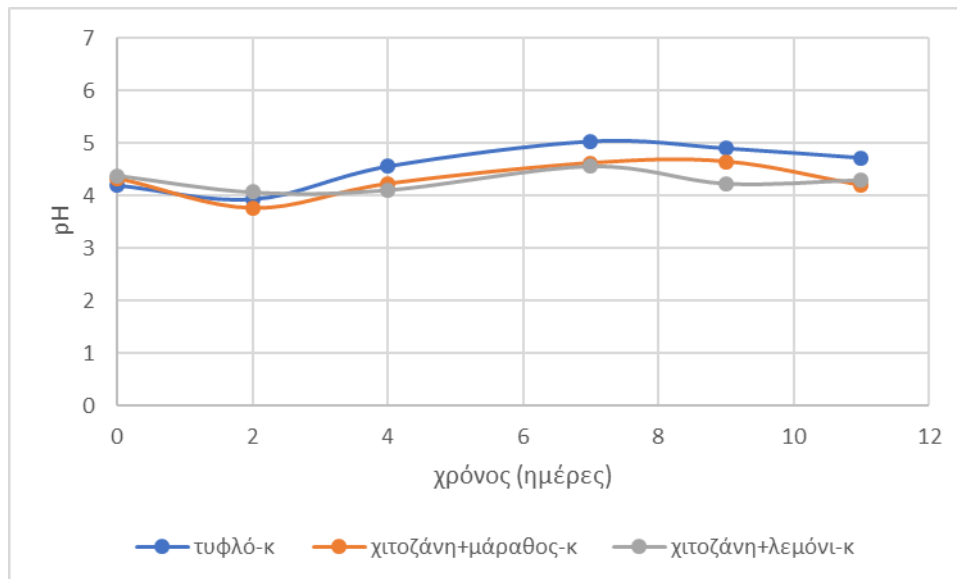
#### 7.1.4.3 3<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 32: Μεταβολή του pH των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.4.4 4<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων





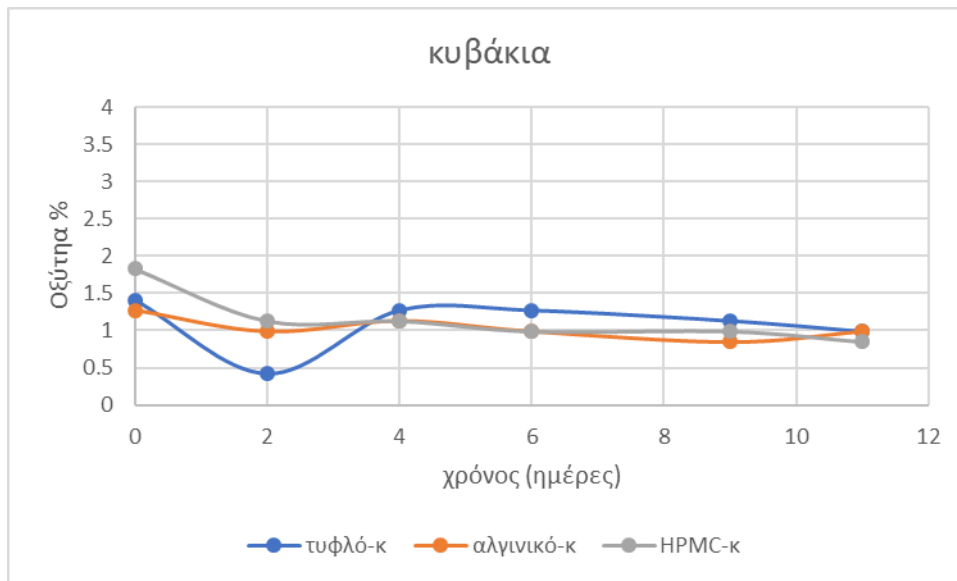
Διάγραμμα 33: Μεταβολή του pH των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Από τα διαγράμματα του pH παρατηρείται πως σε κάθε σειρά πειραμάτων όλα τα δείγματα ξεχωριστά, επικαλυμμένα και μη, τσιπς και κύβοι αχλαδιών παρουσιάζουν τις ίδιες διακυμάνσεις στο pH. Επομένως εξάγεται το συμπέρασμα πως η επικάλυψη αλλά και το είδος τεμαχισμού των αχλαδιών δεν επηρεάζει τη μεταβολή του pH. Το pH επηρεάζεται από την ωρίμανση των φρούτων, τις συνθήκες και το χρόνο αποθήκευσης.

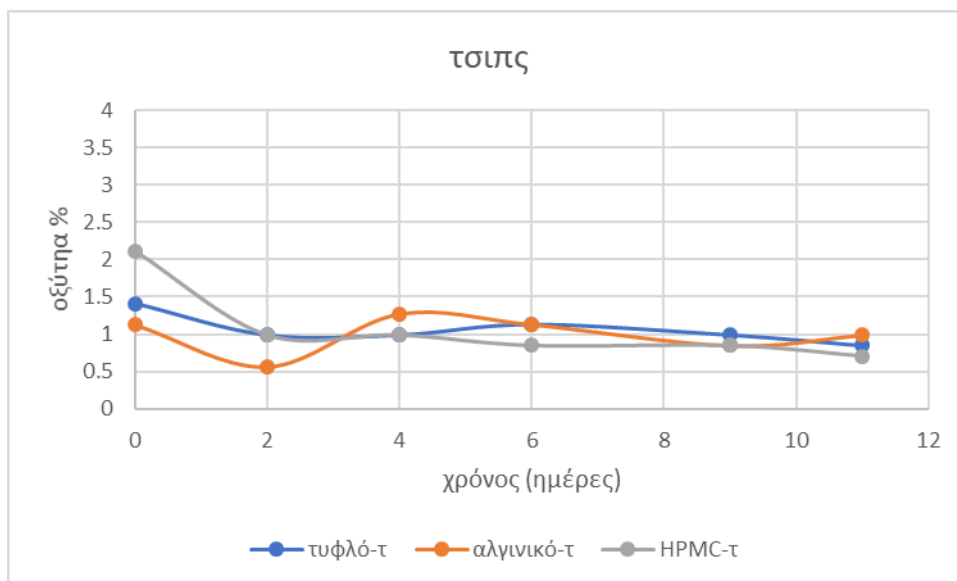
Η στατιστική ανάλυση στη περίπτωση του pH δεν μπορεί να δώσει έγκυρα αποτελέσματα όσο αφορά τη μεταβολή του και τους παράγοντες που το επηρεάζουν καθώς στα παραπάνω διαγράμματα οι τιμές παρουσιάζουν απλές διακυμάνσεις σε μια περιοχή τιμών.

### 7.1.5 Μεταβολή της οξύτητας

#### 7.1.5.1 1<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων

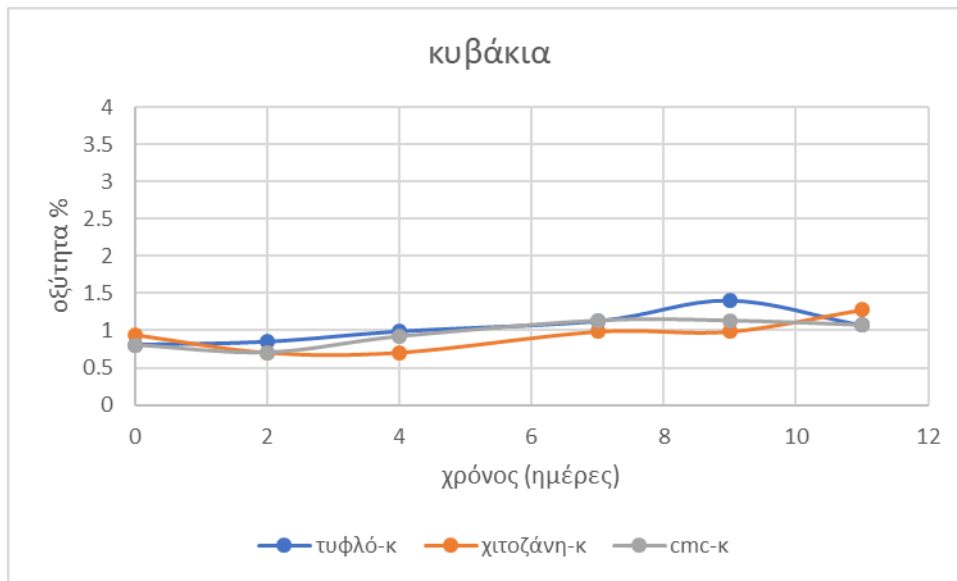


Διάγραμμα 34: Μεταβολή της οξύτητας των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και HPMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

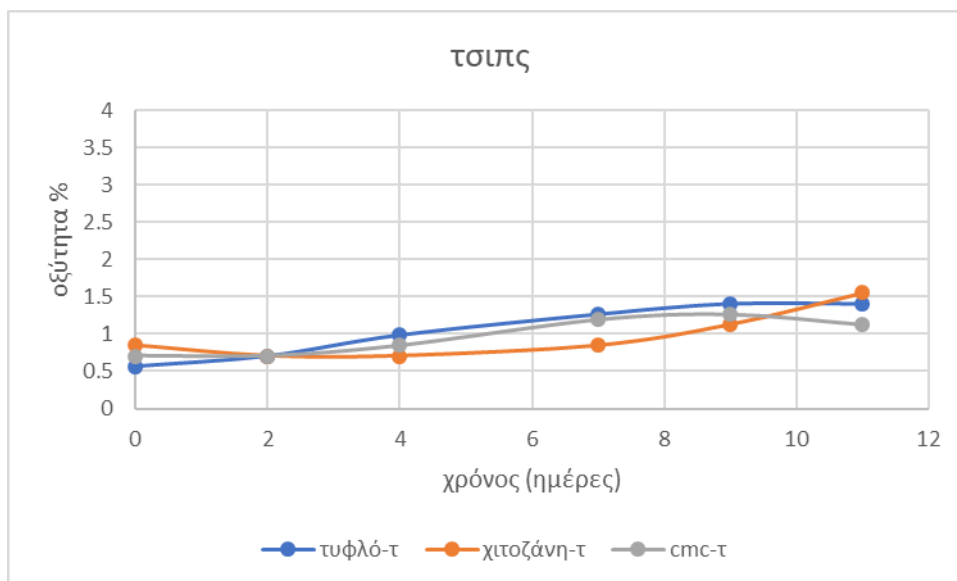


Διάγραμμα 35: Μεταβολή της οξύτητας των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και HPMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.5.2 2<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων

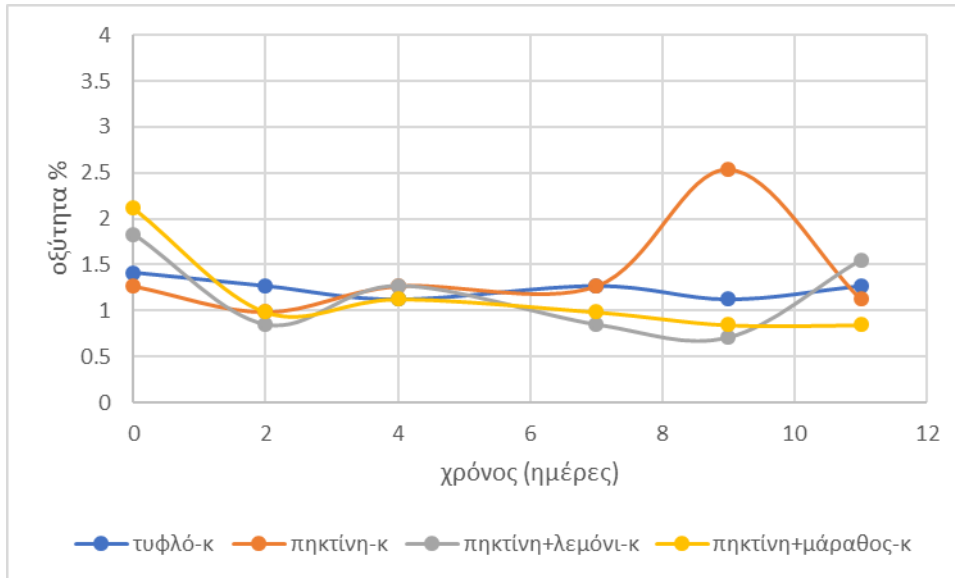


Διάγραμμα 36: Μεταβολή της οξύτητας των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.



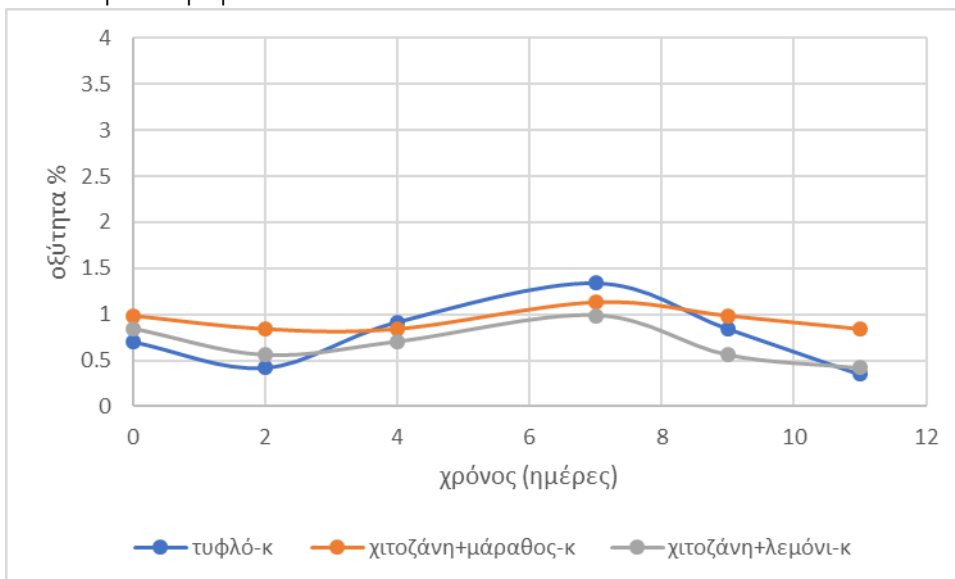
Διάγραμμα 37: Μεταβολή της οξύτητας των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

### 7.1.5.3 3<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 38: Μεταβολή της οξύτητας των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.5.4 4<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 39: Μεταβολή της οξύτητας των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Στα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζεται η μεταβολή της οξύτητας των φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Παρατηρείται πως η μεταβολή της οξύτητας είναι παρόμοια για κάθε σειρά πειραμάτων, ανεξαρτήτως του σχήματος των αχλαδιών και των επικαλύψεων ή φυσικών αντιμικροβιακών που εφαρμόζονται. Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε πως η μεταβολή της οξύτητας εξαρτάται από το στάδιο της ωρίμανσης που βρίσκεται το

φρούτο, διότι τα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια της κάθε σειράς πειραμάτων αγοράστηκαν και τεμαχίστηκαν την ίδια ημέρα, ήταν προϊόντα της ίδιας σοδειάς και επομένως βρισκόταν στο ίδιο μετασυλλεκτικό στάδιο ωρίμανσης. Φαίνεται λοιπόν πως η οξύτητα δεν επηρεάζεται από κάποιον παράγοντα που εξετάζουμε στην πειραματική διαδικασία.

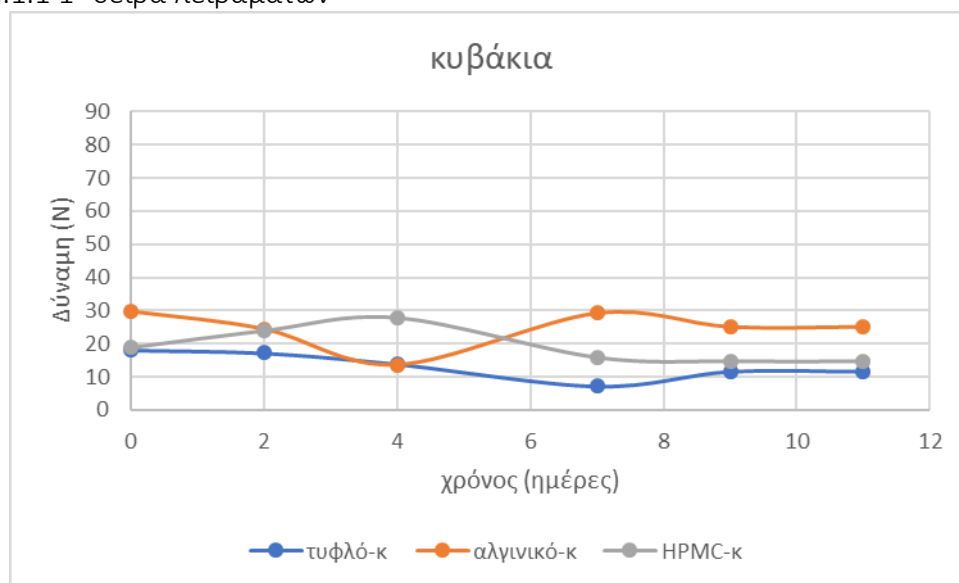
Η στατιστική ανάλυση και στη περίπτωση της οξύτητας δεν μπορεί να δώσει έγκυρα αποτελέσματα όσο αφορά τις μεταβολές του και τους παράγοντες που την επηρεάζουν καθώς στα παραπάνω διαγράμματα οι τιμές παρουσιάζουν απλές διακυμάνσεις.

### 7.1.6 Μεταβολή της υφής

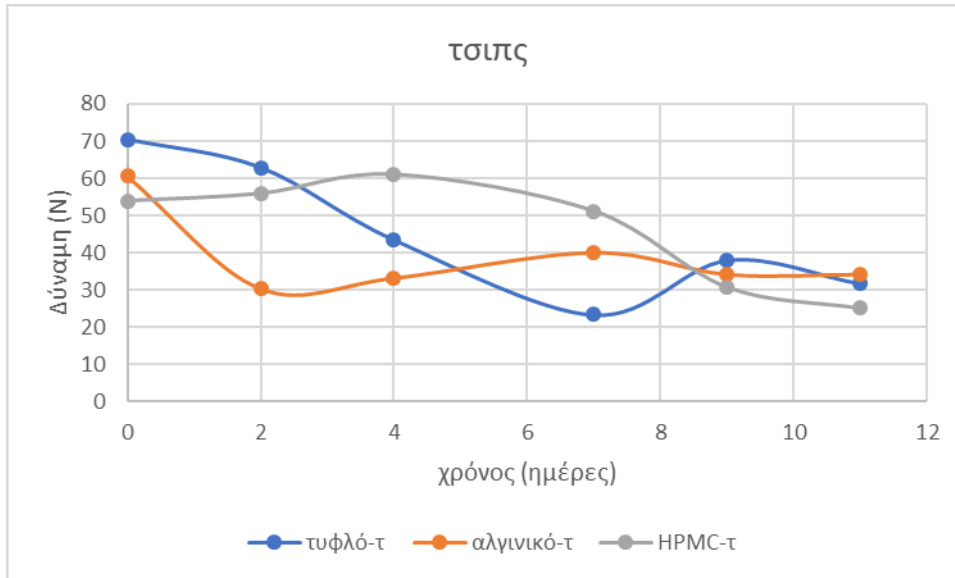
Όπως προαναφέρθηκε στο πειραματικό μέρος οι μεταβολές της υφής έγιναν με δύο στελέχη του αναλυτή υφής, το κύλινδρο (συμπίεση) και το κοπίδι (κοπή).

#### 7.1.6.1 Μεταβολή της σκληρότητας βάσει της συμπίεσης

##### 7.1.6.1.1 1<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων

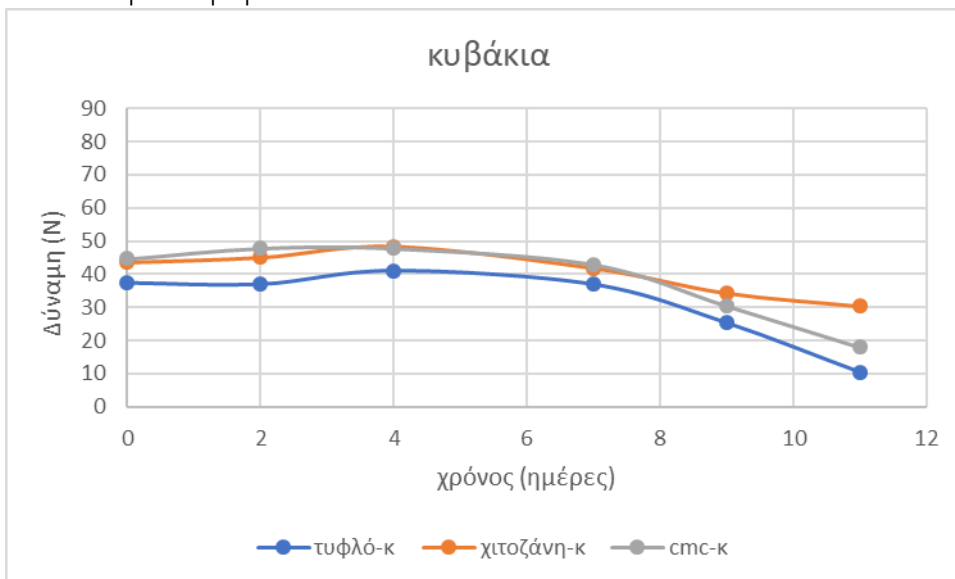


Διάγραμμα 40: Μεταβολή υφής βάση της συμπίεσης των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

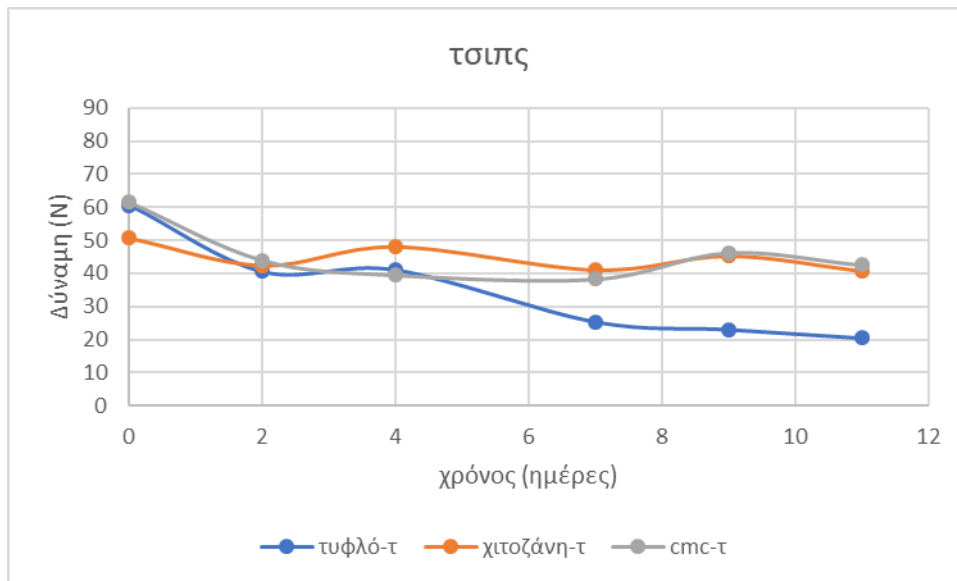


Διάγραμμα 41: Μεταβολή υφής βάση της συμπίεσης των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.6.1.2 2<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων

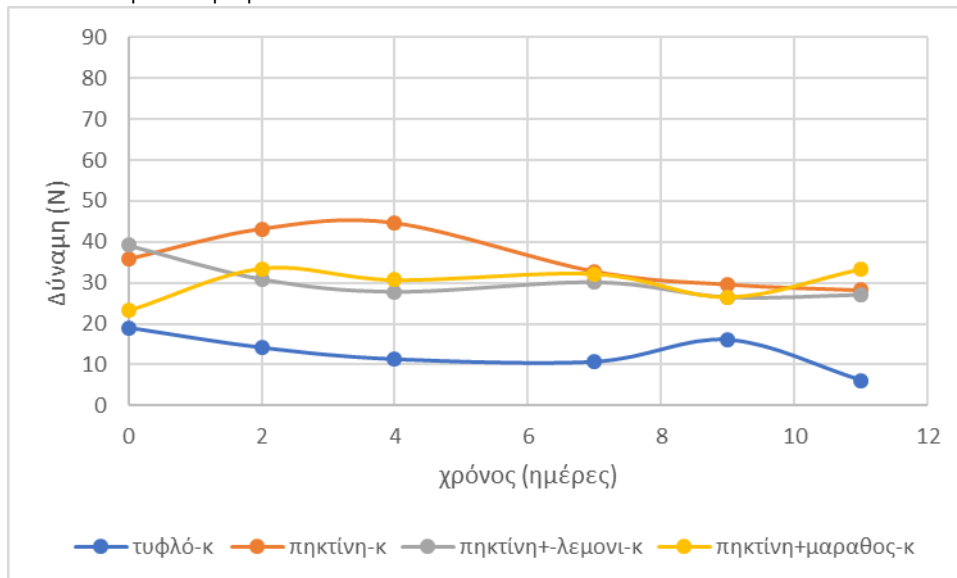


Διάγραμμα 42: Μεταβολή υφής βάση της συμπίεσης των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.



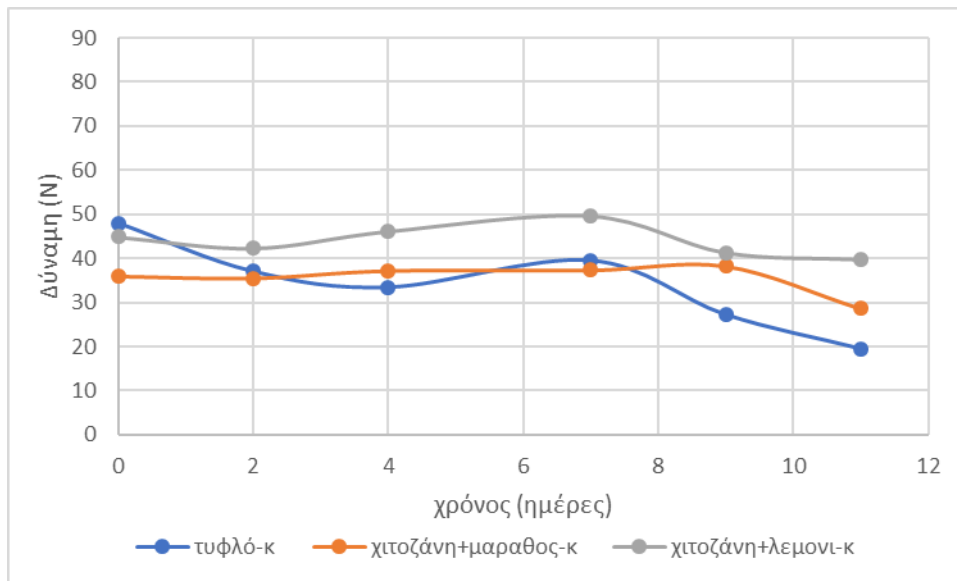
Διάγραμμα 43: Μεταβολή υφής βάση της συμπίεσης των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.6.1.3 3<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 44: Μεταβολή υφής βάση της συμπίεσης των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.6.1.4<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 45: Μεταβολή υφής βάση της συμπίεσης των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

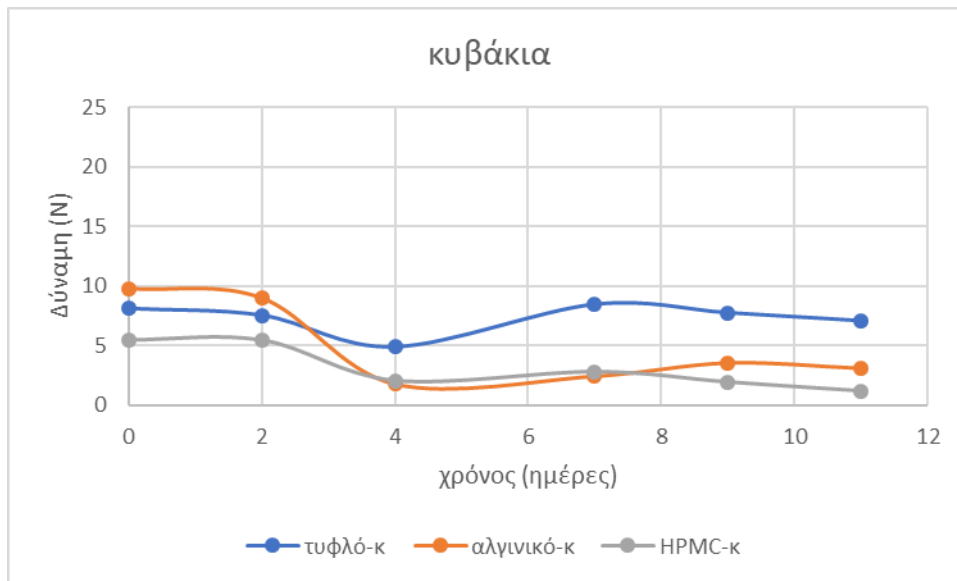
Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως κατά κανόνα η σκληρότητα των δειγμάτων φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών μειώνεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Τα τσιπς αχλαδιών παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερες τιμές σκληρότητας από τα αντίστοιχα των κύβων, αλλά οι μεταβολές της υφής είναι μεγαλύτερες στα τσιπς. Στα επικαλυμμένα δείγματα η σκληρότητα υφίσταται μικρότερες μεταβολές από τα αντίστοιχα μη επικαλυμμένα, επομένως η επικάλυψη έπαιξε καταλυτικό ρόλο στη διατήρηση της σκληρότητας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Οι επικαλύψεις στις οποίες οι σκληρότητα παρουσίασε τις μικρότερες μεταβολές είναι χιτοζάνη και η πηκτίνη. Ιδιαίτερα με την ενσωμάτωση σε αυτές οι μεμβράνες αντιμικροβιακών ουσιών λεμονιού και μάραθου η σκληρότητα έμεινε σχεδόν σταθερή κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Επομένως η ενσωμάτωση αντιμικροβιακών στις επικαλύψεις προσέδωσε ακόμα καλύτερα αποτελέσματα.

Η στατιστική ανάλυση επιβεβαίωσε τα παραπάνω καθώς όλοι οι παράγοντες, αυτοί του σχήματος, του χρόνου αποθήκευσης, της μεμβράνης αλλά και των αντιμικροβιακών επηρεάζουν σημαντικά στατιστικά ( $P < 0.005$ ) τις μεταβολές της σκληρότητας.

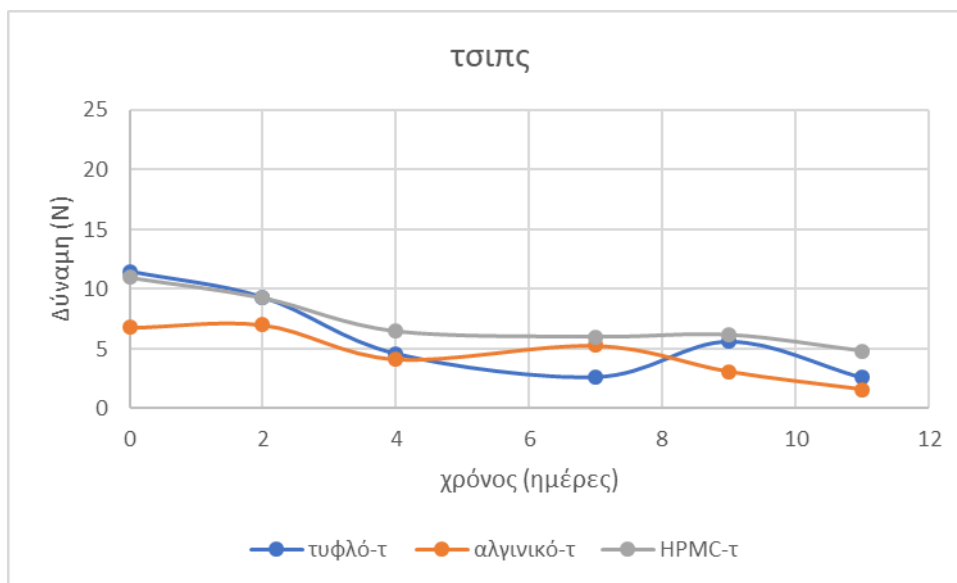
#### 7.1.6.2 Μεταβολή της σκληρότητας με βάση τη κοπή

##### 7.1.6.2.1 1<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



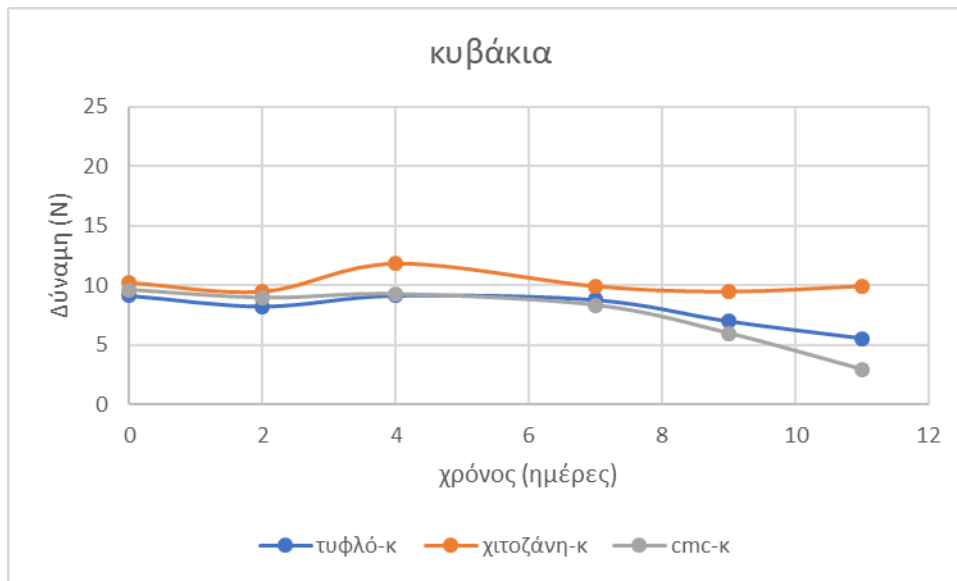


Διάγραμμα 46: Μεταβολή υφής βάσει της κοπής των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

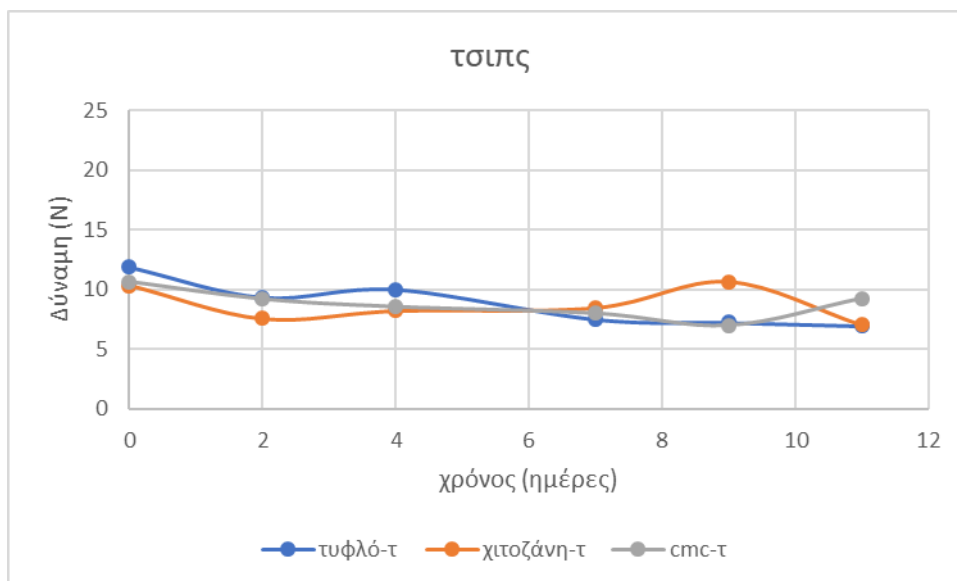


Διάγραμμα 47: Μεταβολή υφής βάσει της κοπής των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.6.2.2 2<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων

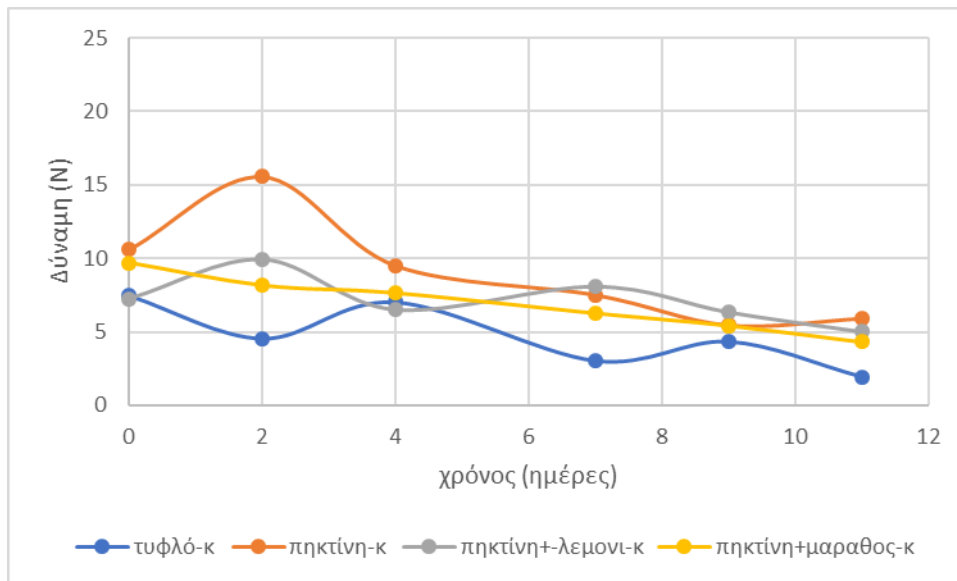


Διάγραμμα 48: Μεταβολή υφής βάση της κοπής των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.



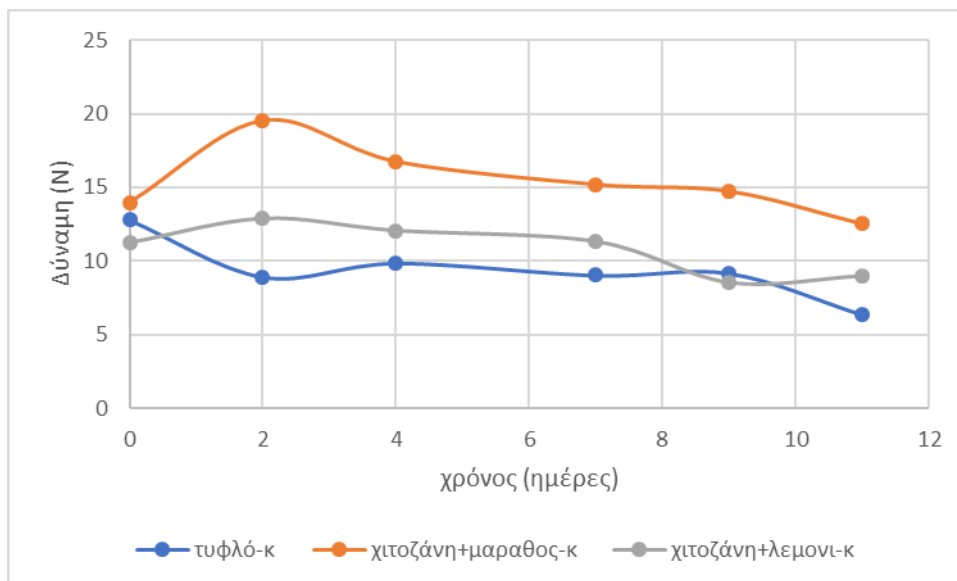
Διάγραμμα 49: Μεταβολή υφής βάση της κοπής των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.6.2.3 3<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 50: Μεταβολή υφής βάση της κοπής των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.6.2 4<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 51: Μεταβολή υφής βάση της κοπής των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

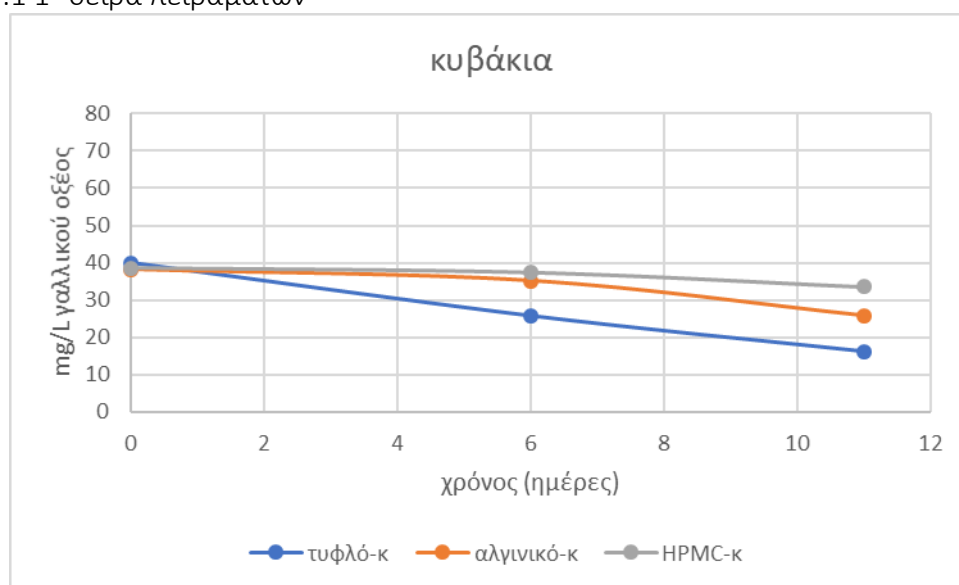
Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως και στην υφή βάση της κοπής η σκληρότητα τείνει να μειώνεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Σε αυτή τη περίπτωση όμως οι τιμές και οι μεταβολές είναι παρόμοιες και για τα δύο είδη φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών, τσιπς και κύβους, επομένως το σχήμα του τεμαχισμού

δεν διαδραμάτισε κάποιο ρόλο στις παραπάνω μεταβολές. Επιπλέον τα επικαλυμμένα δείγματα έχουν παρόμοια μείωση της σκληρότητας τους με τα μη επικαλυμμένα, επομένως οι επικαλύψεις δεν προσέφεραν ιδιαίτερα στη διατήρηση της σκληρότητας βάση της κοπής. Εξάιρεση αποτελούν οι επικαλύψεις χιτοζάνης καθώς σε όλες τις περιπτώσεις, είτε σε κύβους είτε σε τσιπς αχλαδιών, με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών ουσιών μπόρεσαν κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και διατήρησης σχεδόν σταθερή τη σκληρότητα των δειγμάτων.

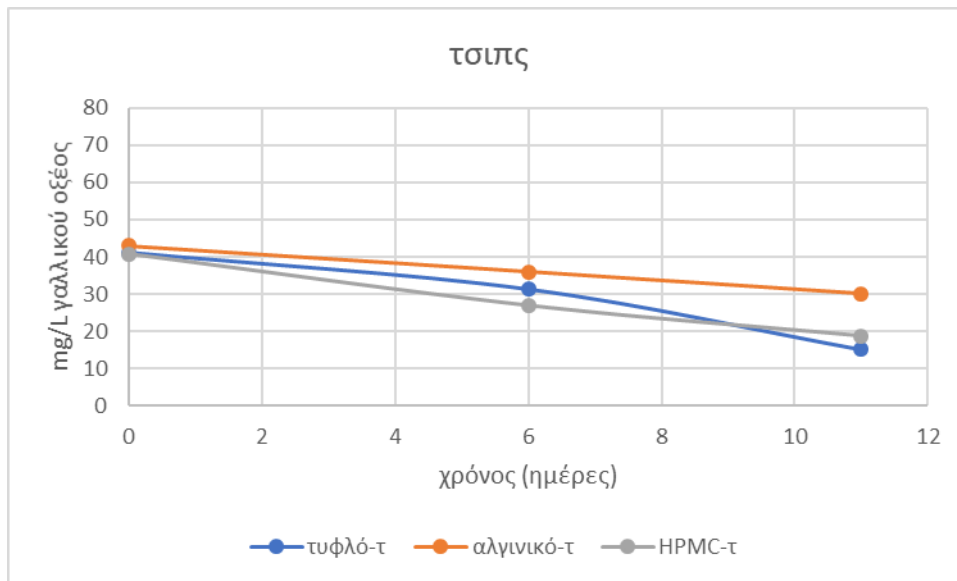
Η στατιστική ανάλυση επιβεβαίωσε πως η σκληρότητα βάση της κοπής εξαρτάται από το χρόνο αποθήκευσης και την επικάλυψη. Βρέθηκε πως η επικάλυψη της χιτοζάνης είχε σημαντικές διαφορές ( $P < 0.005$ ) με όλες τις υπόλοιπες επικαλύψεις, λόγω της καλής διατήρησης της υφής που πρόσφερε στα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια.

### 7.1.7 Φαινολικά συστατικά

#### 7.1.7.1 1<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων

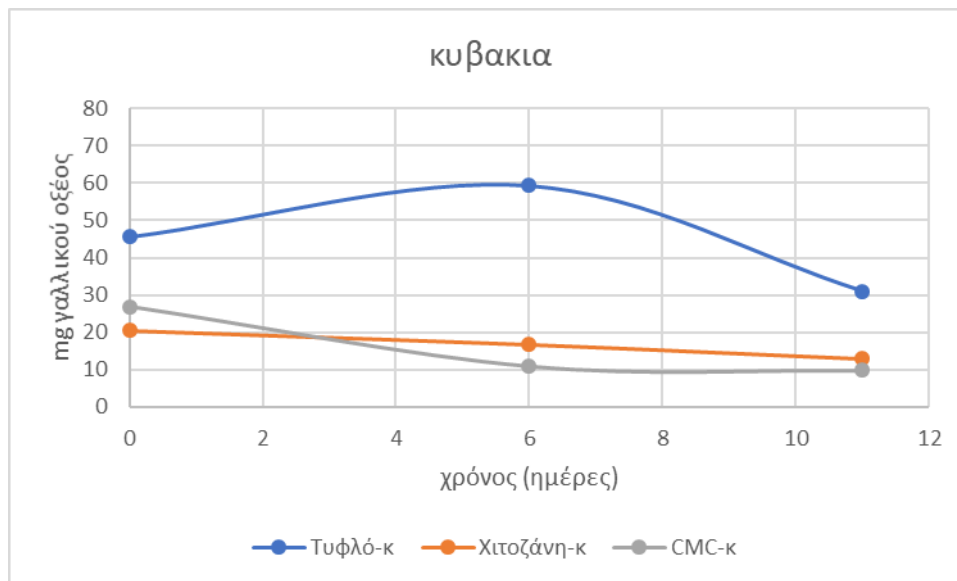


Διάγραμμα 52: Μεταβολή των φαινολικών συστατικών των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη

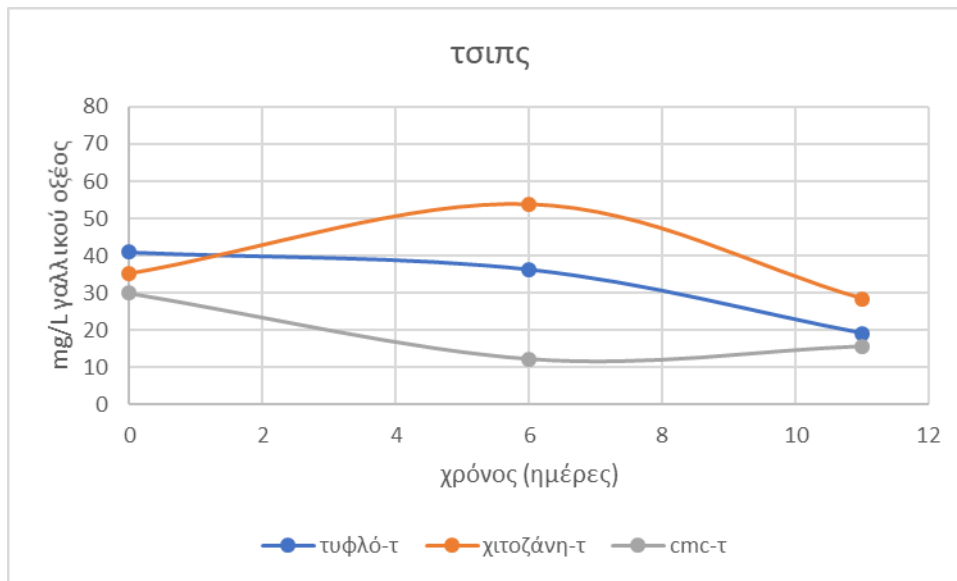


Διάγραμμα 53: Μεταβολή των φαινολικών συστατικών των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.7.2 2η σειρά πειραμάτων

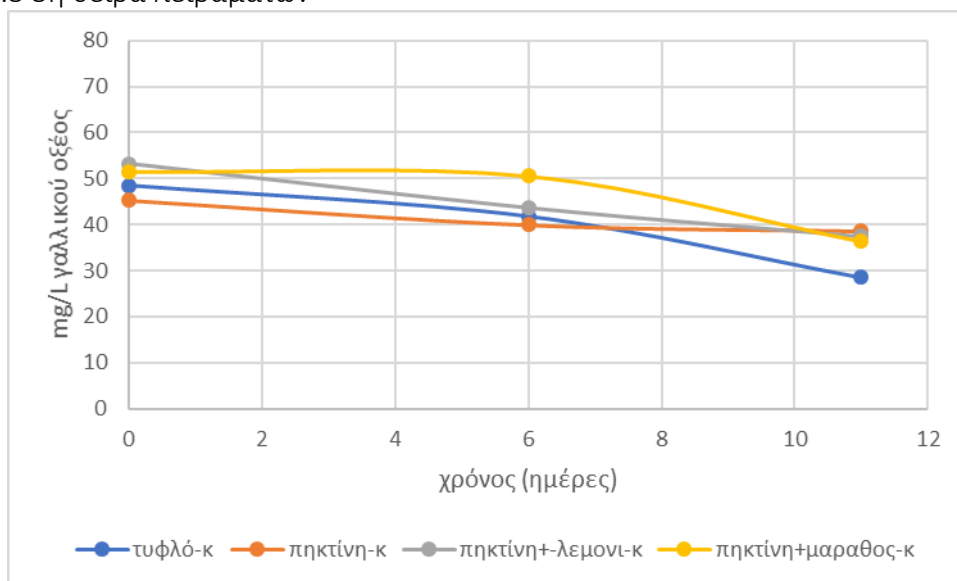


Διάγραμμα 54: Μεταβολή των φαινολικών συστατικών των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη



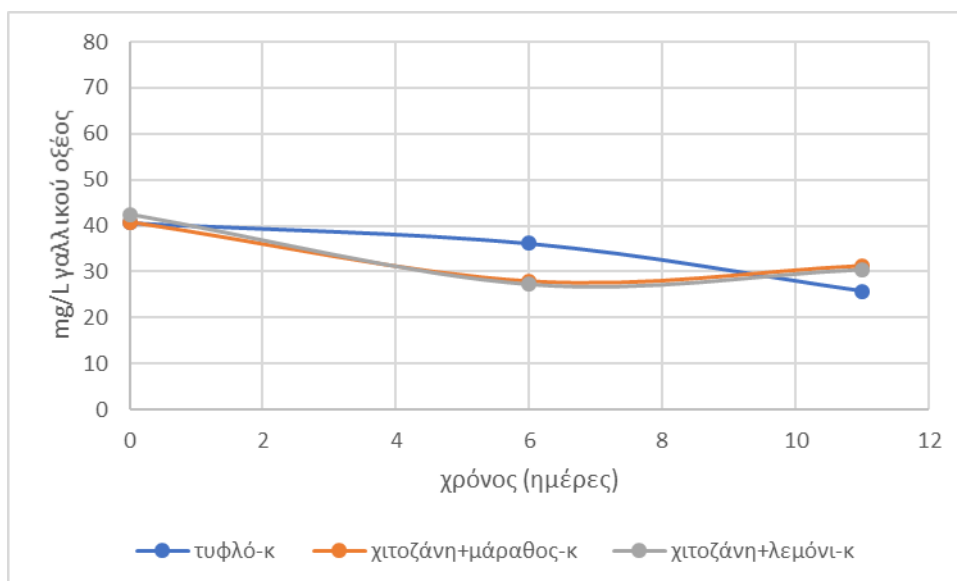
Διάγραμμα 55: Μεταβολή των φαινολικών συστατικών των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη

#### 7.1.7.3 3η σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 56: Μεταβολή των φαινολικών συστατικών των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.3.7.4 4<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



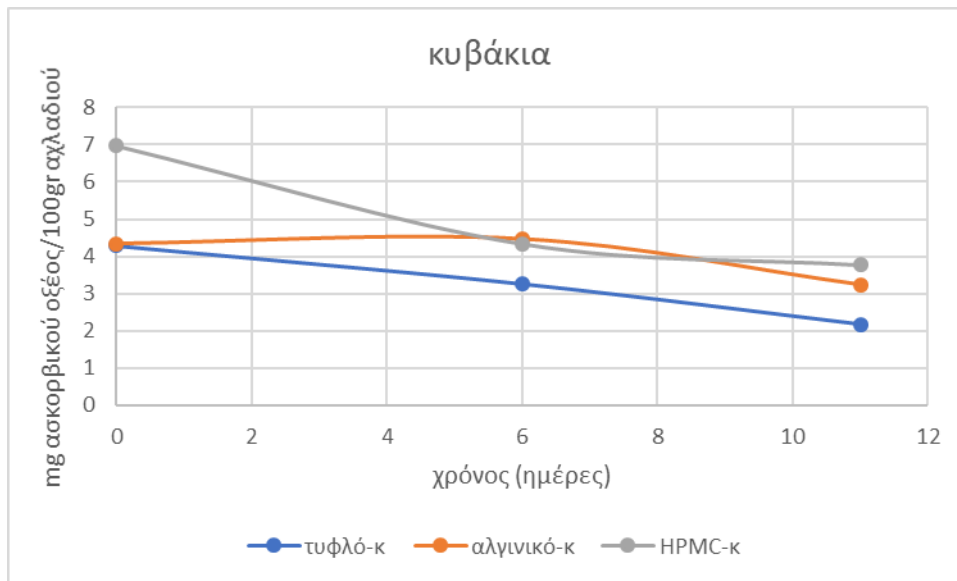
Διάγραμμα 57: Μεταβολή των φαινολικών συστατικών των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Στα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως υπάρχει απώλεια των φαινολικών συστατικών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η απώλεια αυτή δεν σχετίζεται με σχήμα των φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών, κύβων ή τσιπς, διότι αυτή είναι παρόμοια και στα 2 σχήματα. Επιπλέον παρατηρείται πως η προσθήκη επικάλυψης στις περισσότερες περιπτώσεις συνέβαλε στην μείωση της απώλειας των φαινολικών συστατικών, βοηθώντας το φρούτο να διατηρήσει τα θρεπτικά συστατικά του κατά την αποθήκευση. Οι μεμβράνες με τη καλύτερη διατήρηση των συστατικών αυτών ήταν η πηκτίνη, η χιτοζάνη και η το αλγινικό νάτριο. Τέλος η ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών στις μεμβράνες δεν είχε κάποιο επιπλέον όφελος στη μεταβολή και τη διατήρηση των φαινολικών συστατικών. Στα διαγράμματα φαίνεται πως οι μεμβράνες της χιτοζάνης και της πηκτίνης είτε έχουν ενσωματωθεί με φυσικά αντιμικροβιακά είτε όχι, εμφανίζουν παρόμοιες μεταβολές.

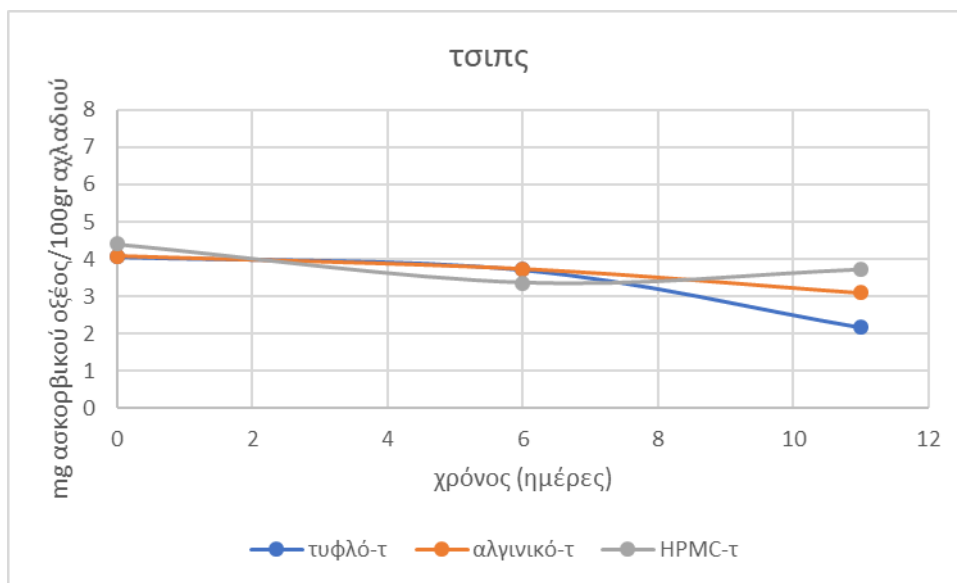
Η στατιστική ανάλυση επιβεβαίωσε τα παραπάνω καθώς έδειξε πως ο κύριος παράγοντας που επηρέασε σημαντικά στατιστικά ( $P < 0.005$ ) τη μεταβολή των φαινολικών συστατικών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ήταν ο χρόνος αποθήκευσης. Σε μικρότερο βαθμό επηρέασε και το είδος της επικάλυψης ( $P = 0.00468$ ), με τη πηκτίνη να παρουσιάζει σημαντικές στατιστικές διαφορές σε σχέση με τις υπόλοιπες μεμβράνες, διότι εμφάνισε την υψηλότερη συγκέντρωση φαινολικών στο τέλος της αποθήκευσης σε σύγκριση με τις υπόλοιπες επικαλύψεις.

## 7.1.8 Βιταμίνη C

### 7.1.8.1 1<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



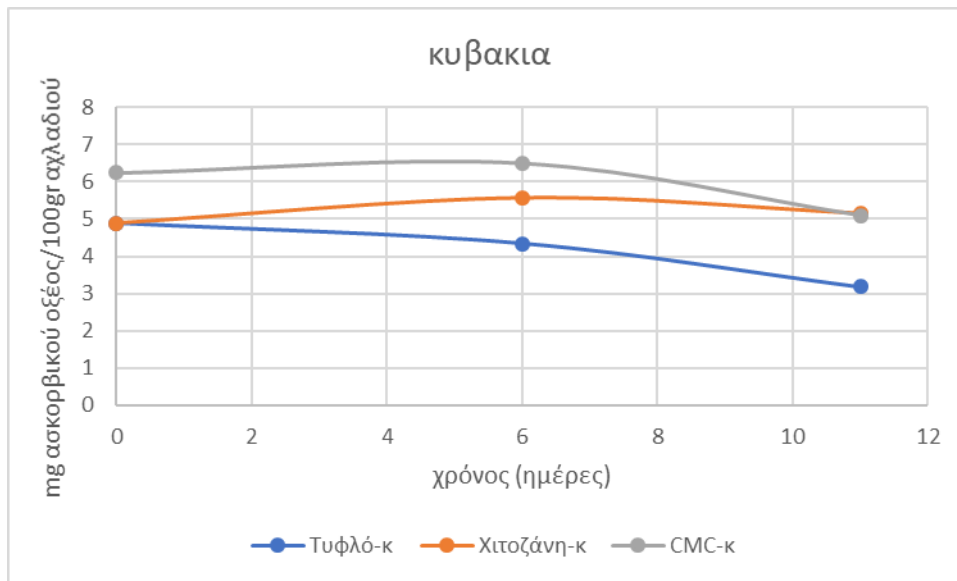
Διάγραμμα 58: Μεταβολή της βιταμίνης C των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη



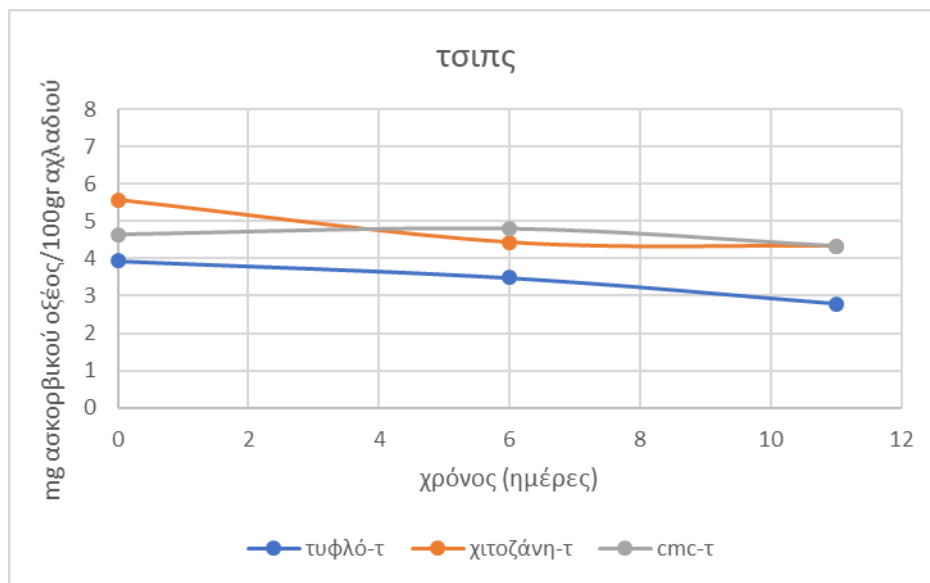
Διάγραμμα 59: Μεταβολή της βιταμίνης C των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη

#### 7.1.8.2 2<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



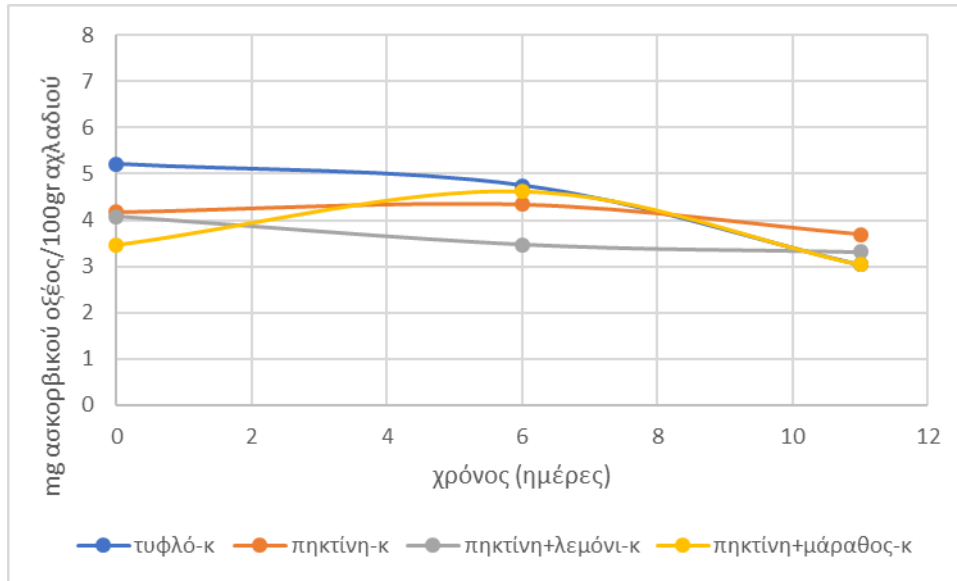


Διάγραμμα 60: Μεταβολή της βιταμίνης C των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.



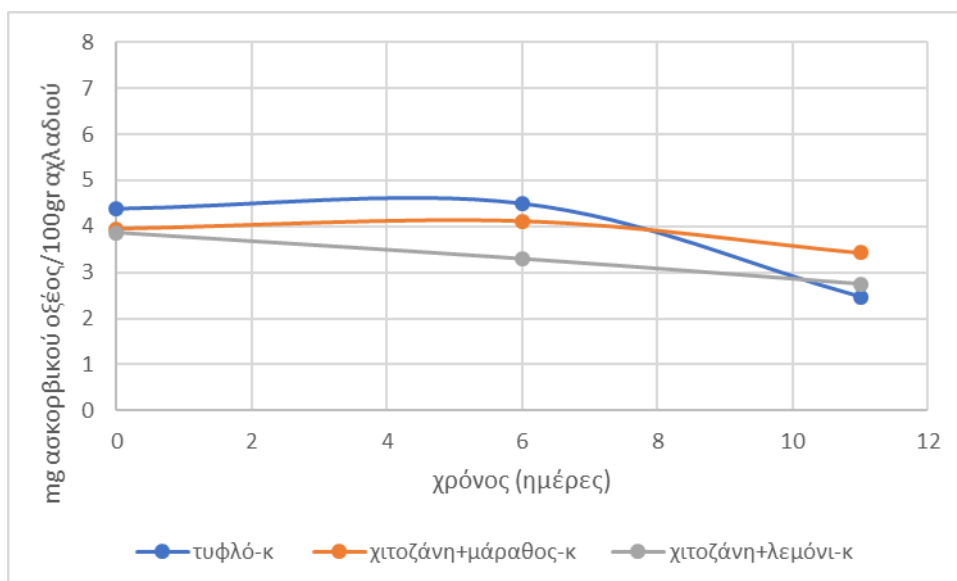
Διάγραμμα 61: Μεταβολή της βιταμίνης C των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

### 7.1.8.3 3<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 62: Μεταβολή της βιταμίνης C των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.1.8.4 4<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 63: Μεταβολή της βιταμίνης C των δειγμάτων τεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Στα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται η μεταβολή της βιταμίνης C κατά το χρόνο αποθήκευσης των φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών. Παρατηρείται πως οι μεταβολές είναι παρόμοιες στα τσιπς και στους κύβους αχλαδιών οπότε ο τρόπος τεμαχισμού δεν επηρέασε την απώλεια της βιταμίνης. Επιπλέον τα επικαλυμμένα

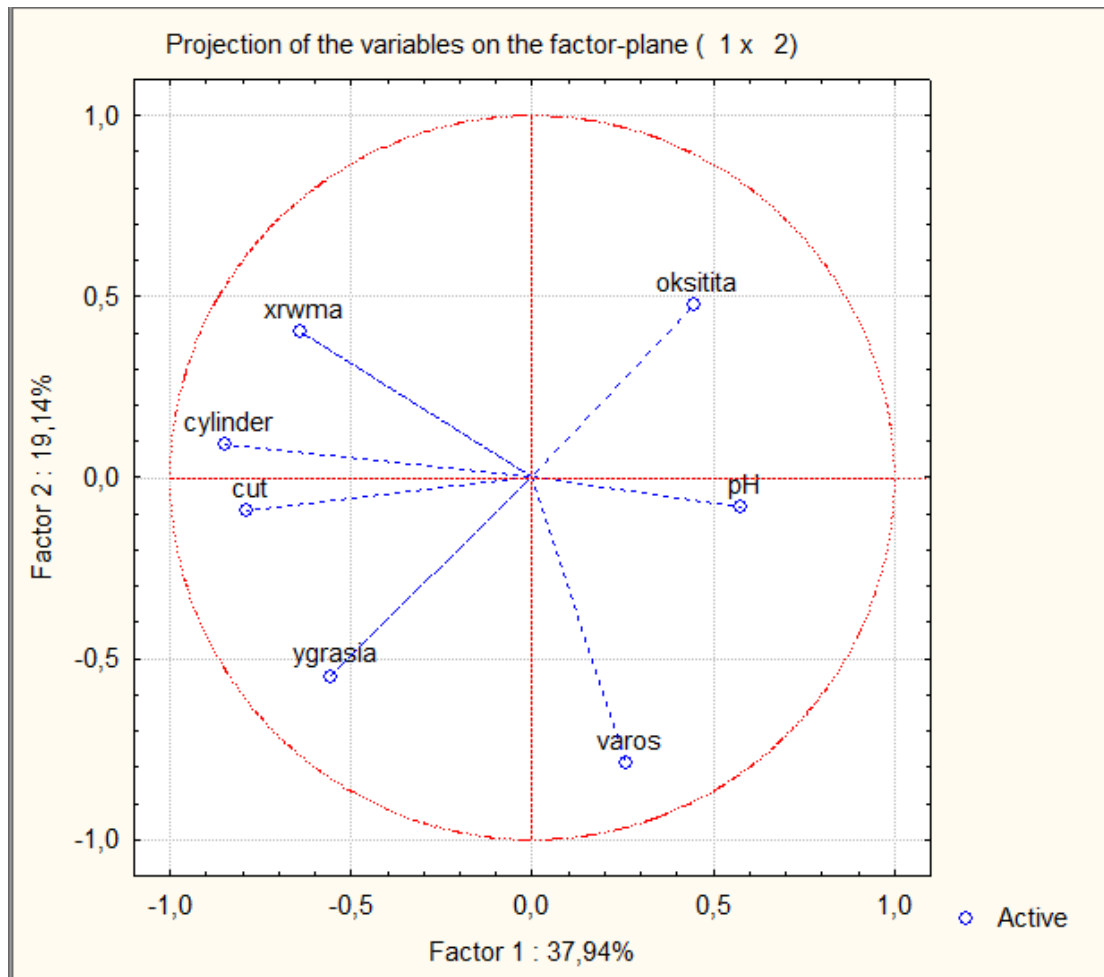
δείγματα καταφέρνουν και διατηρούν τη συγκέντρωση της βιταμίνη κατά την αποθήκευση σε σχέση με τα μη επικαλυμμένα όπου εμφανίζουν απώλειες. Δεν ξεχώρισε κάποια επικάλυψη για τη καλύτερη διατήρηση της βιταμίνης C καθώς οι μεταβολές ήταν παρόμοιες σε όλα τα επικαλυμμένα δείγματα. Επιπλέον η ενσωμάτωση αντιμικροβιακών ουσιών στις μεμβράνες δεν φαίνεται να επηρεάζει τη μεταβολή της βιταμίνης κατά την αποθήκευση.

Η στατιστική ανάλυση επιβεβαίωσε τα παραπάνω καθώς οι παράγοντες που εμφάνισαν σημαντική στατιστική διαφορά ήταν ο χρόνος αποθήκευσης και το είδος της επικάλυψης. Όσο αφορά το είδος της επικάλυψης, τα επικαλυμμένα δείγματα παρουσίασαν σημαντικές στατιστικές διαφορές σε σχέση με τα μη επικαλυμμένα. Όσο αφορά το χρόνο αποθήκευσης στη 11<sup>η</sup> ημέρα παρουσιάστηκαν σημαντικές στατιστικές διαφορές καθώς σε άλλα δείγματα βρέθηκε απώλεια της βιταμίνης ενώ σε άλλα δεν παρατηρήθηκαν απώλειες κατά την αποθήκευση.

#### 7.1.9 Ανάλυση κυρίων συνιστωσών PCA

Παρακάτω θα ακολουθήσει η ανάλυση κυρίων συνιστωσών για τα πειράματα με τα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια. Αρχικά θα παρουσιαστεί η ανάλυση για σύγκριση των εδώδιμων επικαλύψεων στα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια με μόνο σχήμα, το κύβο για τις 11 ημέρες αποθήκευσης. Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί η ανάλυση για σύγκριση των εδώδιμων επικαλύψεων σε αχλάδια τεμαχισμένα σε σχήμα κύβων και σχήμα τσιπς, ώστε να εξεταστεί και η επίδραση του παράγοντα σχήματος στη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του φρούτου κατά την αποθήκευση. Τέλος η 3<sup>η</sup> ανάλυση θα περιέχει όλες τις μεταβλητές που εξετάστηκαν, δηλαδή και τις μετρήσεις που έγιναν για τα θρεπτικά συστατικά των αχλαδιών (φαινολικά συστατικά και βιταμίνη C) με όλες τις επικαλύψεις που χρησιμοποιήθηκαν και στα 2 σχήματα τεμαχισμού των αχλαδιών. Ωστόσο για να γίνει σωστή η ανάλυση αυτή, θα ληφθούν υπόψιν μόνο οι μετρήσεις των μεταβλητών που έγιναν την ίδια ημέρα με τις μετρήσεις των θρεπτικών συστατικών, δηλαδή θα λάβουμε υπόψιν την ημέρα 0, 6 και 11 και όχι τις ενδιάμεσες.

7.1.9.1 Ανάλυση κυρίων συνιστωσών για σύγκριση όλων των μεμβρανών που εφαρμόστηκαν στα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια σε σχήμα κύβου.

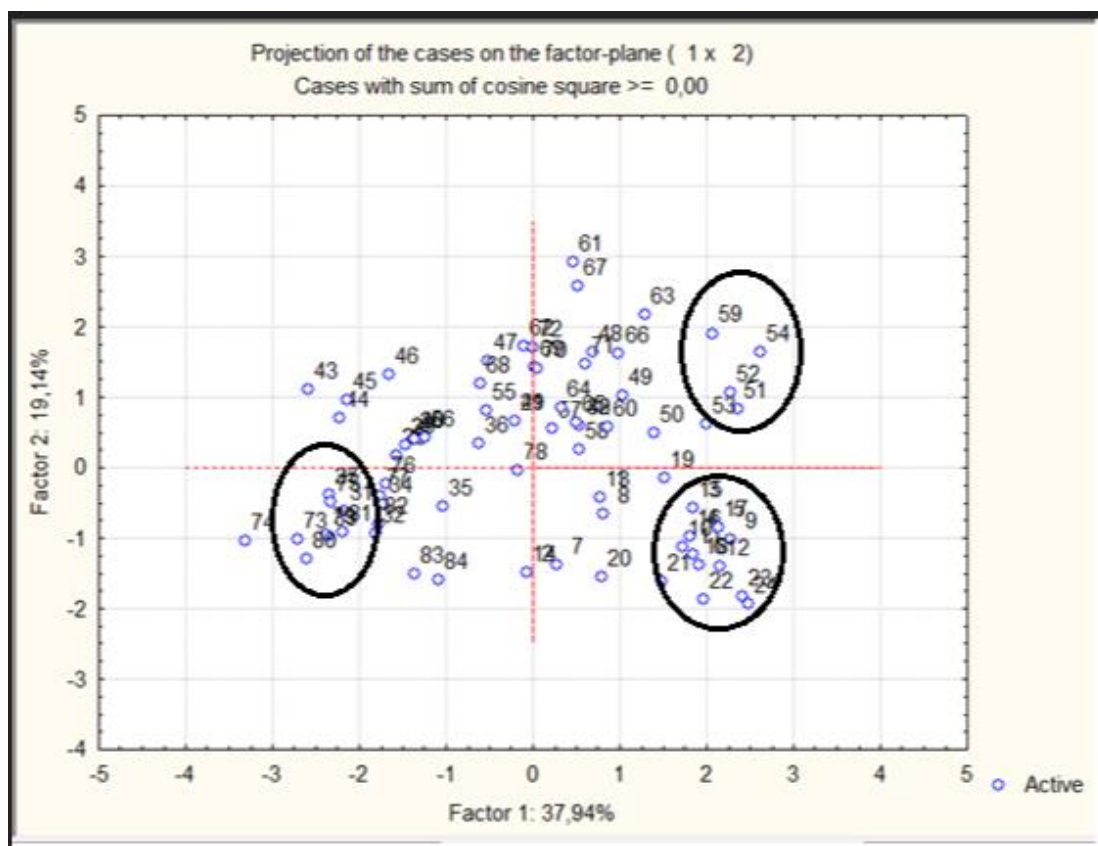


Διάγραμμα 64: Διάγραμμα συσχετίσεων των εξεταζόμενων μεταβλητών της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου με επικαλύψεις αλγινικού νατρίου, HPMC, CMC, χιτοζάνης και πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Από τη παραπάνω ανάλυση κυρίων συνιστωσών παρατηρούμε πως από το πείραμα εμφανίζει δύο κύριες συνιστώσες, η πρώτη με 37,94% συνεισφορά και η δεύτερη με 19,14% συνεισφορά. Το άθροισμα των κύριων συνιστωσών είναι 57,08%. Με τη πρώτη κύρια συνιστώσα σχετίζονται η υφή με τη βάση τη κοπή και τον κύλινδρο (cut & cylinder αντίστοιχα) καθώς και το pH. Με τη δεύτερη κύρια συνιστώσα σχετίζεται μόνο τη απώλεια του βάρους.

Θετική συσχέτιση έχουν όσες μεταβλητές βρίσκονται κοντά η μία στην άλλη και όπως φαίνεται παραπάνω αυτές είναι η υφή με βάση τη κοπή και με βάση το κύλινδρο.

Αυτές που έχουν αρνητική συσχέτιση καθώς βρίσκονται αντιδιαμετρικά είναι η υγρασία με την οξύτητα.



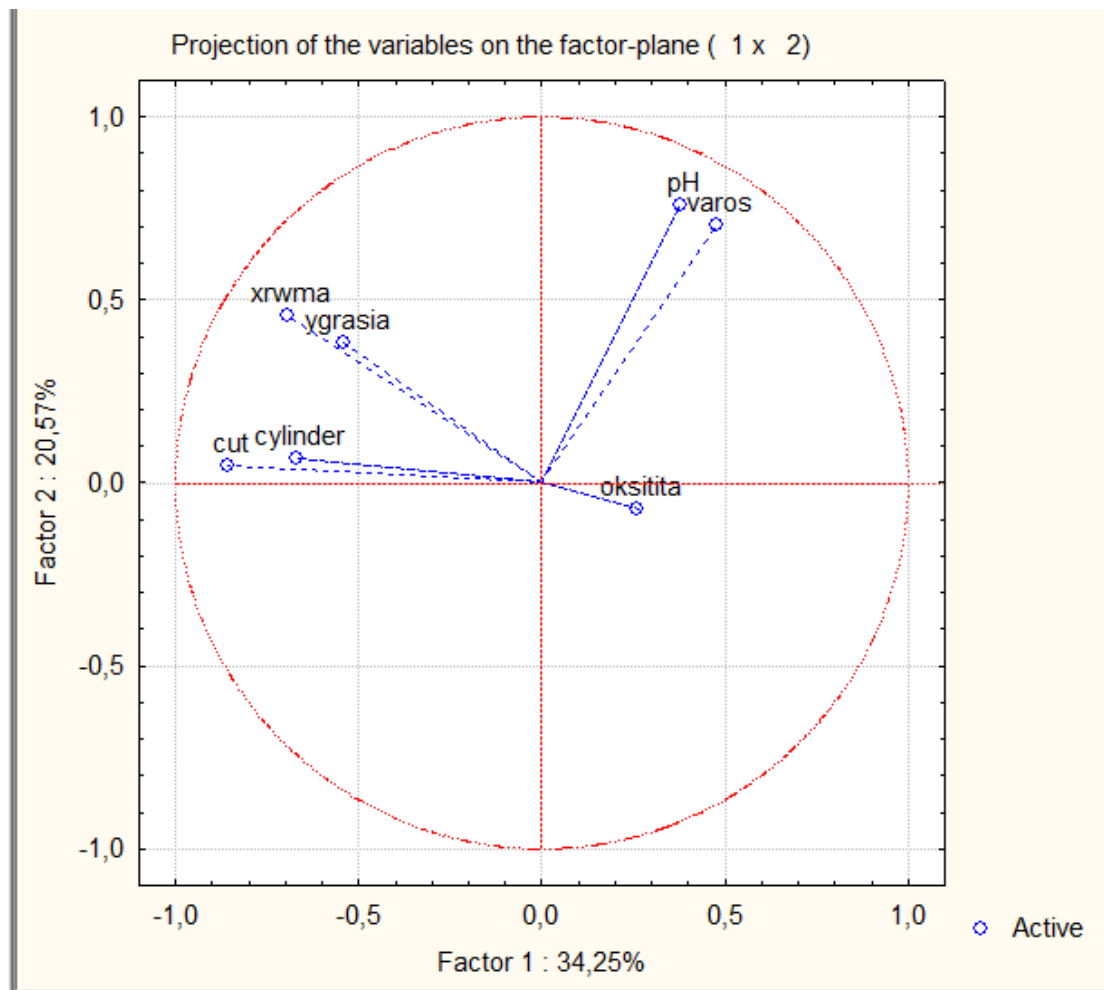
Διάγραμμα 65: Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών για τις επικαλύψεις που εφαρμόστηκαν σε κύβους αχλαδιών

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε πως στα κάτω δεξιά διακρίνουμε μία ομάδα δειγμάτων που είχαν επικαλύψεις αλγινικού νατρίου και ΗΡΜC. Τα δείγματα με αυτές τις επικαλύψεις εμφάνισαν καλά αποτελέσματα όσο αφορά την απώλεια βάρους τους.

Πάνω δεξιά διακρίνουμε τη 2<sup>η</sup> ομάδα η οποία αποτελείται από μη επικαλυμμένα δείγματα χιτοζάνης και αλγινικού νατρίου και τα οποία εμφάνισαν μια σταθερή οξύτητα καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Τέλος η τρίτη ομάδα φαίνεται κάτω αριστερά στην οποία ανήκουν δείγματα με επικάλυψη χιτοζάνης με ενσωμάτωση αιθέριου ελαίου μάραθου και αιθέριου ελαίου λεμονιού κατά τις πρώτες ημέρες της αποθήκευσης. Τα δείγματα αυτά έδωσαν πολύ καλά αποτελέσματα όσο αφορά τις μεταβολές σε βάρους, χρώματος και υγρασίας.

7.1.9.2 Ανάλυση κυρίων συνιστωσών για σύγκριση των μεμβρανών που εφαρμόστηκαν στα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια σε σχήμα και κύβων και τσιπς.



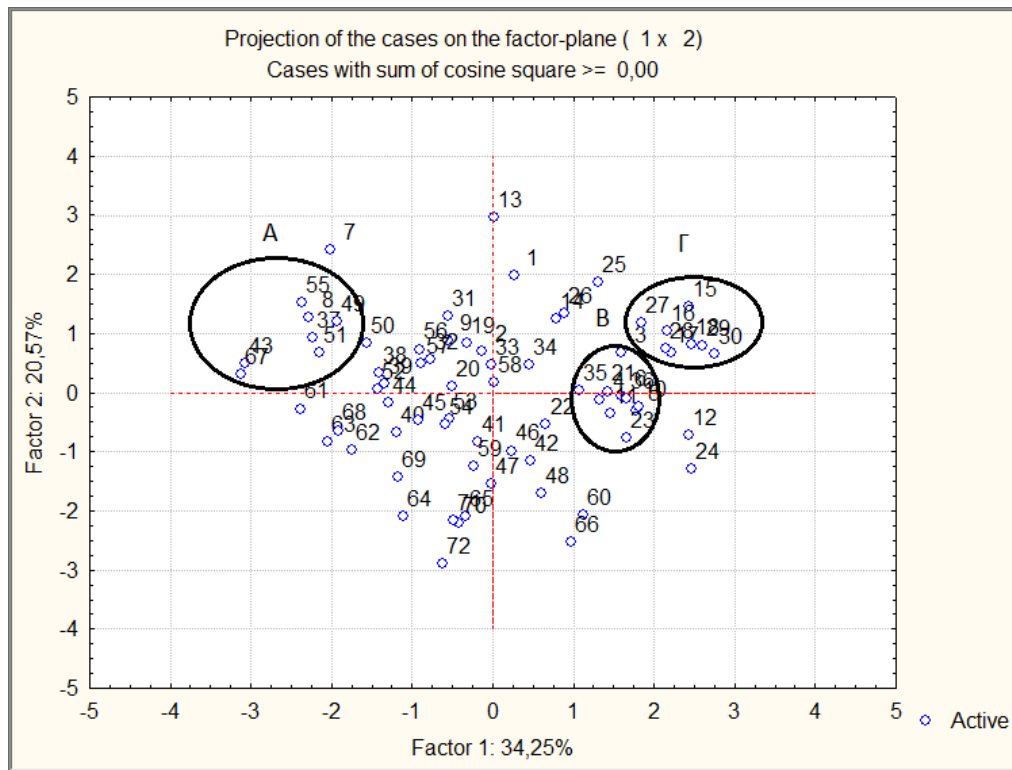
Διάγραμμα 66: Διάγραμμα συσχετίσεων των εξεταζόμενων μεταβλητών της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου και σχήμα τσιπς με επικαλύψεις αλγινικού νατρίου, HPMC, CMC και χιτοζάνης κατά τη διάρκεια αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Από τη παραπάνω ανάλυση κυρίων συνιστωσών παρατηρούμε πως από το πείραμα εμφανίζει δύο κύριες συνιστώσες, η πρώτη με 34,25% συνεισφορά και η δεύτερη με 20,57% συνεισφορά. Το άθροισμα των κύριων συνιστωσών είναι 54,82%. Με τη πρώτη συνιστώσα σχετίζονται οι υφή με βάση τη κοπή και με βάση το κύλινδρο (cylinder & cut) , ενώ με τη δεύτερη συνιστώσα σχετίζεται το pH.

Θετική συσχέτιση μεταξύ τους έχουν:

- η υφή με βάση τη κοπή και με βάση το κύλινδρο
- το αντικειμενικό χρώμα και η υγρασία
- το pH με το βάρος

Μη συσχετίσιμες μεταβλητές δεν φαίνεται να υπάρχουν.



Διάγραμμα 67: Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών για τις επικαλύψεις που εφαρμόστηκαν σε κύβους και τσιπς αχλαδιών

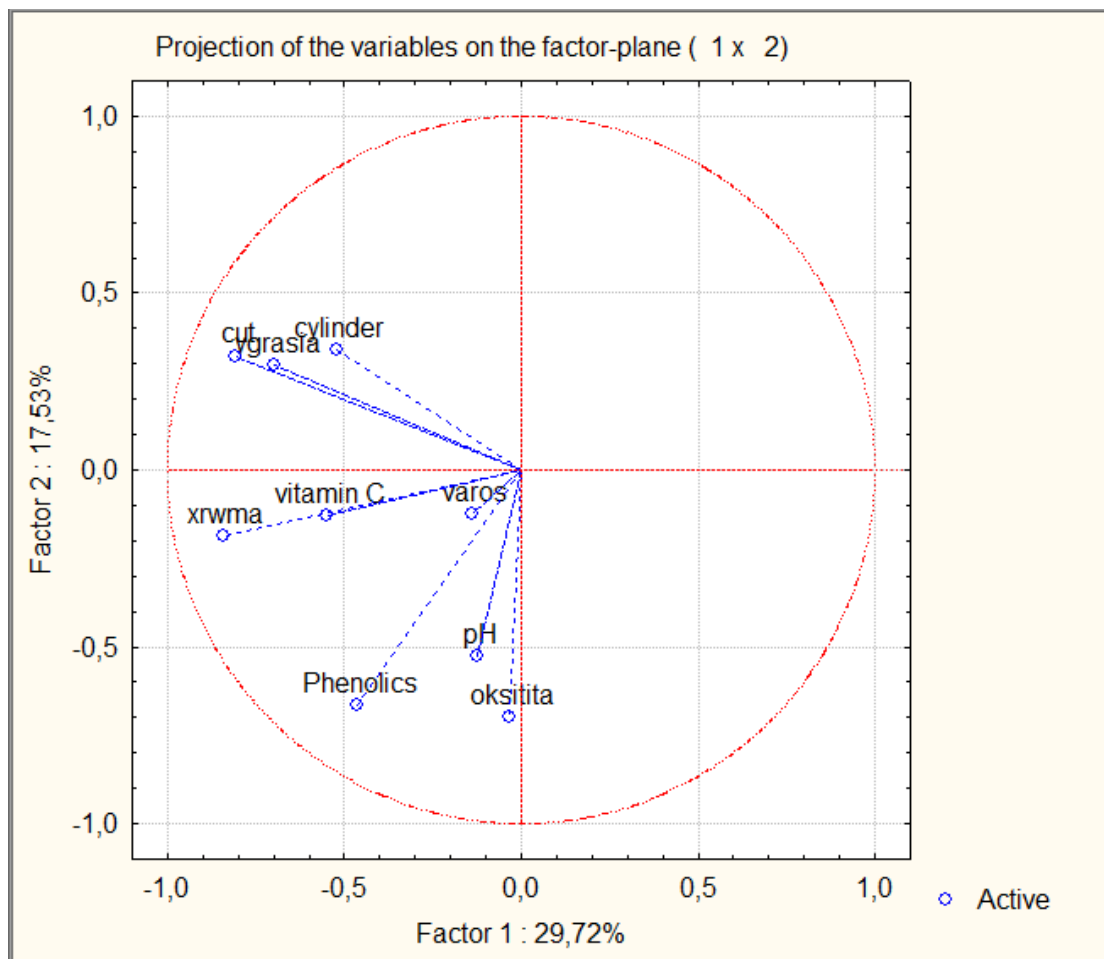
Από το παραπάνω διάγραμμα μπορούμε να διακρίνουμε 3 ομάδες δειγμάτων. Στην ομάδα A ανήκουν δείγματα αχλαδιών που έχουν τεμαχιστεί σε σχήμα τσιπς επικαλυμμένα με όλες τις μεμβράνες αλλά και το τυφλό και βρίσκονται στη 1<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης. Στην ομάδα B ανήκουν πάλι δείγματα που έχουν τεμαχιστεί σε σχήμα τσιπς και βρίσκονται στην 9<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης και επομένως έχουν υποστεί αλλοιώσεις στα οργανοληπτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά τους και κυρίως έχουν υποστεί τις μεγαλύτερες απώλειες τους. Τέλος στην ομάδα Γ ανήκουν δείγματα αχλαδιών τεμαχισμένων σε σχήμα κύβων και που έχουν επικαλυφθεί με μεμβράνες αλγινικού νάτριου και ΗΡΜC και βρίσκονται στην 2<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης (δηλαδή από 7<sup>η</sup> έως και την 11<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης).

Με βάση τα παραπάνω μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- Η ομάδα δειγμάτων A εμφανίζει ιδιαίτερα υψηλές τιμές όσο αφορά το αντικειμενικό χρώμα, την επί τις % υγρασία αλλά και την υφή και γενικότερα δεν έχουν παρουσιάσει μεταβολές στα ποιοτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Είναι λογικό διότι τα δείγματα βρίσκονται στην 1<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσής τους.
- Στην ομάδα B τα δείγματα εφόσον βρίσκονται στην 9<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης έχουν υποστεί σημαντικές αλλοιώσεις στα οργανοληπτικά και ποιοτικά τους χαρακτηριστικά, με τις μεγαλύτερες απώλειες να τις έχουν υποστεί στο χρώμα και την υγρασία τους.
- Στην ομάδα Γ τα δείγματα εμφάνισαν πολύ χαμηλές τιμές όσο αφορά την υφή τους αλλά και παρουσίασαν παρόμοια αποτελέσματα όσα αφορά τις

μεταβολές των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών, όπως απώλεια βάρους, υγρασίας και υψής.

7.1.9.2 Ανάλυση κυρίων συνιστωσών για σύγκριση των μεμβρανών που εφαρμόστηκαν στα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια σε σχήμα κύβου και τσιπς και για τις μετρήσεις των θρεπτικών συστατικών των αχλαδιών (φαινολικών και βιταμίνης C).



Διάγραμμα 68: Διάγραμμα συσχετίσεων των εξεταζόμενων μεταβλητών της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών και για τα θρεπτικά συστατικά για την επικάλυψη φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών σε σχήμα κύβου με επικαλύψεις αλγινικού νατρίου, HPMC, CMC, χιτοζάνης και πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια αποθήκευσής τους σε ψύξη.

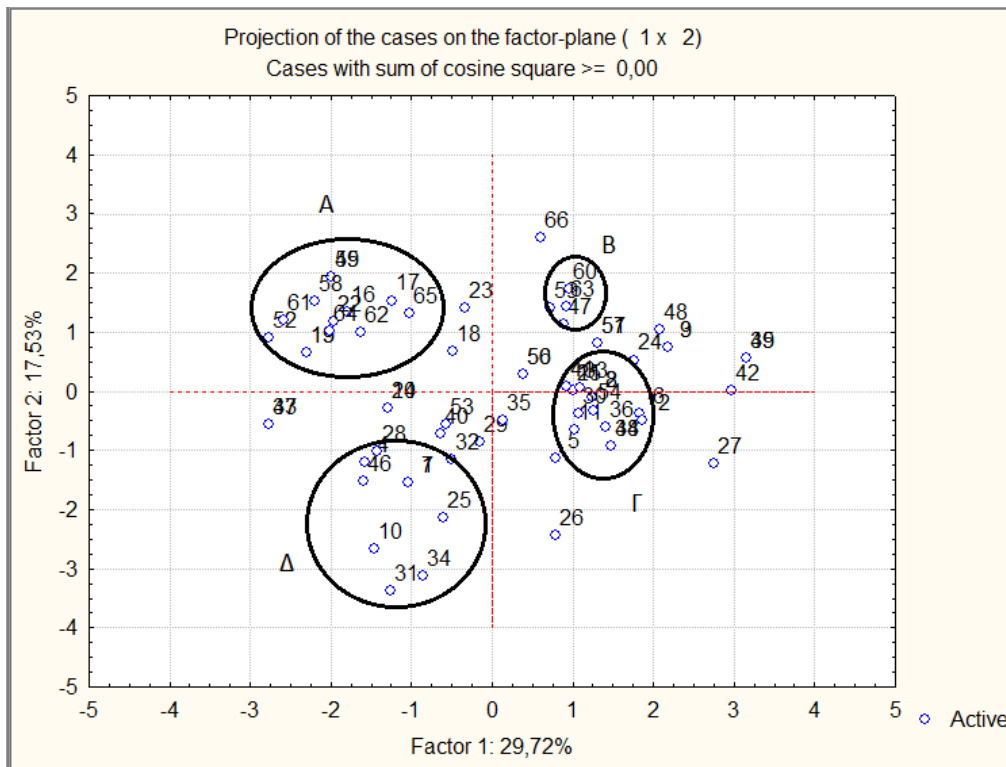
Από τη παραπάνω ανάλυση κυρίων συνιστωσών παρατηρούμε πως από το πείραμα εμφανίζει δύο κύριες συνιστώσες, η πρώτη με 29.72% συνεισφορά και η δεύτερη με 17.35% συνεισφορά. Το άθροισμα των κύριων συνιστωσών είναι 47.07%. Με τη 1<sup>η</sup> κύρια συνιστώσα σχετίζονται το αντικειμενικό χρώμα, η βιταμίνη C καθώς και η υγρασία και η υψή με βάση τη κοπή. Με τη 2<sup>η</sup> κύρια συνιστώσα σχετίζεται η οξύτητα και το pH.

Θετική συσχέτιση μεταξύ τους έχουν:



- η υφή με βάση τη κοπή, η υφή με βάση το κύλινδρο και η υγρασία
- Το pH και η οξύτητα
- Το αντικειμενικό χρώμα και η βιταμίνη C

Δεν υπάρχουν μεταβλητές που να συσχετίζονται αρνητικά.



Διάγραμμα 69: Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών για τις επικαλύψεις που εφαρμόστηκαν σε κύβους και τσιπς αχλαδιών για όλες τις μετρήσεις που διεξήχθησαν.

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε 4 ομάδες δειγμάτων. Η ομάδα Α αποτελείται από δείγματα τα οποία βρίσκονται στη 1<sup>η</sup> και την 6<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης, κύβους και τσιπς αχλαδιών που είναι επικαλυμμένα με μεμβράνες χιτοζάνης και CMC και δεν έχουν υποστεί ιδιαίτερα μεγάλες απώλειες στα οργανοληπτικά και θρεπτικά συστατικά τους. Η ομάδα Β αποτελείται από δείγματα αχλαδιών τεμαχισμένα σε κύβους και τσιπς, που βρίσκονται στη 11<sup>η</sup> (τελευταία) ημέρα αποθήκευσης επικαλυμμένα με μεμβράνες ΗΡΜC και CMC. Στην ομάδα Γ ανήκουν μόνο κύβους τεμαχισμένων αχλαδιών οι οποίοι βρίσκονται στην 6<sup>η</sup> και 11<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης τους και είναι επικαλυμμένοι με μεμβράνες χιτοζάνης με προσθήκη ελαίου μάραθου, ΗΡΜC και CMC. Τέλος στην ομάδα Δ ανήκουν δείγματα που βρίσκονται κύβους στην 1<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης, δεν έχουν υποστεί απώλειες στα οργανοληπτικά και ποιοτικά τους χαρακτηριστικά και είναι επικαλυμμένα με μεμβράνες πηκτίνης με και χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακού ελαίου μάραθου και λεμονιού και ΗΡΜC.

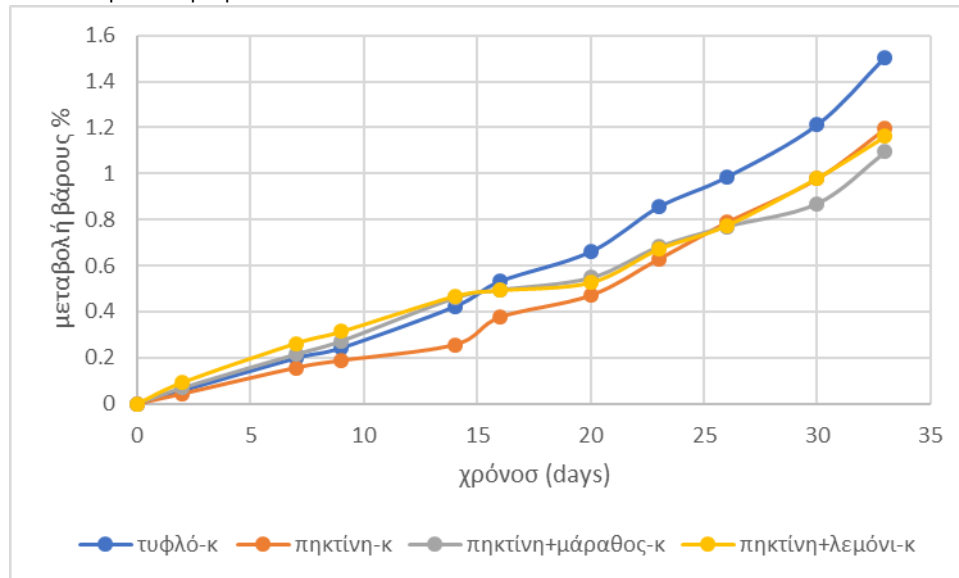
Με βάση τα παραπάνω μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- Τα δείγματα στην ομάδα Α παρουσίασαν υψηλότερες τιμές υγρασίας και υφής σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα.
- Τα δείγματα στην ομάδα Β έχουν υποστεί μεγάλες απώλειες όσο αφορά τα φαινολικά συστατικά τους, καθώς και έχουν χάσει το χρώμα τους επειδή είχαν μαυρίσει.
- Τα δείγματα στην ομάδα Γ παρουσιάζουν χαμηλές τιμές στην υφή με βάση τη κοπή και την υγρασία τους κατά την 2<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσής τους. Ιδιαίτερα τα δείγματα που είναι επικαλυμμένα με ΗΡΜC και CMC μεμβράνες παρουσίασαν εξαιρετικά χαμηλές τιμές υφής κατά την τελευταία ημέρα της αποθήκευσής τους.
- Τα δείγματα στην ομάδα Δ παρουσιάζουν υψηλές τιμές κυρίως όσο αφορά το ποσό των φαινολικών τους συστατικών σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα και επιπλέον υψηλές τιμές όσο αφορά το pH και την οξύτητά τους.

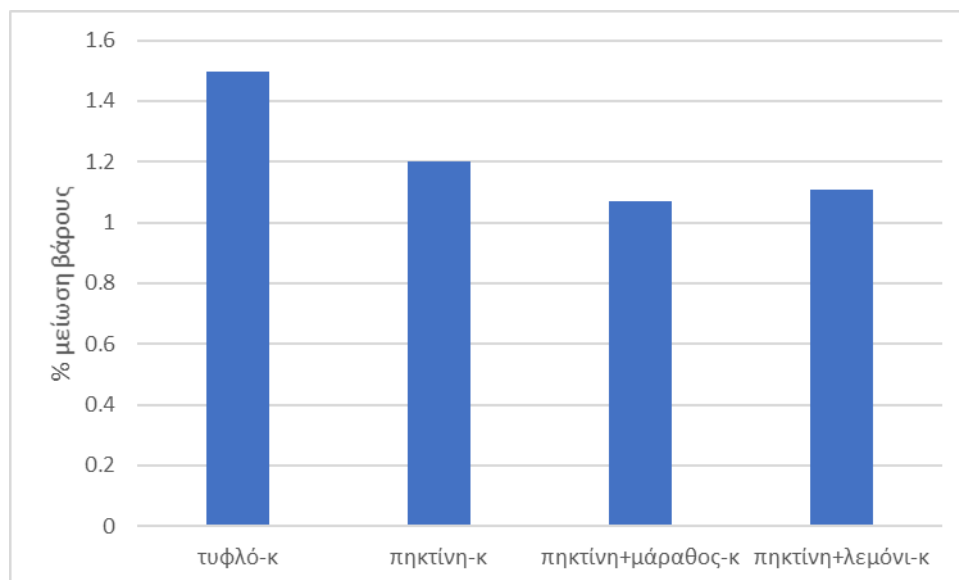
## 7.2 Φρεσκοτεμαχισμένα κυδώνια

### 7.2.1 Μεταβολή Βάρους

#### 7.2.1.1 5<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων

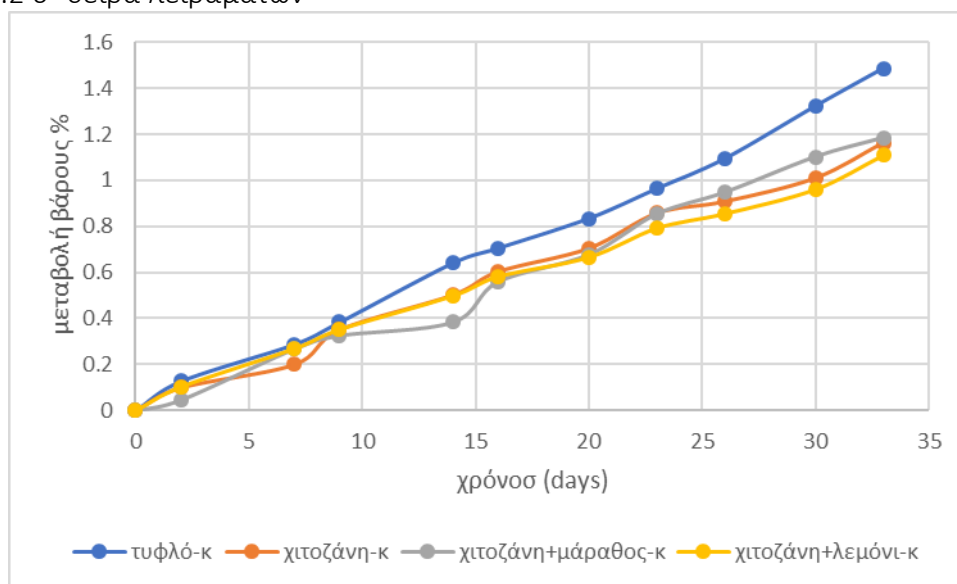


Διάγραμμα 70: Ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

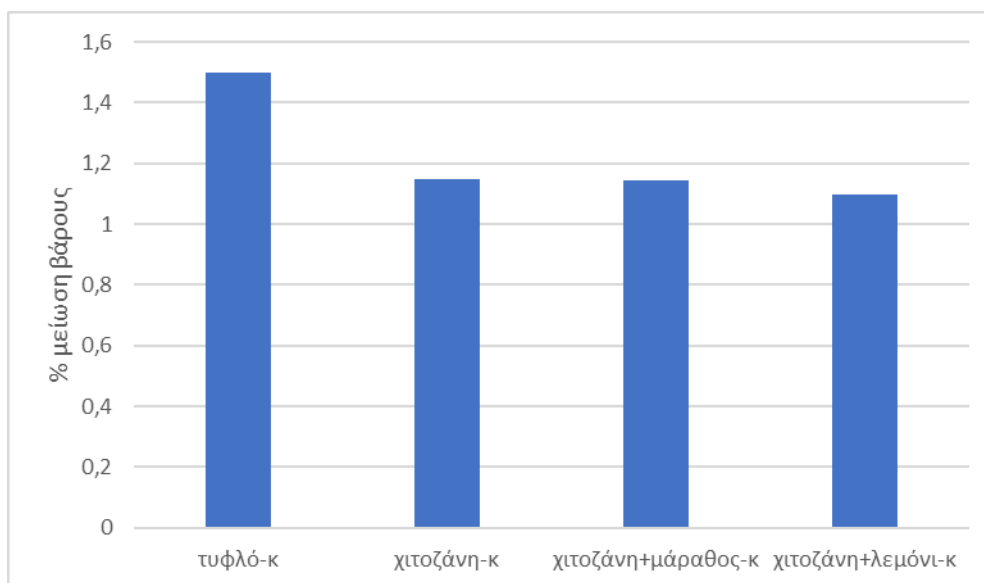


Διάγραμμα 71: Συνολική ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

### 7.2.1.2 6<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 72: Ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.



Διάγραμμα 73: Συνολική ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης πηκτικής με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

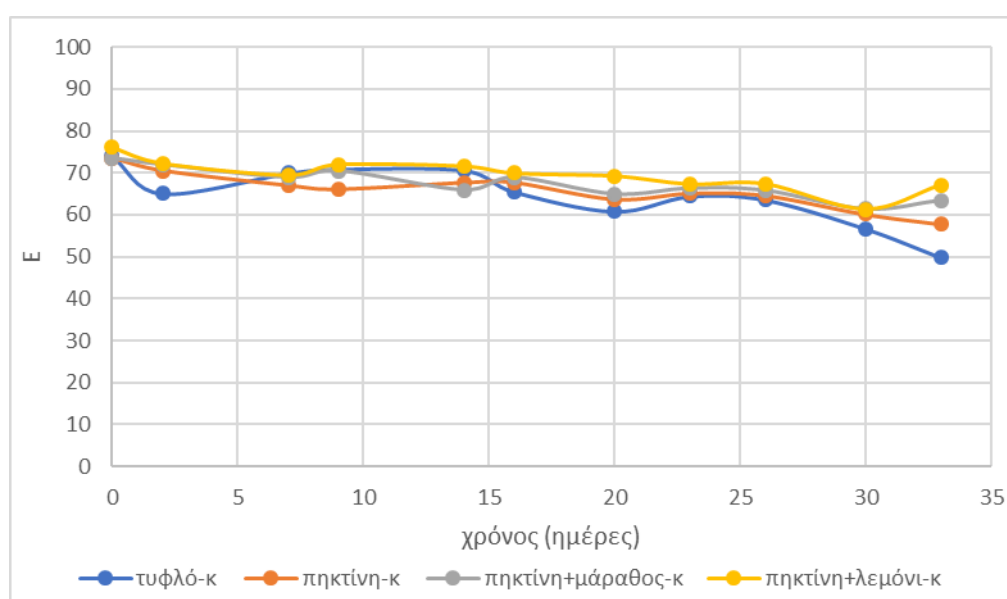
Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως η μεταβολή του βάρους των επικαλυμμένων δειγμάτων είναι μικρότερη από των μη επικαλυμμένων. Επομένως η επικάλυψη επιδρά στη μεταβολή του βάρους συμβάλλοντας στη μείωσή της. Επιπλέον με την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών ουσιών στις εδώδιμες

επικαλύψεις δεν παρατηρείται κάποια μεταβολή της απώλειας βάρους, επομένως οι αντιμικροβιακές ουσίες δεν προσέφεραν κάτι παραπάνω από τις μεμβράνες αυτούσιες στην απώλεια βάρους.

Η στατιστική ανάλυση επιβεβαίωσε τα παραπάνω καθώς έδειξε μόνο η επικάλυψη επιδρά σημαντικά στατιστικά ( $P < 0.005$ ) στη μείωση του βάρους. Οι μεγαλύτερες στατιστικές διαφορές εντοπίζονται μεταξύ του μη επικαλυμμένου δείγματος σε σχέση με τα δείγματα με επικάλυψη.

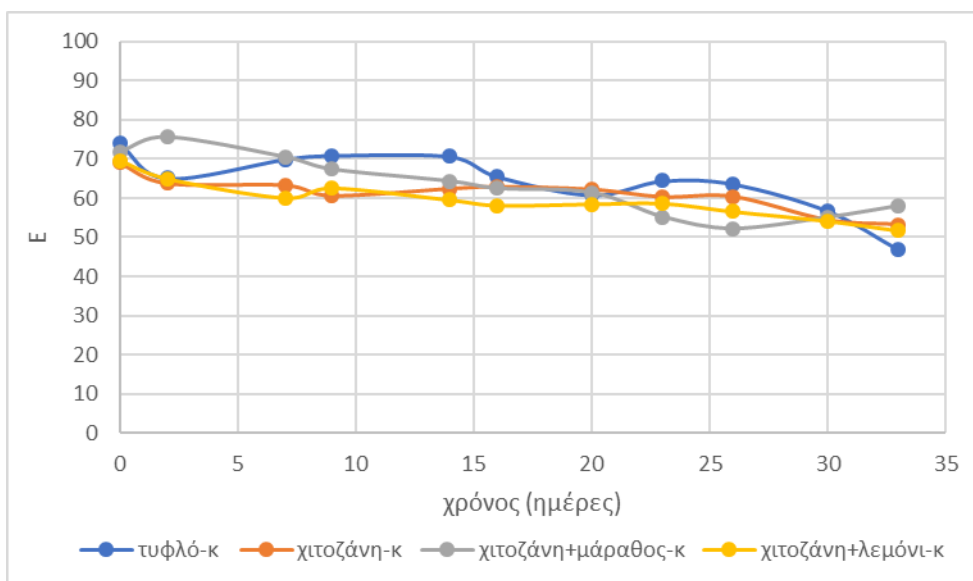
## 7.2.2 Μεταβολή χρώματος

### 7.2.2.1 5<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 74: Μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

### 7.2.2.2 6<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



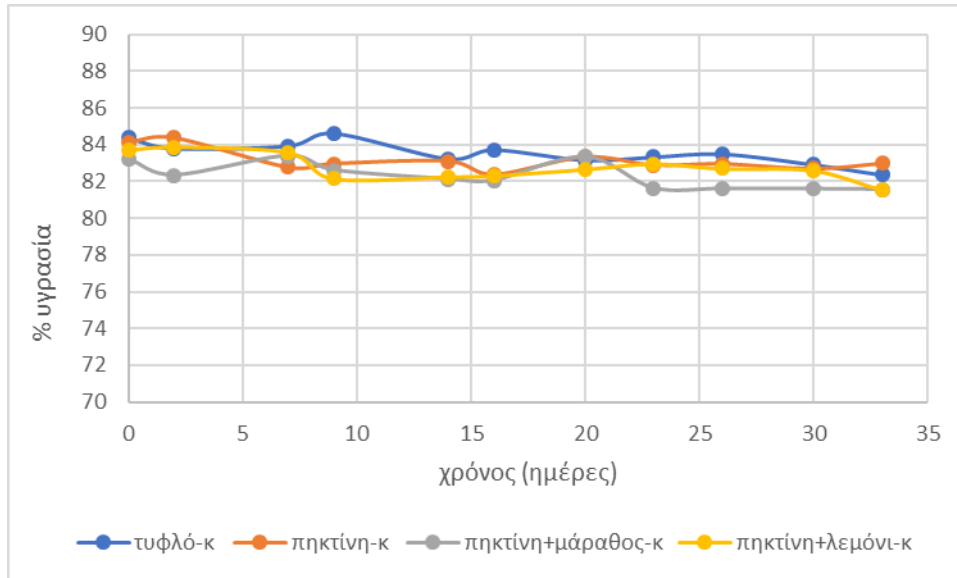
Διάγραμμα 75: Μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως οι μεμβράνες της πηκτίνης με και χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακής ουσίας είχαν μικρότερη μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος σε σχέση με τις αντίστοιχες της χιτοζάνης. Οι επικαλύψεις χιτοζάνης δώσανε αποτελέσματα μεταβολής του αντικειμενικού χρώματος πολύ κοντά στη τιμές που είχε το μη επικαλυμμένο δείγμα. Να σημειωθεί πως τις τελευταίες 5 ημέρες της αποθήκευσής τους τα τυφλά δείγματα τεμαχισμένων κυδωνιών είχαν εμφανίσει μαύρα στίγματα σε διάφορα σημεία στην επιφάνεια τους, γεγονός που οργανοληπτικά τα κάνει μη αποδεκτά.

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε πως η μεμβράνη και ο χρόνος είναι οι μόνοι παράγοντες που επιδρούν σημαντικά στατιστικά στην μεταβολή του χρώματος των κυδωνιών. Ιδιαίτερα μεγάλη ήταν η στατιστική διαφορά των δειγμάτων επικαλυμμένων με χιτοζάνη σε σχέση με τα αντίστοιχα της πηκτίνης και τα μη επικαλυμμένα. Όσο αφορά τον χρόνο αποθήκευσης, οι μεγαλύτερες μεταβολές στο αντικειμενικό χρώμα παρατηρούνται τις πρώτες 3 ημέρες αποθήκευσης και τις τελευταίες 8, ενώ στο μεσοδιάστημα δεν υπάρχουν σημαντικές μεταβολές.

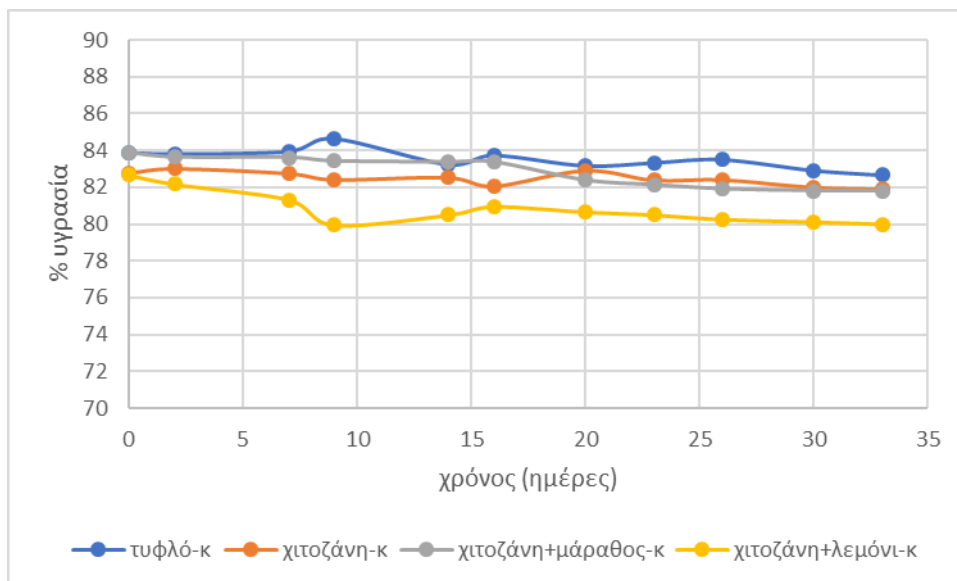
### 7.2.3 Μεταβολή της υγρασίας

#### 7.2.3.1 5<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 76: Μεταβολή της υγρασίας % των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.2.3.2 6<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 77: Μεταβολή της υγρασίας % των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.



Διάγραμμα 78: Ποσοστιαία συνολική μεταβολή της υγρασίας φρεσκοτεμαχισμένων κυδωνιών με επικάλυψη χιτοζάνης και πηκτίνης σε συνδυασμό ή μη με τα φυσικά αντιμικροβιακά αιθέριο έλαιο λεμονιού και αιθέριο έλαιο μάραθου κατά τη διάρκειά τους σε αποθήκευση σε ψύξη.

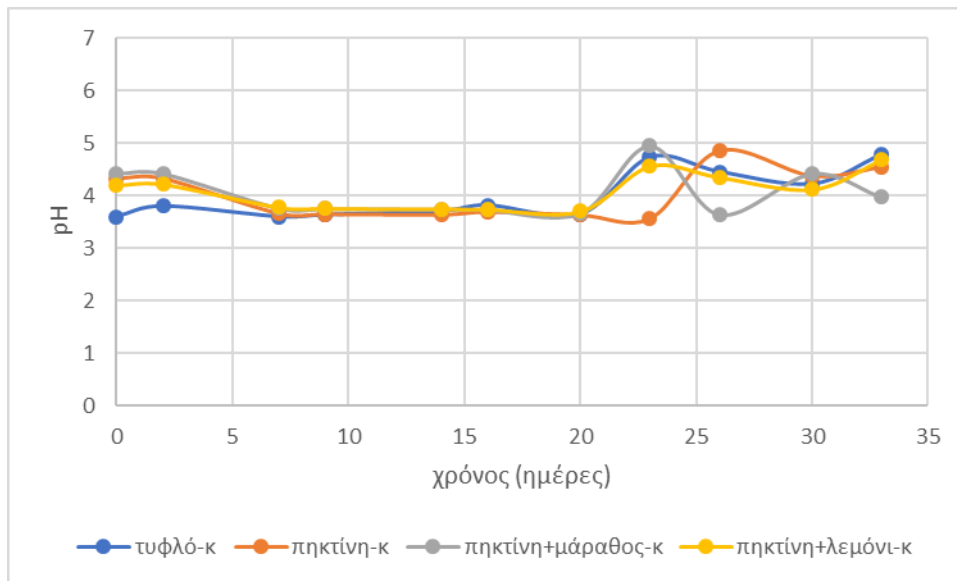
Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως η μεταβολή της υγρασίας είναι ελάχιστη, μικρότερη του 3% για 33 ημέρες αποθήκευσης, για όλα τα δείγματα φρεσκοτεμαχισμένων κυδωνιών. Ωστόσο οι μικρότερες μεταβολές εντοπίζονται στα δείγματα με επικάλυψη πηκτίνης (>1,5%). Επιπλέον όλες οι επικαλύψεις με ενσωμάτωση αντιμικροβιακής ουσίας και μη διατηρήσανε την υγρασία στο 82% του συνολικού βάρους του τεμαχισμένου κυδωνιού στο τέλος της αποθήκευσης. Μοναδική εξαίρεση αποτέλεσε η επικάλυψη χιτοζάνης με ενσωμάτωση αιθέριο έλαιο λεμονιού που παρατηρείται πως απέκλινε των υπολοίπων φθάνοντας τα επίπεδα υγρασίας στο 80% .

Η στατιστική ανάλυση για το ποσοστό της υγρασίας δεν μπορεί να δώσει έγκυρα αποτελέσματα όσο αφορά τη μεταβολή της και τους παράγοντες που την επηρεάζουν καθώς οι μεταβολές είναι πολύ μικρές κατά την αποθήκευση.

## 7.2.4 Μεταβολή pH

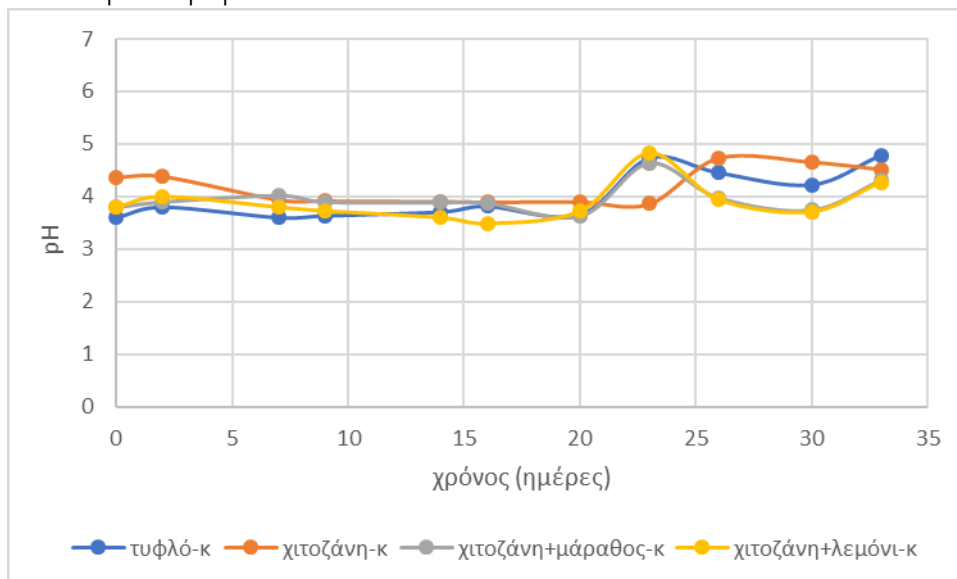
### 7.2.4.1 5<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων





Διάγραμμα 79: Μεταβολή του pH των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

#### 7.2.4.2 6<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 80: Μεταβολή του pH των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

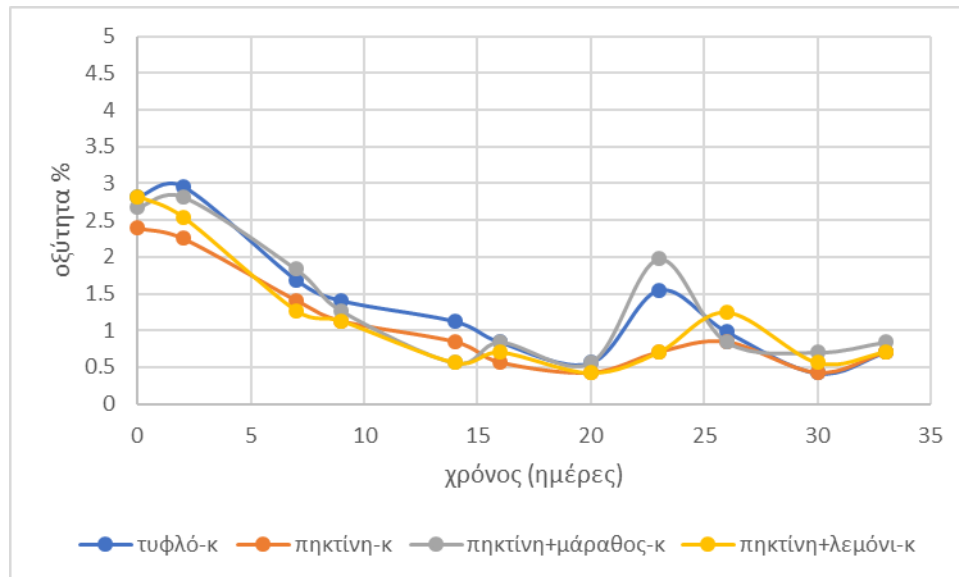
Για τις μεταβολές του pH παρατηρείται πως την αρχή της αποθήκευσης έως και τη ημέρα 20 το pH διατηρείται σταθερό κοντά στη τιμή 4 για όλα τα δείγματα φρεσκοτεμαχισμένων κυδωνιών, επικαλυμμένα και μη. Έπειτα από την 20<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης παρατηρείται μια αύξηση του pH μισής μονάδας περίπου.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως μόνο ο παράγοντας χρόνος επηρεάζει σημαντικά στατιστικά ( $P < 0.005$ ) τη μεταβολή του pH, επιβεβαιώνοντας τα παραπάνω.

Οι ημέρες που είχαν τις μεγαλύτερες στατιστικές διαφορές στην ανάλυση αυτή ήταν οι μέρες  $t=20$  days και  $t=33$ days καθώς εκεί βρίσκονται οι μεγαλύτερες μεταβολές του pH.

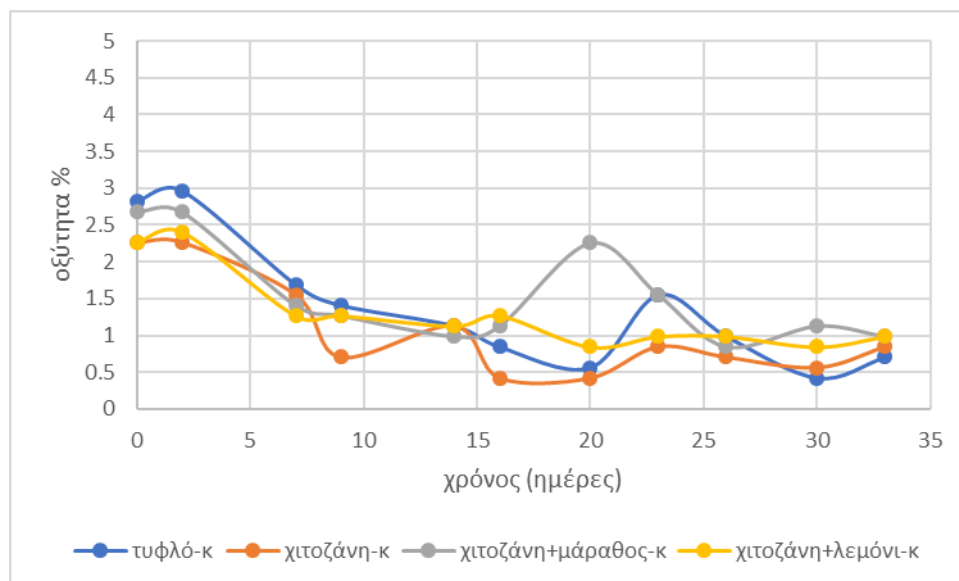
## 7.2.5 Μεταβολή της οξύτητας

### 7.2.5.1 5<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 81: Μεταβολή της οξύτητας των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

### 7.2.5.2 6<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



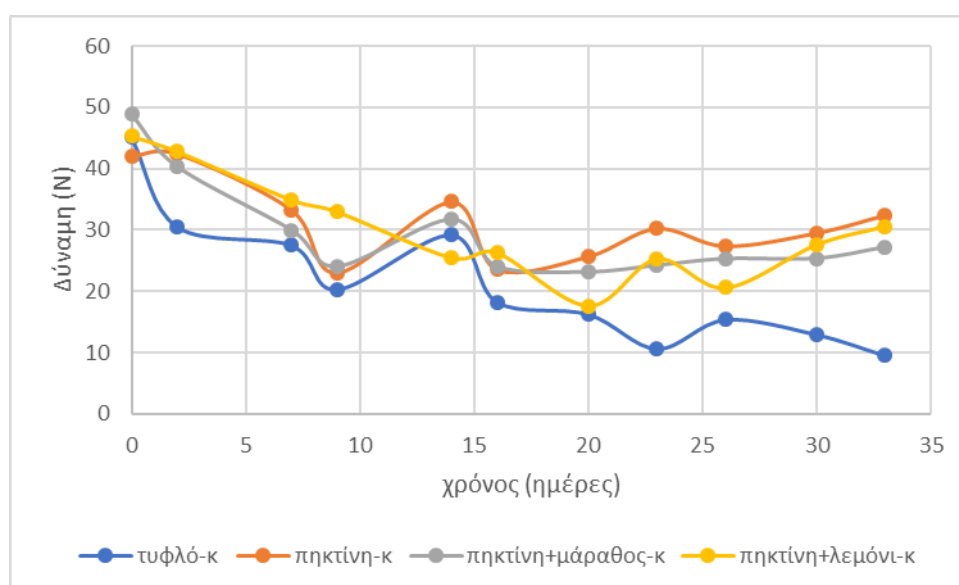
Διάγραμμα 82: Μεταβολή της οξύτητας των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως η οξύτητα τις πρώτες 15 ημέρες τις αποθήκευσης μειώνεται δραματικά, έως 2 φορές της αρχικής τιμής της. Αυτή η μεταβολή δεν επηρεάζεται από το είδος ή την ύπαρξη επικάλυψης καθώς σε όλα τα δείγματα φρεσκοτεμαχισμένων κυδωνιών η μείωση είναι παρόμοια.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως η μεταβολή της οξύτητας κατά την διάρκεια της αποθήκευσης εξαρτάται μόνο από τον χρόνο αποθήκευσης επιβεβαιώνοντας όσα ειπώθηκαν προηγουμένως.

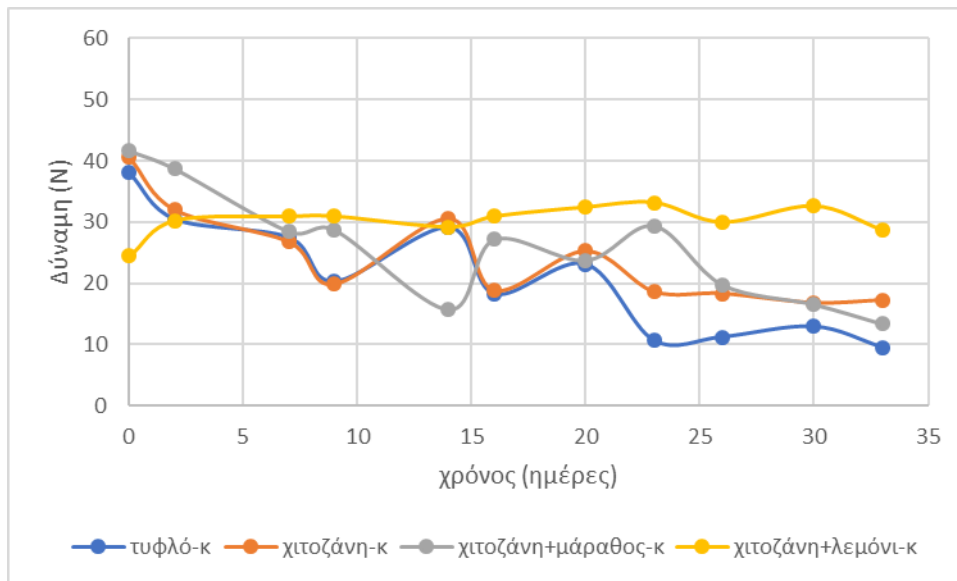
## 7.2.6 Μεταβολή της υφής

### 7.2.6.1 5<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 83: Μεταβολή της υφής βάση της κοπής των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

### 7.2.6.2 6<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 84: Μεταβολή της υφής βάση της κοπής των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

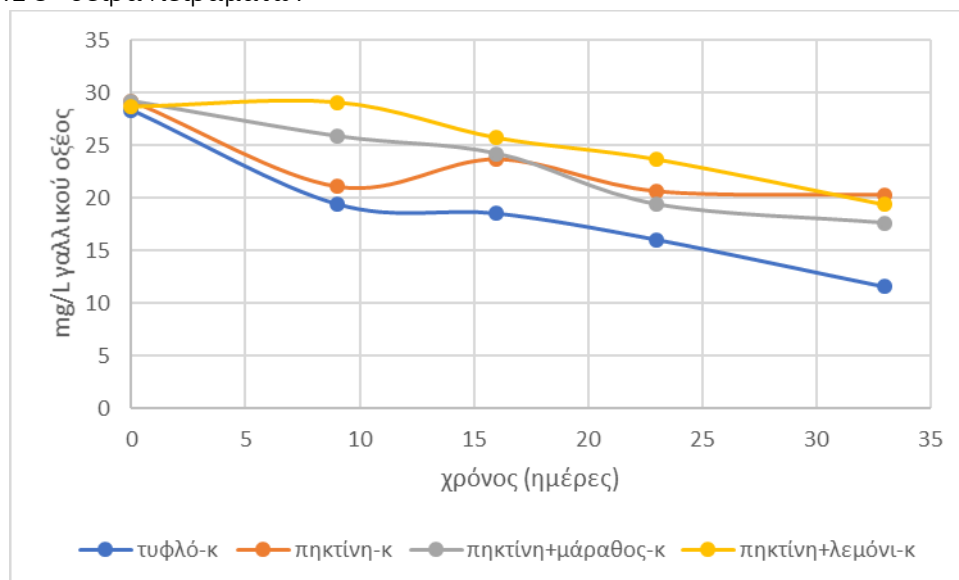
Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται πως τα επικαλυμμένα δείγματα εμφανίζουν μικρότερη μεταβολή της υφής τους σε σχέση με τα μη επικαλυμμένα. Ειδικότερα οι μεμβράνες της πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακής ουσίας διατήρησαν την υφή καλύτερα από τις αντίστοιχες τις χιτοζάνης διότι στο τέλος της 33<sup>ης</sup> ημέρας σε όλα τα επικαλυμμένα δείγματα πηκτίνης χρειάστηκαν δυνάμεις άνω των 20 N για να τεμαχιστούν από τον αναλυτή υφής, ενώ τα αντίστοιχα της χιτοζάνης χρειάστηκαν τιμές κάτω των 20N. Εξάιρεση αποτελεί το δείγμα χιτοζάνης είχε ενσωματωμένο αιθέριο έλαιο λεμονιού και φαίνεται να διατηρεί ακέραια την υφή του καθ' όλη της αποθήκευση. Τέλος ο χρόνος φαίνεται πως επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την μεταβολή της υφής καθώς όλα τα δείγματα φρεσκοτεμαχισμένων κυδωνιών χάνουν παραπάνω από το 50% της σκληρότητας τους κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Αξίζει να σημειωθεί πως τις τελευταίες 10 ημέρες αποθήκευσης τα τυφλά δείγματα τεμαχισμένων κυδωνιών δεν είχαν καθόλου ελαστικότητα, καθώς με την παραμικρή άσκηση πίεσης αυτά διαλύονταν. Αυτό φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα καθώς από την 23η ημέρα έως και το τέλος της αποθήκευσης αυτά εμφανίζουν ιδιαίτερα χαμηλές τιμές σκληρότητας γύρω στα 10N περίπου. Αντιθέτως τα επικαλυμμένα δείγματα εμφάνισαν μεγάλη ελαστικότητα τις 10 τελευταίες ημέρες της αποθήκευσής τους. Αυτό φάνηκε και στον αναλυτή υφής διότι το κοπίδι δεν κατάφερε να κόψει στα δείγματα τεμαχισμένων κυδωνιών σε βάθος 4mm αλλά απλώς τα πίεζε.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως μόνο ο παράγοντας χρόνος αποθήκευσης επιδρά σημαντικά στατιστικά ( $P < 0.005$ ) στη μεταβολή της υφής με τις μεγαλύτερες στατιστικές διαφορές να βρίσκονται τις πρώτες ημέρες της αποθήκευσης. Η στατιστική ανάλυση δεν επιβεβαίωσε όμως πως και επικάλυψη δύναται να επηρεάσει τη μεταβολή της υφής. Αυτό ίσως συμβαίνει διότι ο χρόνος επηρεάζει σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό τη μεταβολή της υφής, ενώ οι επικαλύψεις απλά μπορούν να περιορίσουν τις απώλειες της υφής κατά την αποθήκευση.

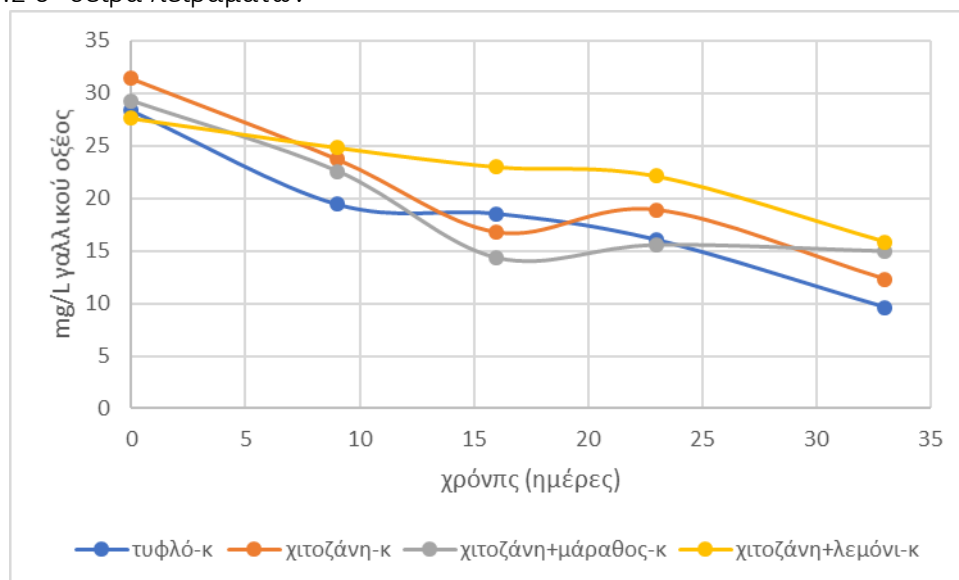
## 7.2.7 Φαινολικά συστατικά

### 7.2.7.1 5<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 85: Μεταβολή των φαινολικών συστατικών των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

### 7.2.7.2 6<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



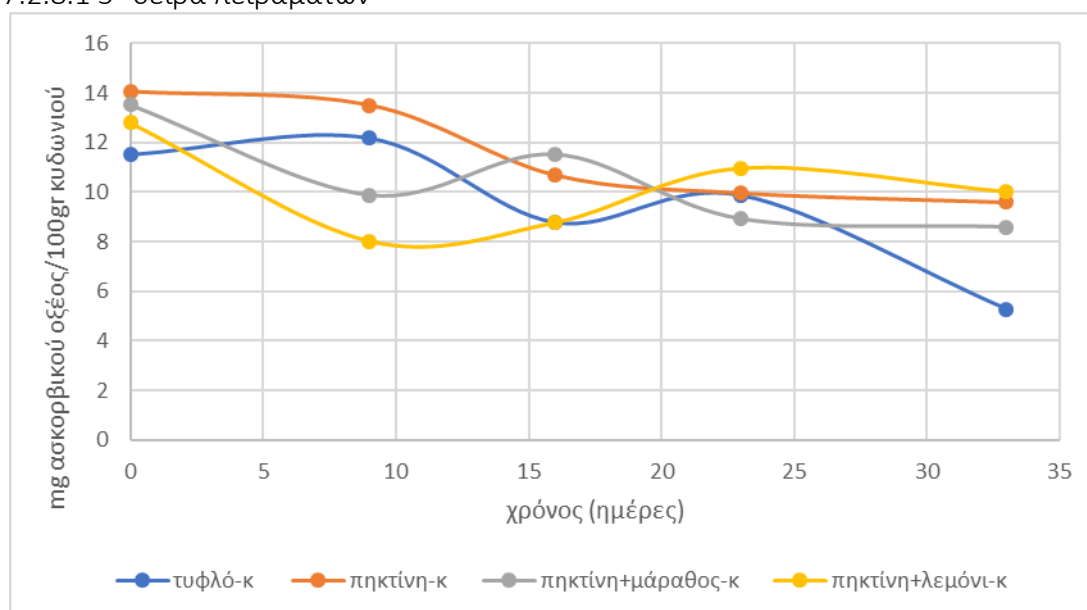
Διάγραμμα 86: Μεταβολή των φαινολικών συστατικών των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Στα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζεται η μεταβολή των φαινολικών συστατικών των φρεσκοτεμαχισμένων κυδωνιών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Παρατηρείται πως στα δείγματα χωρίς επικάλυψη υπάρχουν μεγαλύτερες απώλειες των φαινολικών συστατικών, ενώ στα επικαλυμμένα δείγματα τα φαινολικά διατηρούνται σε υψηλότερα επίπεδα. Οι επικαλύψεις της πηκτίνης διατηρούν τα φαινολικά συστατικά κοντά στη τιμή 20mg γαλλικού οξέος /L, ενώ οι επικαλύψεις της χιτοζάνης στα 15mgγαλλικού οξέος/L. Επομένως η πηκτίνη περιορίσε τις απώλειες των φαινολικών συστατικών σε μεγαλύτερο βαθμό από τη χιτοζάνη. Η προσθήκη αντιμικροβιακής ουσίας στις επικαλύψεις χιτοζάνης και πηκτίνης δεν επηρεάζει περαιτέρω την μεταβολή των φαινολικών συστατικών.

Η στατιστική ανάλυση επιβεβαιώνει τα παραπάνω δείχνοντας πως και οι τρεις παράγοντες, αυτοί του χρόνου αποθήκευσης, της επικάλυψης και της ενσωμάτωσης αντιμικροβιακής ουσίας επιδρούν σημαντικά στατιστικά στη μεταβολή των φαινολικών συστατικών κατά την αποθήκευση ( $P < 0.005$ ). Η ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών έχει τη μικρότερη στατιστική επίδραση (μόλις  $P = 0,034143$ ) διότι τα επικαλυμμένα δείγματα της ίδιας επικάλυψης δεν παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις στις συγκεντρώσεις των φαινολικών συστατικών κατά την αποθήκευση όπως ειπώθηκε και στη προηγούμενη παράγραφο. Την σημαντικότερη επίδραση στην μεταβολή της συγκέντρωσης των φαινολικών την είχε ο χρόνος αποθήκευσης ( $P = 0,000000$ ) και το είδος της επικάλυψης ( $P = 000969$ ).

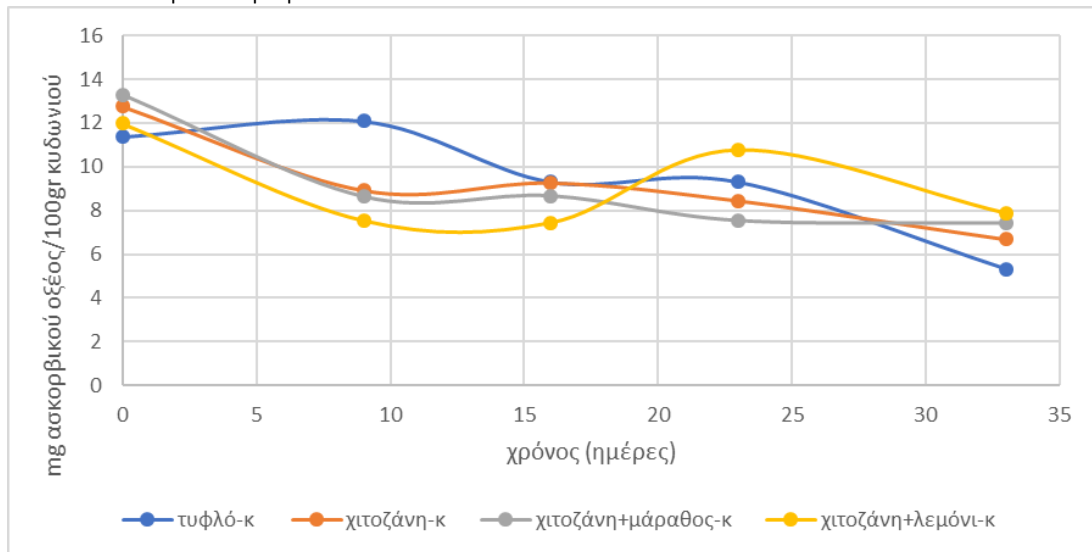
## 7.2.8 Βιταμίνη C

### 7.2.8.1 5<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 87: Μεταβολή της βιταμίνης C των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

### 7.2.8.2 6<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων



Διάγραμμα 88: Μεταβολή της βιταμίνης C των δειγμάτων τεμαχισμένων κυδωνιών σε σχήμα κύβου επικαλυμμένων με μεμβράνες χιτοζάνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους σε ψύξη.

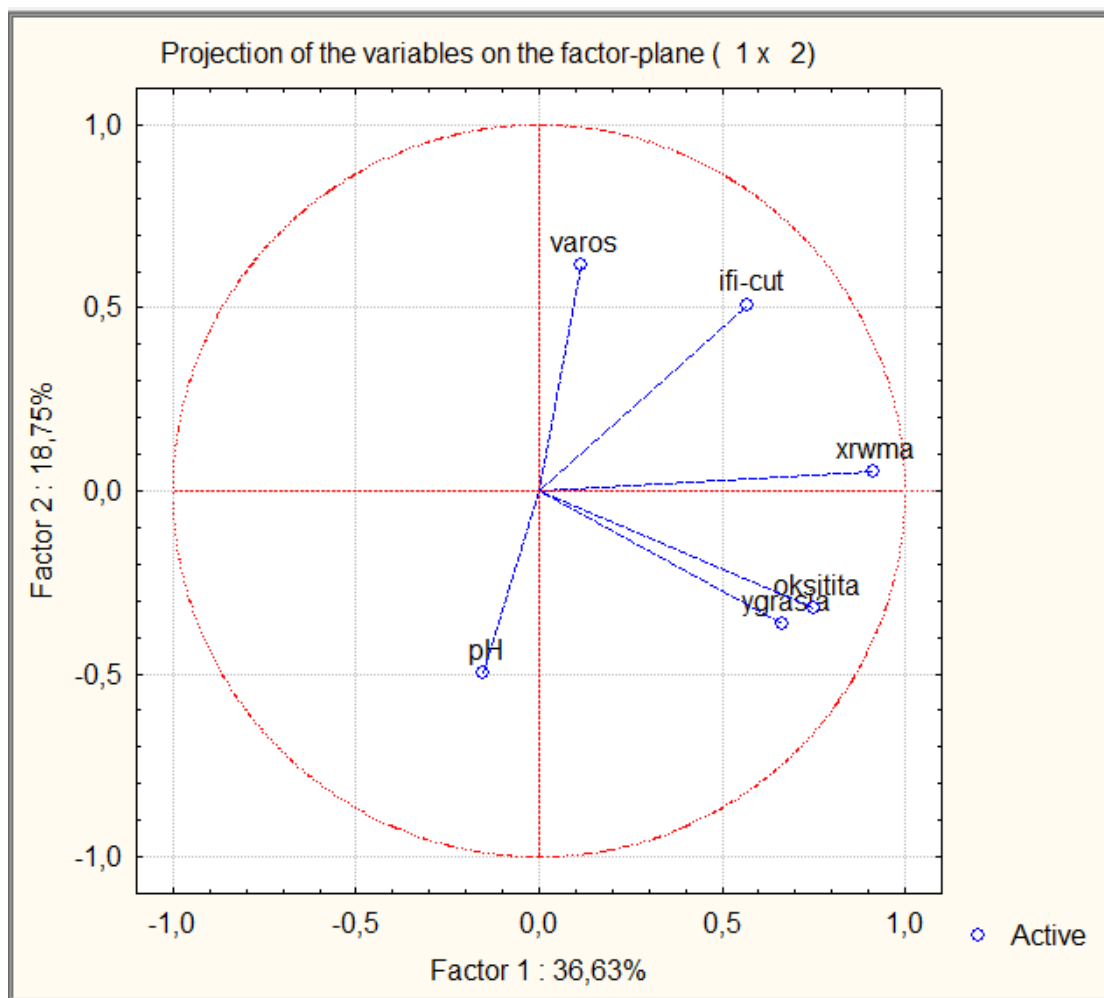
Στα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζεται η μεταβολή της βιταμίνης C των φρεσκοτεμαχισμένων κυδωνιών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Παρατηρείται πως τα μη επικαλυμμένα δείγματα κυδωνιών μεγαλύτερο μέρος της βιταμίνης τους ως το τέλος της αποθήκευσης ενώ τα επικαλυμμένα δείγματα έχουν μικρότερες απώλειες. Οι επικαλύψεις της πηκτίνης διατηρούν σε μεγαλύτερα επίπεδα τη συγκέντρωση της βιταμίνης C καθώς στο τέλος της αποθήκευσης εμφανίζουν τιμές κοντά στα 10mg ασκορβικού οξέος/100gr κυδωνιού, ενώ η χιτοζάνη αντίστοιχα 8mg ασκορβικού οξέος/100gr κυδωνιού. Η ενσωμάτωση αντιμικροβιακών στις επικαλύψεις έδωσε αποτελέσματα παρόμοια με αυτά των επικαλύψεων αυτούσιων.

Προχωρώντας στη στατιστική ανάλυση, αυτή επιβεβαίωσε πως οι παράγοντες που επιδρούν σημαντικά στατιστικά στη μεταβολή της βιταμίνης C κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης υπό ψύξη των φρεσκοτεμαχισμένων κυδωνιών είναι ο παράγοντας του χρόνου αποθήκευσης ( $P=0,00011$ ) και το είδος της επικάλυψης ( $P=0,10068$ ). Ο χρόνος αποθήκευσης έχει τη μεγαλύτερη στατιστική επίδραση στη διατήρηση της βιταμίνης C καθώς σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης αυτή παρουσιάζει απώλειες. Τέλος η πηκτίνη είναι η επικάλυψη που παρουσιάζει σημαντικές στατιστικές διαφορές καθώς είναι η μεμβράνη που διατηρεί σε υψηλότερα επίπεδα τη συγκέντρωση της βιταμίνης, σε αντίθεση με την χιτοζάνη που παρουσιάζει χαμηλότερες συγκεντρώσεις σε τιμές κοντά σε αυτές των τυφλών δειγμάτων κυδωνιών.

### 7.2.9 Ανάλυση κυρίων συνιστωσών PCA

#### 7.2.9.1 Ανάλυση κυρίων συνιστωσών

Αρχικά πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών για τις μετρήσεις που πραγματοποιούνταν σε συχνή βάση, κάθε 2 ημέρες. Τα κυδώνια επικαλύφθηκαν με μεμβράνες πηκτίνης και χιτοζάνης με ενσωμάτωση ή χωρίς αιθέριο ελαίου μάραθου ή αιθέριο ελαίου λεμονιού.



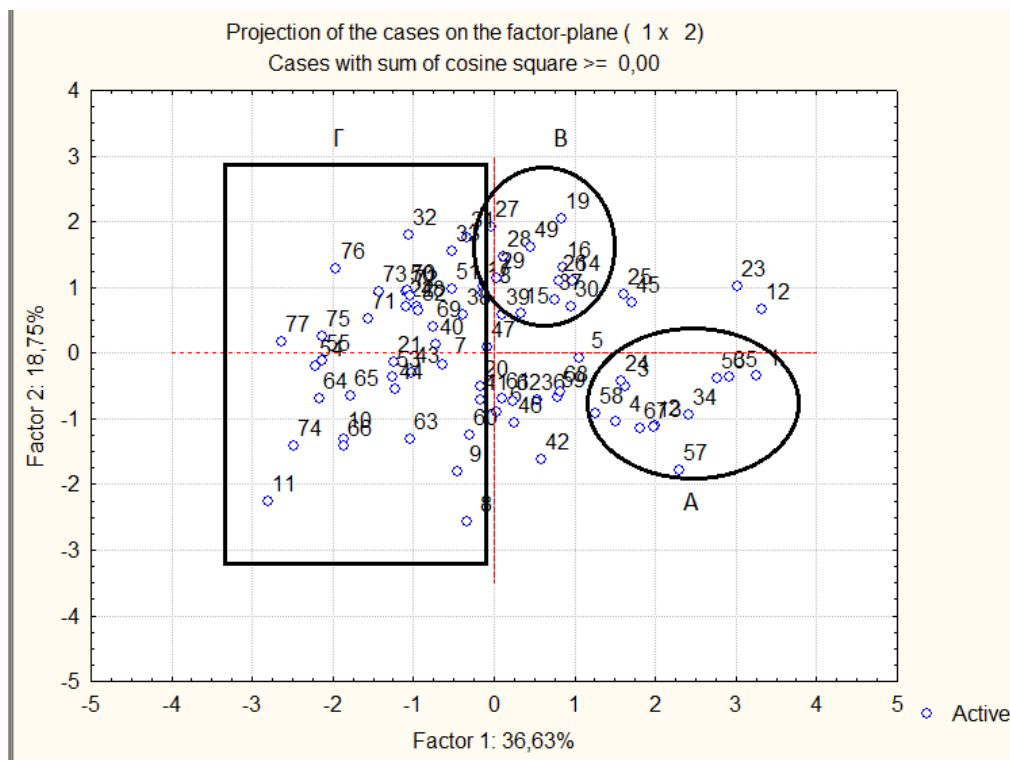
Διάγραμμα 89: Διάγραμμα συσχετίσεων των εξεταζόμενων μεταβλητών της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη φρεσκοτεμαχισμένων κυδωνιών με επικαλύψεις χιτοζάνης και πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε πως τα πειράματα κυδωνιών με τις επικαλύψεις χιτοζάνης και πηκτίνης σε συνδυασμό με τα φυσικά αντιμικροβιακά έδωσαν δύο κύριες συνιστώσες από τις οποίες η πρώτη εμφανίζει συνεισφορά 33,49% και η δεύτερη 16,27%. Το άθροισμα των κύριων συνιστωσών είναι 55,38%. Με τη 1<sup>η</sup> κύρια συνιστώσα σχετίζεται η κυρίως μεταβολή του χρώματος, ενώ με τη 2<sup>η</sup> κύρια συνιστώσα η απώλεια του βάρους και η μεταβολή του pH.



Θετική συσχέτιση μεταξύ τους έχουν η μεταβλητές της υγρασίας και της οξύτητας.

Αρνητική συσχέτιση μεταξύ τους έχουν οι μεταβλητές της απώλειας βάρους και της μεταβολής του pH.



Διάγραμμα 90: Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών για τις επικαλύψεις που εφαρμόστηκαν σε φροσκοτεμαχισμένα κυδώνια με επικαλύψεις χιτοζάνης και πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών

Από το παραπάνω διάγραμμα διακρίνουμε 4 ομάδες δειγμάτων. Η Α ομάδα αποτελείται από δείγματα τεμαχισμένων κυδωνιών, επικαλυμμένα και μη τα οποία βρίσκονται στην 1<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης. Στη Β ομάδα ανήκουν δείγματα τεμαχισμένων κυδωνιών τα οποία είναι επικαλυμμένα με επικάλυψη πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αιθέριου ελαίου μάραθου και βρίσκονται στο ενδιάμεσο της αποθήκευσής τους, δηλαδή μεταξύ 7<sup>ης</sup> και 23<sup>ης</sup> ημέρας. Στη 3<sup>η</sup> ομάδα ανήκουν όλα τα δείγματα που βρίσκονται αριστερά του κάθετου άξονα και τα οποία είναι επικαλυμμένα και μη και βρίσκονται στο τέλος της αποθήκευσης.

Με βάση τα παραπάνω μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

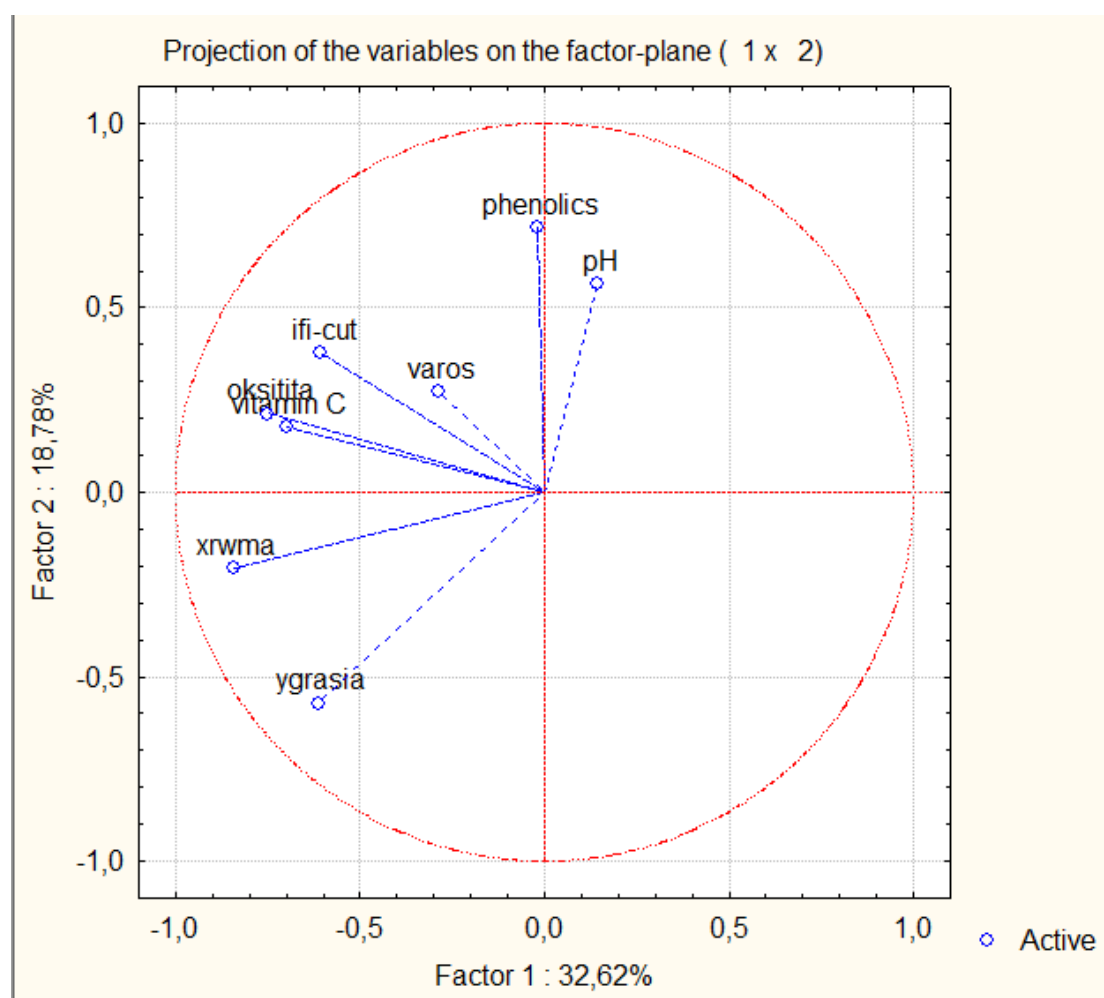
- Αφού η ομάδα Α περιέχει δείγματα α οποία βρίσκονται στην 1<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσής τους και επομένως δεν έχουν υποστεί ιδιαίτερες μεταβολές στα

οργανοληπτικά και ποιοτικά τους χαρακτηριστικά. Τα δείγματα αυτά παρουσίασαν ιδιαίτερα υψηλές τιμές όσο αφορά την σκληρότητά τους.

- Τα δείγματα στην ομάδα Β παρουσίασαν τις μικρότερες μεταβολές στο βάρος τους κατά το διάστημα μεταξύ 7<sup>ης</sup> και 23<sup>ης</sup> ημέρας.

- Στη τελευταία ομάδα, τη Γ, τα δείγματα έχουν υποστεί σημαντικές απώλειες στα οργανοληπτικά και ποιοτικά τους χαρακτηριστικά διότι βρίσκονται στο τέλος της αποθήκευσής τους.

#### 7.9.2.2 Ανάλυση κυρίων συνιστωσών και για τα θρεπτικά συστατικά του κυδωνιού



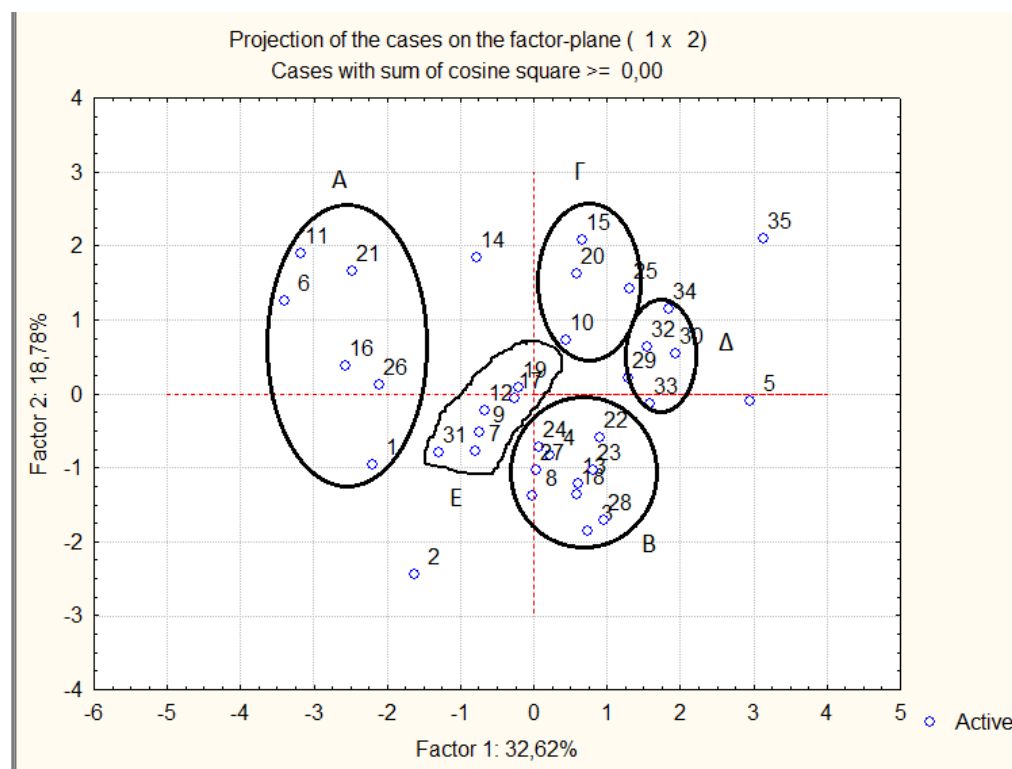
Διάγραμμα 91: Διάγραμμα συσχετίσεων των εξεταζόμενων μεταβλητών (και των θρεπτικών συστατικών) της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη φρεσκοτεμαχισμένων κυδωνιών με επικαλύψεις χιτοζάνης και πηκτίνης με ή χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών κατά τη διάρκεια αποθήκευσής τους σε ψύξη.

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε πως τα πειράματα κυδωνιών με τις επικαλύψεις χιτοζάνης και πηκτίνης σε συνδυασμό με τα φυσικά αντιμικροβιακά

έδωσαν δύο κύριες συνιστώσες από τις οποίες η πρώτη εμφανίζει συνεισφορά 32,62% και η δεύτερη 18,78%. Το άθροισμα των κύριων συνιστωσών είναι 51,4%. Με τη 1<sup>η</sup> κύρια συνιστώσα σχετίζεται η μεταβολή χρώματος, της οξύτητας και της βιταμίνης C ενώ με τη 2<sup>η</sup> κύρια συνιστώσα σχετίζεται η μεταβολή του pH και των φαινολικών συστατικών.

Συσχετίσιμες μεταβλητές είναι η μεταβολή της οξύτητας, της υφής βάσης της κοπής και της βιταμίνης C.

Μη συσχετίσιμες μεταβλητές δεν παρατηρούνται στο διάγραμμα.



Διάγραμμα 92: Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κυρίων συνιστωσών για τις επικαλύψεις που εφαρμόστηκαν σε φρσκοτεμαχισμένα κυδώνια με επικαλύψεις χιτοζάνης και πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών για όλες τις μετρήσεις που διεξήχθησαν.

Από το παραπάνω διάγραμμα μπορούμε να ξεχωρίσουμε 5 ομάδες των τεμαχισμένων δειγμάτων κυδωνιών. Η ομάδα A αποτελείται από δείγματα τα οποία έχουν επικαλυφθεί με επικαλύψεις χιτοζάνης και πηκτίνης με και χωρίς ενσωμάτωση των δύο φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών αιθέριο έλαιο μάραθου και λεμονιού, αλλά και το τυφλό διάλυμα (διάλυμα χωρίς επικάλυψη), βρίσκονται στη 1<sup>η</sup> ημέρα της αποθήκευσης και επομένως δεν έχουν υποστεί αλλοιώσεις στα οργανοληπτικά και ποιοτικά τους χαρακτηριστικά. Στην ομάδα B ανήκουν δείγματα τεμαχισμένων κυδωνιών τα οποία είναι επικαλυμμένα και με τις δύο επικαλύψεις με ή χωρίς ενσωμάτωση των δύο αντιμικροβιακών ουσιών. Τα δείγματα αυτά βρίσκονται στο μέσο της αποθήκευσής τους και συγκεκριμένα από την 9<sup>η</sup> ημέρα έως και την 23<sup>η</sup>

ημέρα αποθήκευσης. Η ομάδα Γ αποτελείται από δείγματα τα οποία επικαλυμμένα με επικαλύψεις πηκτικής με και χωρίς ενσωμάτωση των δύο αντιμικροβιακών ουσιών αλλά και δείγματα με επικάλυψη χιτοζάνης και βρίσκονται στη τελευταία ημέρα αποθήκευσής τους. Η ομάδα Δ αποτελείται από δείγματα τα οποία είναι επικαλυμμένα με χιτοζάνη με ενσωμάτωσης σε αυτήν των δύο φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών και βρίσκονται από το μέσο της αποθήκευσης τους έως και το τέλος, δηλαδή από την 14<sup>η</sup> έως και την 33<sup>η</sup> ημέρα. Τέλος στην ομάδα Ε ανήκουν δείγματα κυδωνιών με επικάλυψη πηκτική με και χωρίς ενσωμάτωση των δύο φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών που βρίσκονται στο μέσο της αποθήκευσής τους και συγκεκριμένα από την 7<sup>η</sup> έως και την 23<sup>η</sup> ημέρα.

Με βάση τα παραπάνω μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- Τα δείγματα που ανήκουν στην ομάδα Α διακρίνονται για τις υψηλές τους τιμές που έχουν στις μετρήσεις της βιταμίνης C, της υφής αλλά και της οξύτητας.
- Τα δείγματα της ομάδας Β παρουσιάζουν χαμηλές τιμές οξύτητας.
- Τα δείγματα της ομάδας Γ παρουσίασαν υψηλές τιμές στο pH τους καθώς και λόγω του ότι βρίσκονται στην τελευταία ημέρα αποθήκευσης τους, έχουν υποστεί σημαντικές αλλοιώσεις στα οργανοληπτικά και ποιοτικά τους χαρακτηριστικά.
- Στην ομάδα Δ τα δείγματα που βρίσκονται στην τελευταία ημέρα αποθήκευσης (33<sup>η</sup>) φαίνεται να διατηρούν σε καλύτερο βαθμό τα ποιοτικά και οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά σε αντίθεση με τα δείγματα της ομάδας Β, ενώ τα υπόλοιπα δείγματα που βρίσκονται στο μέσο της αποθήκευσής τους παρουσιάζουν μεγαλύτερες απώλειες στα χαρακτηριστικά τους από ότι τα αντίστοιχα της ομάδας Ε.

## 8. Συμπεράσματα προτάσεις

Από τη μελέτη της διατήρησης φρεσκοτεμαχισμένων φρούτων αχλαδιών σε 2 σχήματα (κύβους και τσιπς) και κυδωνιών (μόνο σε κύβους) κατά την αποθήκευση σε ψύξη με την επικάλυψη σε αυτά εδώδιμων μεμβρανών, με ή χωρίς την ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Η ποσοστιαία απώλεια βάρους των αχλαδιών κατά την διάρκεια της αποθήκευσης φαίνεται πως επηρεάζεται από το σχήμα που τεμαχίστηκε το φρούτο. Τα τσιπς αχλαδιών είχαν μεγαλύτερη ποσοστιαία μείωση του βάρους τους είτε με χρήση επικάλυψης είτε χωρίς. Σημαντικό ρόλο διαδραμάτισαν και οι επικαλύψεις, διότι με τη χρήση τους στα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια βρέθηκε πως ελαττώνονταν η απώλεια τους βάρους τους σε σχέση με τα αντίστοιχα μη επικαλυμμένα, με τις επικαλύψεις του αλγινικού νάτριου και της χιτοζάνης να δίνουν τα καλύτερα αποτελέσματα διατήρησης του βάρους τους. Επιπλέον η ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών στις εδώδιμες επικαλύψεις δεν φαίνεται να επηρέασε εκ νέου την απώλεια βάρους. Στα κυδώνια αντίστοιχα τα δείγματα με επικάλυψη εμφανίσανε μικρότερες απώλειες στο βάρος τους σε σχέση με τα μη επικαλυμμένα. Οι φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες που ενσωματώθηκαν στις επικαλύψεις των τεμαχισμένων κυδωνιών δεν επηρέασαν την μεταβολή του βάρους καθώς έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα με αυτά των επικαλύψεων αυτούσιων.

Για τη διατήρηση του αντικειμενικού χρώματος στα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια, φαίνεται πως το σχήμα επηρέασε τη μεταβολή του χρώματος, καθώς τα τσιπς έχασαν σε μεγαλύτερο βαθμό το χρώμα τους σε αντίθεση με τους κύβους κατά την αποθήκευση. Επίσης επηρέασε το είδος της επικάλυψης και με την ενσωμάτωση σε αυτήν φυσικών αντιμικροβιακών. Τα καλύτερα αποτελέσματα διατήρησης του χρώματος τους το έδωσαν οι μεμβράνες πηκτίνης και χιτοζάνης σε συνδυασμό με τα φυσικά αντιμικροβιακά αιθέριο έλαιο μάραθου και λεμονιού αντίστοιχα, ενώ για τα φρεσκοτεμαχισμένα κυδώνια οι επικαλύψεις της πηκτίνης με ή χωρίς την ενσωμάτωση φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών είχαν τη καλύτερη διατήρηση του χρώματος των κυδωνιών κατά την αποθήκευση.

Όσο αφορά τη μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών, φάνηκε πως το σχήμα τεμαχισμού δεν επηρέασε τη μεταβολή της υγρασίας κατά την αποθήκευση. Τα δείγματα χωρίς επικάλυψη εμφάνισαν ελάχιστα μεγαλύτερη απώλεια υγρασίας από τα επικαλυμμένα. Για τα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια οι μεμβράνες με τα καλύτερα αποτελέσματα ήταν η πηκτίνη και η χιτοζάνη με την ενσωμάτωση των φυσικών αντιμικροβιακών όπου μετρήθηκαν απώλειες υγρασίας 1% κατά βάρος. Για τη περίπτωση των κυδωνιών φάνηκε πως τα δείγματα με επικάλυψη πηκτίνης διατήρησαν καλύτερα τα επίπεδα υγρασίας σε σχέση με των υπολοίπων επικαλυμμένων και μη. Επιπλέον η ενσωμάτωση των φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών στην πηκτίνη και την χιτοζάνη παρουσίασε μεγαλύτερες απώλειες της υγρασίας των κυδωνιών σε σχέση με τις επικαλύψεις αυτούσιες.

Προχωρώντας στις μεταβολές του pH, το σχήμα των φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών δεν έπαιξε ρόλο στις μεταβολές του, καθώς αυτές είναι παρόμοιες και στα δύο είδη τεμαχισμού, κύβους και τσιπς. Στην επικάλυψη των δειγμάτων αχλαδιών με μεμβράνες σε συνδυασμό ή μη με φυσικά αντιμικροβιακά δεν παρατηρήθηκαν εξίσου μεγάλες αυξομειώσεις του pH. Σε κάθε σειρά πειραμάτων φαίνεται το pH των μη επικαλυμμένων δειγμάτων είναι στα ίδια επίπεδα με το αντίστοιχο των επικαλυμμένων. Επομένως η επικάλυψη δεν επηρεάζει τη μεταβολή του. Θεωρούμε λοιπόν πως το pH εξαρτάται από το στάδιο της ωρίμανσης που βρίσκεται το αχλάδι, όταν αυτό τεμαχίζεται. Στα τεμαχισμένα κυδώνια υπάρχει μια μικρή τάση αύξησης του pH στο τέλος της αποθήκευσης τους, κατά περίπου μισή μονάδα, ωστόσο ούτε αυτά επηρεάζονται από την χρήση ή μη επικάλυψης, πράγμα που σε αυτή τη περίπτωση επιβεβαιώνεται και στατιστικά. Έτσι και για τα κυδώνια φαίνεται πως η μεταβολή του pH είναι φυσική και δεν επηρεάζεται από κάποιο παράγοντα που εξετάζουμε κατά την πειραματική διαδικασία. Γενικά θεωρείται καλό πως το pH δεν επηρεάζεται από το είδος της επικάλυψης καθώς εάν αυτό συνέβαινε ενδέχεται η γεύση του φρούτου να άλλαζε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης αναλόγως την επικάλυψη που χρησιμοποιούταν.

Παρατηρείται πως οι μεταβολές της οξύτητας στα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια είναι ίδιες για κάθε σειρά πειραμάτων. Κανένας από τους εξεταζόμενους παράγοντες της πειραματικής διαδικασίας δεν φαίνεται να επιδρά στην μεταβολή της οξύτητας καθώς σε κάθε σειρά πειραμάτων αυτή η μεταβολή είναι έχει τις ίδιες διακυμάνσεις για όλα τα δείγματα τεμαχισμένων αχλαδιών επικαλυμμένων ή μη. Θεωρείται λοιπόν πως η οξύτητα επηρεάζεται από το στάδιο της ωρίμανσης που βρίσκεται το δείγμα πριν τη μέτρηση. Στα φρεσκοτεμαχισμένα κυδώνια τις πρώτες 15 ημέρες της αποθήκευσης παρατηρείται μια ταχεία μείωση της οξύτητας περίπου στο μισό της αρχικής τους τιμής και στη συνέχεια ως το πέρας της αποθήκευσης φαίνεται να μένει σταθερή. Εξίσου λοιπόν και στα τεμαχισμένα κυδώνια δεν επιδρά το είδος της επικάλυψης ή η προσθήκη φυσικής αντιμικροβιακής ουσίας στη μεταβολή της οξύτητας.

Στη μεταβολή της υφής (σκληρότητας) με βάση τη συμπίεση που έγινε μόνο για τα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια έδειξε πως και ο παράγοντας σχήμα αλλά και η παρουσία ή όχι επικάλυψης επηρέασε τα αποτελέσματα. Τα τσιπς αχλαδιών έδιναν μεγαλύτερες τιμές σκληρότητας σε αντίθεση με τους κύβους, ωστόσο οι κύβοι αχλαδιών παρουσίασαν μικρότερη μεταβολή της σκληρότητας τους σε αντίθεση με τα αντίστοιχα των τσιπς. Τα επικαλυμμένα δείγματα τεμαχισμένων αχλαδιών εμφάνισαν μικρότερες μεταβολές στην σκληρότητά τους από τα μη επικαλυμμένα. Επιπλέον τα καλύτερα αποτελέσματα για τη διατήρηση της υφής με βάση τη συμπίεση τα έδωσαν οι επικαλύψεις της χιτοζάνης και της πηκτίνης όταν σε αυτές ενσωματώθηκαν φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες, με συνέπεια να διατηρηθεί σχεδόν σταθερή η σκληρότητα των δειγμάτων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Στη μεταβολή της υφής βάση της κοπής το σχήμα των φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών δεν την επηρεάζει. Επηρεάζεται όμως από το είδος της επικάλυψης, με την

χιτοζάνη να διατηρεί καλύτερα την υφή από τις υπόλοιπες επικαλύψεις. Η παρουσία φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών επίσης δεν φάνηκε να επηρεάζει τη περαιτέρω μεταβολή της υφής κατά την αποθήκευση. Στα τεμαχισμένα κυδώνια αντίστοιχα πολύ καλή διατήρηση κατά την αποθήκευση παρουσίασε η πηκτίνη με ή χωρίς φυσικά αντιμικροβιακά και η χιτοζάνη με ενσωμάτωση φυσικής αντιμικροβιακής ουσίας αιθέριο έλαιο λεμονιού. Τα φρεσκοτεμαχισμένα κυδώνια χωρίς επικάλυψη είχαν μεταβολές της υφής τους μεγαλύτερες ή ίσες του 50% και δεν διατηρούσαν σε επιθυμητά επίπεδα την υφή τους.

Όσο αφορά τα φαινολικά συστατικά, το σχήμα των αχλαδιών δεν έπαιξε κάποιο ρόλο στη μεταβολή τους. Αντιθέτως επηρέασε τη μεταβολή τους η παρουσία επικάλυψης, καθώς αυτή βοήθησε στη καλύτερη διατήρησή τους, με τα καλύτερα αποτελέσματα να τα δίνει η επικάλυψη πηκτίνης, του αλγινικού νάτριου και της χιτοζάνης, διατηρώντας υψηλή τη συγκέντρωση των φαινολικών συστατικών, με μικρές απώλειες κατά την αποθήκευση. Οι φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες που ενσωματώθηκαν στις επικαλύψεις χιτοζάνης και πηκτίνης έσωσαν παρόμοια αποτελέσματα διατήρησης με αυτά των επικαλύψεων χωρίς ενσωμάτωση αντιμικροβιακών. Στα φρεσκοτεμαχισμένα κυδώνια αντίστοιχα οι απώλειες στα φαινολικά συστατικά ήταν περισσότερες καθώς ο χρόνος αποθήκευσης ήταν μεγαλύτερος από το χρόνο αποθήκευσης των αχλαδιών. Οι επικαλύψεις τις πηκτίνης ξεχωρίσανε στην διατήρηση της συγκέντρωσης των φαινολικών συστατικών στα δείγματα φρεσκοτεμαχισμένων κυδωνιών και μετρήθηκαν σε αυτά τελικές συγκεντρώσεις 20mg γαλλικού οξέος /L. Οι αντίστοιχες τελικές συγκεντρώσεις φαινολικών στα τεμαχισμένα δείγματα κυδωνιών με επικαλύψεις χιτοζάνης μετρήθηκαν κοντά στα 15 mg γαλλικού οξέος/L. Τέλος οι φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες που ενσωματώθηκαν στις επικαλύψεις της χιτοζάνης και της πηκτίνης δεν βοήθησαν περαιτέρω στην διατήρηση της συγκέντρωσης των φαινολικών συστατικών στα τεμαχισμένα κυδώνια.

Στη βιταμίνη C στα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια το σχήμα δεν έπαιξε κάποιο ρόλο στη μεταβολή της. Επιπλέον με την επικάλυψη των φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών με εδώδιμες μεμβράνες παρατηρήθηκαν μικρότερες απώλειες της βιταμίνης από ότι στα αντίστοιχα μη επικαλυμμένα αχλάδια. Δεν ξεχώρισε κάποια επικάλυψη για τη καλύτερη διατήρηση της βιταμίνης, καθώς όλα τα επικαλυμμένα δείγματα αχλαδιών παρουσίασαν παρόμοιες μεταβολές. Στα φρεσκοτεμαχισμένα κυδώνια αντίστοιχα τα μη επικαλυμμένα δείγματα εμφάνισαν επίσης μεγαλύτερη απώλεια της βιταμίνης κατά την αποθήκευση σε σύγκριση με τα επικαλυμμένα. Οι επικαλύψεις της πηκτίνης ήταν αυτές που εμφάνισαν τις μικρότερες απώλειες στη συγκέντρωση της βιταμίνης C σε σύγκριση με τις επικαλύψεις της χιτοζάνης. Πιο συγκεκριμένα τα δείγματα με επικάλυψη πηκτίνης είχαν τελική συγκέντρωση κοντά στα 10mg ασκορβικού οξέος/100gr κυδωνιού, ενώ της χιτοζάνης αντίστοιχα 8mg ασκορβικού οξέος/100gr κυδωνιού. Τέλος οι φυσικές αντιμικροβιακές ουσίες που ενσωματώθηκαν στις επικαλύψεις της χιτοζάνης και της πηκτίνης έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα διατήρησης της συγκέντρωσης της βιταμίνης C με αυτά των σκέτων επικαλύψεων στα τεμαχισμένα κυδώνια.

Τέλος να σημειωθεί πως η επικάλυψη της CMC ήταν η λιγότερο κατάλληλη για εφαρμογή σε φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια καθώς σχεδόν στο σύνολο των πειραμάτων φαίνεται πως δεν εμφάνισε παρόμοια αποτελέσματα διατηρησιμότητας με τις υπόλοιπες επικαλύψεις. Επιπλέον τα δείγματα αχλαδιών επικαλυμμένα με CMC στις τελευταίες ημέρες της αποθήκευσης είχαν έντονη δυσωδία καθώς και είχε αλλοιωθεί η εξωτερική επιφάνειά του μαύρα στίγματα. Επομένως τα τεμαχισμένα αχλάδια ήταν και οργανοληπτικά ακατάλληλα.

### Προτάσεις για το μέλλον

Η τεχνολογία των εδώδιμων επικαλύψεων δεν αποτελεί ένα νέο κεφάλαιο για τα τρόφιμα. Ωστόσο αποτελεί ένα τομέα στον οποίο υπάρχει χώρος για πολλή έρευνα και πολλές βελτιώσεις όσο αναφορά τη δράση τους στα τρόφιμα και την ικανότητά τους να τα διατηρούν φρέσκια και υγιή αποτρέποντας την ανάπτυξη μικροοργανισμών σε αυτά καθώς και αλλοίωση των ποιοτικών και οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών κατά την αποθήκευση. Ήδη με την ενσωμάτωση σε αυτές φυσικών αντιμικροβιακών και αντιοξειδωτικών ουσιών η δράση τους μπορεί να βελτιωθεί, όπως είδαμε και σε αυτή την εργασία. Επομένως μερικές προτάσεις για μελλοντική έρευνα είναι οι ακόλουθες:

- Να εξεταστούν και άλλες μέθοδοι επικάλυψης, πέραν της εμφάνισης, όπως του ψεκασμού. Μετά την εμφάνιση η επικάλυψη χρειάζεται αρκετό χρόνο για να στεγνώσει. Σε αυτό το χρόνο το φρεσκοτεμαχισμένο φρούτο ενδέχεται να υποστεί αλλοιώσεις, κυρίως στο χρώμα του λόγω του ενζυμικού μαυρίσματος, γεγονός που το υποβαθμίζει ποιοτικά. Ειδικά το κυδώνι και το αχλάδι χρειάζονται μόλις λίγα minutes για να αρχίζει να μαυρίζει η σάρκα τους αφού τεμαχιστούν. Με το ψεκασμό η μεμβράνη ενδέχεται να στεγνώσει πιο γρήγορα διότι δημιουργεί ένα μικρότερο στρώμα επικάλυψης πάνω στο τρόφιμο, αλλά είναι και οικονομικότερος τρόπος επικάλυψης λόγω της μικρότερης ποσότητας που ψεκάζεται στο τρόφιμο.
- Δοκιμασία και στις υπόλοιπες επικαλύψεις (HPMC, CMC και αλγινικό νάτριο) της ενσωμάτωσης φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών.
- Να εξεταστούν οι εδώδιμες επικαλύψεις στα φρεσκοτεμαχισμένα φρούτα σε διαφορετικές συγκεντρώσεις, όπως 1,5% ή 2%.
- Δοκιμασία ενσωμάτωσης διαφορετικών αιθέριων ελαίων ή λοιπών φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών σε εδώδιμες επικαλύψεις.
- Ενσωμάτωση αναστολέων μαυρίσματος στα φρεσκοτεμαχισμένα φρούτα με σκοπό της μείωσης της μεταβολής του χρώματος.
- Συνδυασμός μεθόδου τεχνολογίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) με τη τεχνολογία των εδώδιμων επικαλύψεων για τη συντήρηση φρεσκοτεμαχισμένων αχλαδιών και κυδωνιών ή άλλων φρούτων.
- Εφαρμογή εδώδιμων επικαλύψεων και σε άλλα φρούτα που έχουν παρόμοια δομή με το αχλάδι και το κυδώνι όπως το μήλο και το μούσμουλο.



- Να γίνει μικροβιολογικός έλεγχος στα τεμαχισμένα φρούτα και να εξεταστεί η επίδραση των φυσικών αντιμικροβιακών ουσιών στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών κατά την αποθήκευση.

## Βιβλιογραφία

- Akbarian, M., Moayedi, F., Ghasemkhani, N., & Ghaseminezhad, A. (2013). Impact of antioxidant edible coatings and osmotic dehydration on shrinkage and colour of "Quince" dried by hot air.
- Appendini, P., & Hotchkiss, J. (1997). Immobilization of lysozyme on food contact polymers as potential antimicrobial films. *Packaging Technology and Science*, 10.
- Bai, J., & Plotto, A. (2012). Coating for fresh fruits and vegetables. Στο J. Bai, *In Edible coating and films to improve food quality* (σσ. pp. 186-248).
- Baldwin, E., Nesperos-Carriedo, M., & Baker, R. (1995). Use of edible coating to preserve quality of lightly and slightly processed product. *Criti. Rev. Food Sc. Nutri.* 35, pp. 509-552.
- Baldwin, E., Nesperos-Carriedo, M., Hagenmaier, R., & Baker, R. (1997). Use of lipid in coating of food products. *Food tech.*, 51, pp. 56-62.
- Banker, G. (1966). Films coating: theory and practices. *J. Sharma sc.*, 55, pp. 81-89.
- Baratta, M., Dorman, H., Deans, S., Biondi, D., & Ruberto, G. (1998). Chemical composition, antimicrobial and antioxidative activity of laurel, sage, rosemary, oregano and coriander essential oils. *J Essent Oil Res*, 10.
- Barrett, D., Somogyi, L., & Ramaswamy, H. (2005). *Processing fruits: Science and Technology*.
- Bauer, K., Garbe, D., & Surburg, H. (2001). *Common Fragrance and Flavor Materials: Preparation*,. Weinheim.
- Belitz, H., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry*.
- Boots, A., Wilms, L., Swennen, E., Kleinjans, J., Bast, A., & Haenen, G. (2008). In vitro and ex vivo anti-inflammatory activity of quercetin in healthy volunteers. *Nutrition Journal* , vol. 24, no. 7-8, pp. 703–710.
- Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15, pp. 237-248.
- Boyle, W. (1955). Spices and essential oils as preservatives. *American Perfum and Essential Oil Review*, 66.
- Brody, A., Strupinsky, E., & Kline, L. (2001). *Active Packaging for Food Applications*. Lancaster.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *Int J Food Microbiol*, 94.
- Cagri, A., Ustunol, Z., & Ryseret, E. (2004). *Antimicrobial edible films and coatings*. Journal of Food Protection, 67.
- Cha, D., & Chinnan, M. (2004). Biopolymer based Antimicrobial Packaging: A Review, Department of Food Science and Technology.
- Chávez, J., Leal, P., Yunes, R., Nunes, R. B., Pinto, A., Simões, C., & Zanetti, C. (2006). Evaluation of antiviral activity of phenolic compounds and derivatives against rabies virus. *Veterinary Microbiology*, vol. 116, no. 1-3, pp. 53–59.
- Cooksey, K. (2000). Utilization of antimicrobial packaging films for inhibition of selected microorganism. Στο S. Risch, *Food Packaging: testing methods and applications*. Washington.
- Cumo, C. M. (2013). *Encyclopedia of Cultivated Plants*. Santa Barbara, Callifornia, USA.

- Cushnie, T., & Lamb, A. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, vol. 26, no. 5, pp. 343–356.
- Davidson, P., Sofos, J., & Branen, A. (2005). *Antimicrobials in food*. New York.
- Debeaufort, F., Quezada, G., & Voilley, A. (1998). Edible films and coating: Tomorrow's packaging: A review. *Criti. Rev. Food Sc. and Nutri.*, 38, pp. 299-313.
- Dhall, T. (2013). Advance in edible coating for fresh fruits and vegetables: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Dhanpal, P., Shashikala, R., Lavanya, V., Kavita, G., & Yazhini & Banu, S. (2012). Edible films from polysaccharides. *Food Sc. and Quality Management*, 3.
- Dong, X., Wrolstad, R., & Sugar, D. (2000). Extending Shelf Life of Fresh-cut Pears. *Journal of Food Science*, Vol. 65, No.1.
- Dutta, P., Shipra, T., & Mehrotra, G. D. (2008). Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food application. *Food chemistry*.
- El-Ghaouth, J., Arul, R., Ponnampalam, & Boulet, M. (1991). Chitosan coating effect on stability of fresh Strawberries. *J. Food Sc.* 57, pp. 1618-1620.
- Embuscado, M., & Huber, K. (2008). *Edible Films and Coatings for Food Applications*.
- Fang, Q., & Hanna, M. (2000). Functional properties of polylactic acid starch based loose fill packaging films. *Cereal Chem.*, 77, pp. 779-789.
- FAOSTAT. (2016). <http://www.fao.org>. Ανάκτηση από <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP/visualize>.
- Farooq, A. K., Sajad, A. B., & Sumati, N. (2017, January). *Storage Methods for Fruits and Vegetables*. Kashmir.
- Gaare, M., Hussain, S., Mishra, S., & Ram, C. (2013). Natural Antimicrobials For Preservation of Food.
- Gharras, H. (2009). Polyphenols: food sources, properties and applications—a review. *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 44, no. 12, pp. 2512–2518.
- Gil, M., Aguayo, E., & Kader, A. (2006). Quality Changes and Nutrient Retention in Fresh-Cut versus Whole Fruits during Storage. *J. Agric. Food Chem.*, pp. 4284–4296.
- Gill, A., & Gill, C. (2005). Preservative packaging for meat, poultry and fin fish. Στο J. Han, *In Innovation in food packaging* (σσ. pp. 204-226).
- Gontard, N., & Guilbert, S. (1992). Bio-packaging: Technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. Στο *Food Packaging and Preservation* (σσ. pp. 159–181).
- Gorny, J., Cifuentes, R., Hess-Pierce, B., & Kader, A. (2000). Quality Changes in Fresh-cut Pear Slices as Affected by Cultivar, Ripeness Stage, Fruit Size, and Storage Regime. *Journal of Food Science*, Vol. 65, No. 3.
- Gross, K., Wang, C., & Saltveit, M. (2016). *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*.
- Guenther, E. (1948). *The Essential Oils*. New York.
- Gupta, S., Gupta, C., Prakash, D., & Garg, A. (2017). Comparative Study of Antimicrobial Effects of Lemon Oil and Peel Extract against Food-Spoilage Microbes. *Journal of Nutritional Health & Food Science*.
- Han, J., & Gennodios, A. (2005). Edible films and coating: A review, In: J. Han, *innovation in food packaging. Elsevier sc. and technology books*, pp. 239-259.

- Hider, R., Liu, Z., & Khodr, H. (2001). Metal chelation of polyphenols. *Methods in Enzymology*, vol. 335, pp. 190–203.
- Hoover, D., & Steenson, L. (1993). *Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria*. San Diego.
- Hyldgaard M, M. T. (2012). *Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components*.
- James R. Gorny, B. H.-P. (2001). *Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives*. University of California, Department of Pomology,, Alexandria, USA.
- Jerković, I., Mastelić, J., & Miloš, M. (2001). The impact of both the season of collection and drying on the volatile constituents of *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* grown wild in Croatia. *Int J Food Sci Tech*, 36.
- Jongen, W. (2002). *Fruit and vegetable processing: Improving quality*. Cambridge, England.
- Joseph, J. (1989). *Quality Factors of Fruits and Vegetables: Chemistry and Technology*.
- Kandaswami, C., Lee, L., Lee, P., Hwang, J., Ke, F., Huang, Y., & Lee, M. (2005). The antitumor activities of flavonoids. *In Vivo*, vol. 19, no. 5, pp. 895–909.
- Kester, J., & Fennema, O. (1986). Edible films and coatings: A review. *Food tech.*, 40, pp. 47-49.
- Khan, F., Bhat, S., & Narayan, S. (2017). Storage methods for fruits and vegetables.
- Khan, M. S. (2012). *The potential of electro spraying for hydrophobic film coating on foods*. *Journal of Food Engineering*.
- Kim, J., Marshall, M., & Wei, C. (1995). Antibacterial activity of some essential oil components against five foodborne pathogens. *J Agric Food Chem*, 43.
- Krochta, J. (2002). Protein as raw material for films and coating: definition, current status and opportunities. Στο A. Gannedios, *In Protein based films and coatings* (σσ. pp. 11-41).
- Krochta, J., & Mulder-Johnson, C. (1997). Edible and biodegradable polymer films challenges and opportunities. *Food tech*, 52, pp. 661-674.
- Krochta, J., Avena-Bustillos, P., Cisneros-zevallors, L., & Saltiveit, M. (1993). Optimising of edible coating on minimally processed carrot using response surface methodology. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, pp. 801-805.
- Krochta, J., Baldwin, E., & Nisperos-Carriedo, M. (1994). *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Basel, Switzerland.
- Lakhanpal, P., & Rai, D. (2007). Quercetin: A Versatile Flavonoid. *Internet Journal of Medical Update*, vol. 2, no. 2, pp. 22–37.
- Lamikanra, O. (2002). *Fresh cut fruits & vegetables: Science, Technology, and Market*.
- Liaudanskas, M., Zymonė, K., Viškelis, J., Klevinskas, A., & Janulis, V. (2017). Determination of the phenolic composition and antioxidant activity of pear extracts. *Journal of Chemistry*.
- Likhitwitayawuid, K., Supudompol, B., Sritularak, B., Lipipun, V., Rapp, K., & Schinazi, R. (2005). Phenolics with anti-HSV and anti-HIV activities from *Artocarpus gomezianus*, *Mallotus pallidus*, and *Triphasia trifolia*. *Pharmaceutical Biology*, vol. 43, no. 8, pp. 651–657.
- Lin, D., & Zhao, Y. (2007). Innovations in the Development and Application of Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables.

- López, P., Sánchez, C., Batlle, R., & Nerín, C. (2007). Vapor-phase activities of cinnamon, thyme, and oregano essential oils and key constituents against foodborne microorganisms. *J Agric Food Chem*, 55.
- López-Lázaro, M. (2002). Flavonoids as anticancer agents: Structure-activity relationship study. *Current Medicinal Chemistry - Anti-Cancer Agents*, vol. 2, no. 6, pp. 691–714.
- Losso, J., Nakai, S., & Charter, E. (2000). Lysozyme. Στο A. Naidu, *Natural Food Antimicrobial Systems*. New York.
- M., K., & Min, S. (χ.χ.). *Antimicrobial films and coatings for fruits and vegetables*. Callifornia: University of Callifornia.
- Maguelonne, T. (2009). *A History of Food*.
- Matsuura, T., Abe, Y., Sato, K., Okamoto, K., Ueshige, M., & Akagawa, Y. (1997). Prolonged antimicrobial effect of tissue conditioners containing silver-zeolite. *Journal of Dentistry*, 25.
- McHugh, T., & Krochta, J. (1994). Milk-protein-based edible films and coatings. *Food tech*, 48, pp. 97-103.
- Meng, L., Lozano, Y., Gaydou, E., & Li, B. (2008). Antioxidant activities of polyphenols extracted from *Perilla frutescens* varieties. *Molecules*, 14.
- Mohammet, A. (2010). Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: review, *Food science and technology*.
- Mohamoud, R., & Savello, P. (1992). Mechanical property of and water vapour transferability through whey protein film. *J. Dairy Sc.*, 75, pp. 942-946.
- Nasser, N., AL-Jabri, & Hossain, A. (2018). Chemical composition and antimicrobial potency of locally grown lemon essential oil against selected bacterial strains. *Journal of King Saud University-Science*, vol. 30, no. 1, pp. 14-20.
- ndb.nal.usda.gov*. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>.
- Nohynek, L., Alakomi, H., Kähkönen, M., Heinonen, M., Helander, I., Oksman-Caldentey, K., & Puupponen-Pimiä, R. (2006). Berry phenolics: antimicrobial properties and mechanisms of action against severe human pathogens. *Nutrition and Cancer*, vol. 54, no. 1, pp. 18–32.
- Olivas, G., & Barbosa-Canovas, G. (2005). Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45, pp: 657-670.
- Oliveira, I., Sousa, A., Ferreira, I., Bento, A., Estevinho, L., & Pereira, J. (2008). Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia* L.) green husks. *Food Chem Toxicol*, 46.
- Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2008). Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality. *Postharvest Biology and Technology*.
- Pablo R Salgado, C. M. (2015). *Edible films and coatings containing bioactives*.
- Park, H. J. (1999). *Development of advanced edible coatings for fruits*. School of Biotechnology, Korea University, Seoul.
- Park, J., Testin, R., Rank, H., Vergano, P., & Weller, C. (1994). Fatty acid concentration effect on textile strength, elongation and water vapour permeability of laminated edible films. *J. Food Sc.*, 59, pp. 916-919.
- Pastore, S., Potapovich, A., Kostyuk, V., Mariani, V., Lulli, D., De Luca, C., & Korkina, L. (2009). Plant polyphenols effectively protect HaCaT cells from ultraviolet C-

- triggered necrosis and suppress inflammatory chemokine expression. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1171, pp. 305–313.
- Peniston, Q., & Johnson, E. (1980). *Ευρεσιτεχνία Αρ. US Patent 41951755*.
- pessarakli, M. (2001). *Handbook of plant and crop physiology*.
- Ponce, A., Roura, S., Del Valle, C., & Moreira, M. (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts. *Postharvest Biology and Technology*, 49, pp. 294-300.
- Prasad, N., & Batra, E. (2015). Edible coating (the future of packaging): cheapest and alternative source to extend the post-harvest changes: A review. *Asian J. of Biochem. & Pharm. Research*, 3, pp. 2231-2560.
- Preedy, V. (2016). *Essential oils in food Preservation, Flavor and Safety*.
- Rao, C. G. (2015). *Engineering for Storage of Fruits and Vegetables*. India: Elsevier Inc.
- Reiberro, C., Viente, A., Tesxeira, J., & Miranda, C. (2007). Optimisation of edible coating composition to retard strawberry fruits senescence. *Postharvest Bio. Tech.*, 44, pp. 63-70.
- Rhim, J. (2004). Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. *J. W. LWT. Food Sc. Techno.*, 37, pp. 323-330.
- Robertson, G. (2009). *Food packaging, principle and practices, 2nd edition*.
- Rojas-Grau, M., Raybaudi, R., Solvia-Fortany, R., Avena-Bustillos, R., McHugh, T., & Martin-Bellos, O. (2007). Apple puree alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf life of fresh cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, 45, pp. 254-264.
- Scalbert, A., Johnson, I., & Saltmarsh, M. (2005). Polyphenols: antioxidants and beyond. *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 81, no. 1, pp. 215S–217S.
- Schierholz, J., Lucas, L., Rump, A., & Pulverer, G. (1998). Efficacy of silver-coated medical devices. *Journal of Hospital Infection*, 40.
- Shah, N. (2000). Effects of milk-derived bioactives: an overview. *British Journal of Nutrition*, 84.
- Shahidi, F., & Naczki, M. (2006). *Phenolics in Food and Nutraceuticals*.
- Sothornvit, R., & Krochta, J. (2005). Plasticiser in edible films and edible coating. Στο J. H. Han, *Innovation in food packaging* (σσ. pp. 403-433).
- Sothornvit, R., Olsen, C., McHugh, T., & Krochta, J. (2003). Formation conditions, water-vapor permeability, and solubility of compression-molded whey protein films. *Journal of Food Science*, 68, pp. 1985-1989.
- Spencer, J. P. (2010). The impact of fruit flavonoids on memory and cognition. *British Journal of Nutrition*, vol. 104, no. 3, pp. S40–S47.
- Sun, J., Chu, Y., Wu, X., & Liu, R. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 50, no. 25, pp. 7449–7454.
- Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K., & Bigger, S. (2003). 'Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *Journal of Food Science*, 68.
- Tongdeesoontorn, W., Mauer, L., Wongruong, S., Sriburi, P., & Rachtanapun, P. (2011). Effect of carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava starch-based films. *Chem Cent J*.
- VACLAVIK, V., & Christian, E. (2008). *Essentials of food science* (3 εκδ.). Denton, Texas.

- Valencia-Chamorro, S., Pérez-Gago, M., del Río, M., & Palou, L. (2011). Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Crit. Rev. Food Science Nutritional*, 51, pp. 872–900.
- Vaquero, M., Fernández, P., & Manca, M. (2012). *Phenolic compounds from wine as natural preservatives of fish meat*.
- Vargas, M., Pastor, C., & Chiralt, A. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, pp. 496–511.
- Varzakas, T., & Tzia, C. (2016). *Handbook of Food Processing: Food Preservation*.
- Veltman, R., Sanders, M., Persijn, S., Peppelenbos, H., & Oosterhaven, J. (1999). Decreased ascorbic acid levels and brown core development in pears (*Pyrus communis* L. cv. Conference). *Physiol Plant*.
- Vermeiren, L., Devlieghere, F., & Debevere, J. (2002). Effectiveness of some recent antimicrobial packaging concepts. *Food Additives and Contaminants*, 19.
- Walzem, R., Dillard, C., & German, J. (2002). Whey components: Millennia of evolution create functionalities for mammalian nutrition: What we know and what we may be overlooking. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42.
- Weichselbaum, E., Wyness, L., & Stanner, S. (2010). Apple polyphenols and cardiovascular disease - a review of the evidence. *Nutrition Bulletin*, vol. 35, no. 2, pp. 92–101.
- Wells, J. (1971). Heated wax-emulsions with benomyl and 2,6-dichloro-4-nitroaniline for control of postharvest decay of peaches and nectarines. *Journal of Phytopathology*, 62.
- Williams, P., & Phillips, G. (2000). *Handbook of Hydrocolloids*.
- Yurdug, S. (2005). Preservation of quinces by the combination of an edible coating material, Semperfresh, ascorbic acid and cold storage. *Eur Food Res Technol*.
- Βέμμος, Σ. (2017). *Επίδραση των χαμηλών θερμοκρασιών στην ανάπτυξη και καρποφορία των δέντρων*. Αθήνα.
- Βλαχάκη, Σ. (2013). *Ποιότητα και ασφάλεια μηλοειδών και πυρηνοκαρπων*. Καλαμάτα.
- ΕΛΣΤΑΤ. (2007). Ανάκτηση από [http://www.minagric.gr/images/stories/agropol/Greek/Agro\\_pol/maps/Axladi\\_a1.htm](http://www.minagric.gr/images/stories/agropol/Greek/Agro_pol/maps/Axladi_a1.htm).
- ΕΛΣΤΑΤ. (2018, Σεπτέμβριος). Ανάκτηση από [www.statistics.gr](http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/): <http://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/>
- Τζιά, Κ., Ταούκης, Π., & Ωραιπούλου, Β. (2009). *Επιστήμη και Μηχανική Τροφίμων: Συστατικά – Ιδιότητες – Ποιότητα – Μικροβιολογία – Ρεολογία – Συσκευασία*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ.
- Τζιά, Κ., Ωραιπούλου, Β., & Ταούκης, Π. (2016). *Επιστήμη και Μηχανική Τροφίμων: Εργαστηριακές Ασκήσεις 8ου Εξαμήνου*. Αθήνα.
- τροφίμων, Υ. Α. (χ.χ.). Ανάκτηση από <http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/crop-production/ororokipeytika/1772-axladi>.
- τροφίμων, Υ. Α. (2013). Ανάκτηση από <http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/crop-production/ororokipeytika/1772-axladi>.

ΥπΑΑΤ. (2013). *Υπουργείο Αγροτικής ανάπτυξης και τροφίμων*. Ανάκτηση από <http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/crop-production/oporokipeytika/1772-axladia>.



## Παράρτημα

A) Για 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> σειρά πειραμάτων με σκοπό της εξέτασης του παράγοντα σχήμα για τα φρεσκοτεμαχισμένα αχλάδια.

Μεταβολή βάρους

Univariate Tests of Significance for varos (1-2 seira me paragonta sxima) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1099504	1	1099504	11417,61	0,000000
membrani	23131	4	5783	60,05	0,000000
sxima	2034	1	2034	21,12	0,000022
xronos	6	5	1	0,01	0,999937
Error	5874	61	96		

Duncan test; variable varos (1-2 seira me paragonta sxima) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 96,299, df = 61,000					
Cell No.	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	128,23	138,51	146,83	137,58	90,964
1		0,012002	0,000064	0,016914	0,000109
2	0,012002		0,032536	0,806947	0,000052
3	0,000064	0,032536		0,023482	0,000033
4	0,016914	0,806947	0,023482		0,000058
5	0,000109	0,000052	0,000033	0,000058	

Duncan test; variable varos (1-2 seira me paragonta sxima) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 96,299, df = 61,000			
Cell No.	sxima	{1}	{2}
		133,71	123,08
1	1		0,000129
2	2	0,000129	

Μεταβολή του χρώματος.

Univariate Tests of Significance for $\alpha$ (1-2 seira me paragonta sxima) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	217691,5	1	217691,5	5327,080	0,000000
membrani	1361,1	4	340,3	8,327	0,000020
sxima	353,2	1	353,2	8,643	0,004632
xronos	5132,7	5	1026,5	25,120	0,000000
Error	2492,8	61	40,9		

Duncan test; variable $\alpha$ (1-2 seira me paragonta sxima) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 40,865, df = 61,000						
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		57,247	54,262	51,180	65,473	57,555
1	1		0,232653	0,022594	0,002182	0,901569
2	2	0,232653		0,218085	0,000100	0,215309
3	3	0,022594	0,218085		0,000034	0,019987
4	4	0,002182	0,000100	0,000034		0,002342
5	5	0,901569	0,215309	0,019987	0,002342	

Duncan test; variable $\alpha$ (1-2 seira me paragonta sxima) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 40,865, df = 61,000			
Cell No.	sxima	{1}	{2}
		59,376	54,946
1	1		0,004766
2	2	0,004766	

Duncan test; variable $\alpha$ (1-2 seira me paragonta sxima) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 40,865, df = 61,000							
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		71,932	63,195	57,826	53,258	49,630	47,124
1	1		0,001516	0,000060	0,000052	0,000033	0,000026
2	2	0,001516		0,043999	0,000523	0,000055	0,000033
3	3	0,000060	0,043999		0,085263	0,003679	0,000274
4	4	0,000052	0,000523	0,085263		0,169570	0,028657
5	5	0,000033	0,000055	0,003679	0,169570		0,340871
6	6	0,000026	0,000033	0,000274	0,028657	0,340871	

Μεταβολή της % υγρασίας.

Univariate Tests of Significance for ygrasia (1-2 seira me paragonta sxima)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	498972,3	1	498972,3	717676,5	0,000000
membrani	7,1	4	1,8	2,6	0,047683
sxima	4,6	1	4,6	6,6	0,012377
xronos	31,8	5	6,4	9,2	0,000002
Error	42,4	61	0,7		

Σημαντικά στατιστικά επιδρά μόνο ο χρόνος (P<0.005).

Duncan test; variable ygrasia (1-2 seira me paragonta sxima)							
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests							
Error: Between MS = ,69526, df = 61,000							
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		87,463	87,062	86,971	86,323	85,959	85,561
1	1		0,243964	0,178479	0,002533	0,000124	0,000028
2	2	0,243964		0,790180	0,043297	0,003426	0,000127
3	3	0,178479	0,790180		0,061970	0,005846	0,000244
4	4	0,002533	0,043297	0,061970		0,288213	0,036888
5	5	0,000124	0,003426	0,005846	0,288213		0,246825
6	6	0,000028	0,000127	0,000244	0,036888	0,246825	

Μεταβολή pH.

Univariate Tests of Significance for pH (1-2 seira me paragonta sxima)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1554,085	1	1554,085	5225,928	0,000000
membrani	19,042	4	4,761	16,008	0,000000
sxima	0,000	1	0,000	0,001	0,978193
xronos	7,013	5	1,403	4,716	0,001047
Error	18,140	61	0,297		

Μεταβολή της οξύτητας.

Univariate Tests of Significance fooksitta (1-2 seira me paragonta sxima)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	69,98701	1	69,98701	894,1728	0,000000
membrani	0,21931	4	0,05483	0,7005	0,594611
sxima	0,00835	1	0,00835	0,1067	0,745031
xronos	0,99633	5	0,19927	2,5459	0,037072
Error	4,77448	61	0,07827		

Μεταβολή της σκληρότητας με συμπίεση.

Univariate Tests of Significance focolynder (1-2 seira me paragonta sxima)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	90074,44	1	90074,44	629,0315	0,000000
membrani	1403,20	4	350,80	2,4498	0,055524
sxima	5403,02	1	5403,02	37,7318	0,000000
xronos	2949,63	5	589,93	4,1197	0,002742
Error	8734,92	61	143,20		

Duncan test; variablecylinder (1-2 seira me paragonta sxima)			
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests			
Error: Between MS = 143,20, df = 61,000			
Cell No.	sxima	{1}	{2}
1	1	27,926	45,251
2	2	0,000109	0,000109

Duncan test; variablecylinder (1-2 seira me paragonta sxima)							
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests							
Error: Between MS = 143,20, df = 61,000							
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		46,657	40,979	39,566	33,175	31,355	27,799
1	1		0,249795	0,176295	0,012620	0,005467	0,000740
2	2	0,249795		0,773500	0,136595	0,075847	0,016925
3	3	0,176295	0,773500		0,195785	0,117315	0,029603
4	4	0,012620	0,136595	0,195785		0,710988	0,305443
5	5	0,005467	0,075847	0,117315	0,710988		0,469549
6	6	0,000740	0,016925	0,029603	0,305443	0,469549	

Μεταβολή της σκληρότητας με βάση τη κοπή.

Univariate Tests of Significance focut (1-2 seira me paragonta sxima)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3260,733	1	3260,733	879,5221	0,000000
membrani	181,088	4	45,272	12,2113	0,000000
sxima	5,201	1	5,201	1,4030	0,240818
xronos	154,835	5	30,967	8,3528	0,000005
Error	226,151	61	3,707		

Duncan test; variablecut (1-2 seira me paragonta sxima)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 3,7074, df = 61,000						
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		7,4964	4,7973	5,2206	9,2973	8,1567
1	1		0,000906	0,003503	0,024607	0,379513
2	2	0,000906		0,572453	0,000033	0,000105
3	3	0,003503	0,572453		0,000053	0,000363
4	4	0,024607	0,000033	0,000053		0,131429
5	5	0,379513	0,000105	0,000363	0,131429	

Duncan test; variablecut (1-2 seira me paragonta sxima)							
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests							
Error: Between MS = 3,7074, df = 61,000							
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		9,5381	8,3729	6,7455	6,5613	6,1548	5,0920
1	1		0,143519	0,001106	0,000684	0,000173	0,000027
2	2	0,143519		0,042746	0,031889	0,010758	0,000250
3	3	0,001106	0,042746		0,815637	0,484249	0,057819
4	4	0,000684	0,031889	0,815637		0,607066	0,081554
5	5	0,000173	0,010758	0,484249	0,607066		0,181422
6	6	0,000027	0,000250	0,057819	0,081554	0,181422	

Μεταβολή φαινολικών συστατικών

Univariate Tests of Significance for phenolics (phenolica me sxima) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	46076,06	1	46076,06	425,9378	0,000000
membrani	175,20	3	58,40	0,5399	0,657741
antimicroviako	301,05	1	301,05	2,7830	0,103080
sxima	1,67	1	1,67	0,0154	0,901702
xronos	2448,15	2	1224,07	11,3156	0,000127
Error	4327,02	40	108,18		

Duncan test; variable phenolics (phenolica me sxima) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 108,18, df = 40,000				
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}
		37,981	33,790	21,177
1	1		0,261351	0,000122
2	2	0,261351		0,001533
3	3	0,000122	0,001533	

Μεταβολή Βιταμίνης C.

Univariate Tests of Significance for vitamin c (phenolica me sxima) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	809,5425	1	809,5425	2190,509	0,000000
membrani	8,5485	3	2,8495	7,710	0,000352
antimicroviako	13,1071	1	13,1071	35,466	0,000001
sxima	3,1989	1	3,1989	8,656	0,005401
xronos	11,5839	2	5,7919	15,672	0,000009
Error	14,7827	40	0,3696		

Duncan test; variable vitamin c (phenolica me sxima) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,36957, df = 40,000					
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}	{4}
		3,5509	3,8518	4,4429	4,5815
1	1		0,232489	0,001289	0,000350
2	2	0,232489		0,022199	0,007420
3	3	0,001289	0,022199		0,579796
4	4	0,000350	0,007420	0,579796	

Duncan test; variablevitamin c (phenolica me sxima) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,36957, df = 40,000			
Cell No.	antimicroviako	{1}	{2}
1	1	3,5842	4,6293
2	2	0,00011€	0,00011€

B) Για όλες τις σειρές πειραμάτων των αχλαδιών

Μεταβολή του βάρους.

Univariate Tests of Significance forvaros (axl-ola) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	790975,4	1	790975,4	6208,223	0,000000
membrani	15343,2	4	3835,8	30,106	0,000000
antimikroviako	1421,8	3	473,9	3,720	0,015197
xronos	4,6	5	0,9	0,007	0,999987
Error	9045,9	71	127,4		

Duncan test; variablevaros (axl-ola) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 127,41, df = 71,000						
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	147,56	144,42	133,84	107,06	118,20
2	2	0,447857	0,447857	0,012539	0,000031	0,000050
3	3	0,002009	0,012539	0,000056	0,000056	0,000412
4	4	0,000031	0,000050	0,000056	0,000056	0,008709
5	5	0,000050	0,000056	0,000412	0,008709	

Μεταβολή του χρώματος.

Univariate Tests of Significance for r <sub>wma</sub> (axl-ola) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	175336,0	1	175336,0	6918,948	0,000000
membrani	2320,0	4	580,0	22,887	0,000000
antimikroviako	369,9	3	123,3	4,866	0,003907
xronos	4120,8	5	824,2	32,522	0,000000
Error	1799,2	71	25,3		

Duncan test; variable r <sub>wma</sub> (axl-ola) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 25,341, df = 71,000						
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		53,462	50,267	66,269	65,465	62,274
1	1		0,086684	0,000050	0,000050	0,000123
2	2	0,086684		0,000031	0,000050	0,000050
3	3	0,000050	0,000031		0,663111	0,042319
4	4	0,000050	0,000050	0,663111		0,087041
5	5	0,000123	0,000050	0,042319	0,087041	

Duncan test; variable r <sub>wma</sub> (axl-ola) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 25,341, df = 71,000					
Cell No.	antimikroviako	{1}	{2}	{3}	{4}
		57,810	60,096	68,537	62,976
1	1		0,187945	0,000050	0,005134
2	2	0,187945		0,000062	0,098468
3	3	0,000050	0,000062		0,002007
4	4	0,005134	0,098468	0,002007	

Duncan test; variable r <sub>wma</sub> (axl-ola) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 25,341, df = 71,000							
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		73,018	66,083	61,705	57,278	54,583	52,716
1	1		0,000617	0,000050	0,000050	0,000031	0,000020
2	2	0,000617		0,024437	0,000077	0,000050	0,000031
3	3	0,000050	0,024437		0,022963	0,000575	0,000069
4	4	0,000050	0,000077	0,022963		0,161117	0,025110
5	5	0,000031	0,000050	0,000575	0,161117		0,329803
6	6	0,000020	0,000031	0,000069	0,025110	0,329803	

Μεταβολής της % υγρασίας.



Univariate Tests of Significance foygrasia (axl-ola) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	360478,1	1	360478,1	1056810	0,000000
membrani	58,4	4	14,6	43	0,000000
antimikroviako	0,4	3	0,1	0	0,725895
xronos	17,2	5	3,4	10	0,000000
Error	24,2	71	0,3		

Duncan test; variableygrasia (axl-ola) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,34110, df = 71,000						
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		86,448	87,082	87,337	87,191	85,299
1	1		0,004214	0,000205	0,001273	0,000116
2	2	0,004214		0,264917	0,611088	0,000056
3	3	0,000205	0,264917		0,495791	0,000031
4	4	0,001273	0,611088	0,495791		0,000050
5	5	0,000116	0,000056	0,000031	0,000050	

Duncan test; variableygrasia (axl-ola) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,34110, df = 71,000							
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		87,370	86,833	86,508	86,539	86,232	85,939
1	1		0,017573	0,000434	0,000542	0,000035	0,000026
2	2	0,017573		0,169754	0,188148	0,013428	0,000323
3	3	0,000434	0,169754		0,887185	0,214754	0,016127
4	4	0,000542	0,188148	0,887185		0,193328	0,013564
5	5	0,000035	0,013428	0,214754	0,193328		0,189445
6	6	0,000026	0,000323	0,016127	0,013564	0,189445	

Μεταβολή του pH.

Univariate Tests of Significance fopH (axl-ola) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1180,956	1	1180,956	10550,31	0,000000
membrani	33,445	4	8,361	74,70	0,000000
antimikroviako	0,250	3	0,083	0,74	0,528863
xronos	6,414	5	1,283	11,46	0,000000
Error	7,947	71	0,112		

Μεταβολή της οξύτητας.

Univariate Tests of Significance fooksitita (axl-ola) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	49,44167	1	49,44167	543,5976	0,000000
membrani	1,58209	4	0,39552	4,3487	0,003341
antimikroviako	0,46814	3	0,15605	1,7157	0,171534
xronos	1,29771	5	0,25954	2,8536	0,020978
Error	6,45764	71	0,09095		

Duncan test; variableoksitita (axl-ola) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,09095, df = 71,000						
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		1,0575	1,1163	,90769	1,0164	1,2455
1	1		0,595467	0,204485	0,710053	0,110995
2	2	0,595467		0,087411	0,398170	0,244534
3	3	0,204485	0,087411		0,327143	0,006239
4	4	0,710053	0,398170	0,327143		0,060022
5	5	0,110995	0,244534	0,006239	0,060022	

Μεταβολή της σκληρότητας με βάση τη συμπίεση.

Univariate Tests of Significance focylinder (axl-ola) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	38911,34	1	38911,34	998,8074	0,000000
membrani	4490,65	4	1122,66	28,8174	0,000000
antimikroviako	2358,50	3	786,17	20,1799	0,000000
xronos	1378,62	5	275,72	7,0775	0,000020
Error	2766,00	71	38,96		

Duncan test; variablecylinder (axl-ola) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 38,958, df = 71,000						
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		18,905	16,254	37,846	34,963	27,047
1	1		0,248849	0,000050	0,000056	0,000766
2	2	0,248849		0,000031	0,000050	0,000069
3	3	0,000050	0,000031		0,210098	0,000069
4	4	0,000056	0,000050	0,210098		0,001002
5	5	0,000766	0,000069	0,000069	0,001002	

Duncan test; variablecylinder (axl-ola) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 38,958, df = 71,000					
Cell No.	antimikroviako	{1} 20,317	{2} 31,730	{3} 32,687	{4} 37,102
1	1		0,00011€	0,00005€	0,00005€
2	2	0,00011€		0,65482€	0,01863€
3	3	0,00005€	0,65482€		0,04211€
4	4	0,00005€	0,01863€	0,04211€	

Duncan test; variablecylinder (axl-ola) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 38,958, df = 71,000							
Cell No.	xronos	{1} 31,831	{2} 32,062	{3} 31,637	{4} 29,281	{5} 25,454	{6} 21,085
1	1		0,92242€	0,93475€	0,31375€	0,01415€	0,00007€
2	2	0,92242€		0,86719€	0,29009€	0,01270€	0,00006€
3	3	0,93475€	0,86719€		0,32148€	0,01443€	0,00010€
4	4	0,31375€	0,29009€	0,32148€		0,10929€	0,00129€
5	5	0,01415€	0,01270€	0,01443€	0,10929€		0,06829€
6	6	0,00007€	0,00006€	0,00010€	0,00129€	0,06829€	

Μεταβολή της σκληρότητας βάση κοπής.

Univariate Tests of Significance forcut (axl-ola) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3086,25€	1	3086,25€	481,106€	0,00000€
membrani	281,31€	4	70,33€	10,963€	0,00000€
antimikroviako	89,49€	3	29,831	4,650€	0,00503€
xronos	157,12€	5	31,42€	4,8987	0,00065€
Error	455,45€	71	6,415		

Duncan test; variablecut (axl-ola) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 6,4149, df = 71,000						
Cell No.	membrani	{1} 6,1253	{2} 5,2341	{3} 10,830	{4} 7,7663	{5} 6,4991
1	1		0,33860€	0,00005€	0,09759€	0,68744€
2	2	0,33860€		0,000031	0,01294€	0,20201€
3	3	0,00005€	0,000031		0,00157€	0,00007€
4	4	0,09759€	0,01294€	0,00157€		0,17505€
5	5	0,68744€	0,20201€	0,00007€	0,17505€	

Μεταβολή φαινολικών συστατικών

Univariate Tests of Significance for Phenolics (phenel-vitamin c-axladia-ola)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	27792,12	1	27792,12	244,3783	0,000000
membrani	2100,18	4	525,04	4,6168	0,004680
antimikrobiako	648,75	3	216,25	1,9015	0,149215
xronos	2386,93	2	1193,46	10,4942	0,000313
Error	3639,23	32	113,73		

Duncan test; variable Phenolics (phenel-vitamin c-axladia-ola)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 113,73, df = 32,000						
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		31,158	31,924	28,713	30,597	46,290
1	1		0,890357	0,679804	0,919633	0,013020
2	2	0,890357		0,601131	0,822857	0,013828
3	3	0,679804	0,601131		0,734631	0,006205
4	4	0,919633	0,822857	0,734631		0,012269
5	5	0,013020	0,013828	0,006205	0,012269	

Duncan test; variable Phenolics (phenel-vitamin c-axladia-ola)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = 113,73, df = 32,000				
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}
		42,617	37,199	24,620
1	1		0,188493	0,000186
2	2	0,188493		0,003968
3	3	0,000186	0,003968	

### Μεταβολή βιταμίνης C

Univariate Tests of Significance for vitamin C (phenel-vitamin c-axladia-ola)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	369,2917	1	369,2917	893,5854	0,000000
membrani	6,5817	4	1,6454	3,9815	0,009858
antimikrobiako	12,3631	3	4,1210	9,9718	0,000086
xronos	12,8687	2	6,4343	15,5693	0,000019
Error	13,2246	32	0,4133		

Duncan test; variablevitamin C (phenel-vitamin c-axladia-ola)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,41327, df = 32,000					
Cell No.	antimikrobiako	{1}	{2}	{3}	{4}
		3,8129	4,8496	3,7715	3,4580
1	1		0,002283	0,895085	0,289679
2	2	0,002283		0,002140	0,000210
3	3	0,895085	0,002140		0,320293
4	4	0,289679	0,000210	0,320293	

Duncan test; variablevitamin C (phenel-vitamin c-axladia-ola)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,41327, df = 32,000					
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}	
		4,6776	4,3325	3,3695	
1	1		0,165402	0,000069	
2	2	0,165402		0,000507	
3	3	0,000069	0,000507		

Γ) Κυδώνια

Μεταβολή βάρους

Univariate Tests of Significance forvaros (quinces)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	428535,8	1	428535,8	643,0526	0,000000
membrani	36297,7	2	18148,9	27,2338	0,000000
antimikroviako	12694,0	2	6347,0	9,5242	0,000247
xronos	16,7	10	1,7	0,0025	1,000000
Error	41317,3	62	666,4		

Duncan test; variablevaros (quinces)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 666,41, df = 62,000					
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}	
		96,075	145,17	114,58	
1	1		0,000058	0,027744	
2	2	0,000058		0,000522	
3	3	0,027744	0,000522		

Duncan test; variablevaros (quinces)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = 666,41, df = 62,000				
Cell No.	antimikroviako	{1}	{2}	{3}
		122,44	133,89	117,76
1	1		0,17827€	0,57988€
2	2	0,17827€		0,07377€
3	3	0,57988€	0,07377€	

### Μεταβολή χρώματος

Univariate Tests of Significance for xwma (quinces)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	150694,0	1	150694,0	17983,0€	0,00000€
membrani	404,1	2	202,1	24,11	0,00000€
antimikroviako	13,2	2	6,6	0,79	0,459361
xronos	1525,5	10	152,5	18,20	0,00000€
Error	519,5	62	8,4		

Duncan test; variablexwma (quinces)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = 8,3798, df = 62,000				
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}
		64,708	66,885	61,248
1	1		0,02125€	0,00048€
2	2	0,02125€		0,00005€
3	3	0,00048€	0,00005€	

Duncan test; variablexwma (quinces)												
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests												
Error: Between MS = 8,3798, df = 62,000												
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}
		72,146	69,138	66,958	66,946	65,212	64,953	62,364	62,339	61,287	57,606	56,791
1	1		0,05649€	0,00198€	0,00241€	0,00010€	0,00007€	0,00002€	0,00001€	0,00001€	0,00001€	0,00001€
2	2	0,05649€		0,16413€	0,18688€	0,02182€	0,01661€	0,00015€	0,00015€	0,00003€	0,00001€	0,00001€
3	3	0,00198€	0,16413€		0,99364€	0,29299€	0,24463€	0,00844€	0,00910€	0,00149€	0,00001€	0,00001€
4	4	0,00241€	0,18688€	0,99364€		0,26676€	0,23018€	0,00741€	0,00825€	0,00136€	0,00002€	0,00001€
5	5	0,00010€	0,02182€	0,29299€	0,26676€		0,86797€	0,08632€	0,09446€	0,02487€	0,00004€	0,00002€
6	6	0,00007€	0,01661€	0,24463€	0,23018€	0,86797€		0,09946€	0,11534€	0,03235€	0,00005€	0,00003€
7	7	0,00002€	0,00015€	0,00844€	0,00741€	0,08632€	0,09946€		0,98711€	0,51710€	0,00543€	0,00140€
8	8	0,00001€	0,00015€	0,00910€	0,00825€	0,09446€	0,11534€	0,98711€		0,49940€	0,00460€	0,00124€
9	9	0,00001€	0,00003€	0,00149€	0,00136€	0,02487€	0,03235€	0,51710€	0,49940€		0,02055€	0,00700€
10	10	0,00001€	0,00001€	0,00001€	0,00002€	0,00004€	0,00005€	0,00543€	0,00460€	0,02055€		0,60051€
11	11	0,00001€	0,00001€	0,00001€	0,00001€	0,00002€	0,00003€	0,00140€	0,00124€	0,00700€	0,60051€	

Μεταβολή τη υγρασίας

Effect	Univariate Tests of Significance for ygrasia (quinces) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	248104,1	1	248104,1	722065,9	0,000000
membrani	13,7	2	6,8	19,9	0,000000
antimikroviako	21,6	2	10,8	31,4	0,000000
xronos	18,5	10	1,9	5,4	0,000011
Error	21,3	62	0,3		

Duncan test; variable ygrasia (quinces) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,34360, df = 62,000				
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}
		83,527	82,684	82,056
1	1		0,000139	0,000058
2	2	0,000139		0,001408
3	3	0,000058	0,001408	

Duncan test; variable ygrasia (quinces) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,34360, df = 62,000				
Cell No.	antimikroviako	{1}	{2}	{3}
		82,956	81,607	82,709
1	1		0,000058	0,201508
2	2	0,000058		0,000109
3	3	0,201508	0,000109	

Duncan test; variable ygrasia (quinces) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,34360, df = 62,000												
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}
		83,293	83,312	83,052	82,592	82,447	82,410	82,636	82,260	82,190	81,960	81,735
1	1		0,952029	0,445443	0,043596	0,016824	0,013980	0,050794	0,004365	0,002530	0,000285	0,000041
2	2	0,952029		0,440396	0,042696	0,016128	0,013144	0,051656	0,004032	0,002301	0,000260	0,000037
3	3	0,445443	0,440396		0,171568	0,081828	0,071066	0,189175	0,027975	0,017930	0,002786	0,000340
4	4	0,043596	0,042696	0,171568		0,644537	0,587925	0,889777	0,342117	0,261143	0,080841	0,018623
5	5	0,016824	0,016128	0,081828	0,644537		0,906235	0,574603	0,579282	0,462578	0,172706	0,048836
6	6	0,013980	0,013144	0,071066	0,587925	0,906235		0,518325	0,634930	0,513610	0,196828	0,057666
7	7	0,050794	0,051656	0,189175	0,889777	0,574603	0,518325		0,294365	0,220912	0,065296	0,014277
8	8	0,004365	0,004032	0,027975	0,342117	0,579282	0,634930	0,294365		0,823265	0,371754	0,131607
9	9	0,002530	0,002301	0,017930	0,261143	0,462578	0,513610	0,220912	0,823265		0,465407	0,176246
10	10	0,000285	0,000260	0,002786	0,080841	0,172706	0,196828	0,065296	0,371754	0,465407		0,476428
11	11	0,000041	0,000037	0,000340	0,018623	0,048836	0,057666	0,014277	0,131607	0,176246	0,476428	

Μεταβολή pH

Univariate Tests of Significance for H (quinces)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	586,7500	1	586,7500	5830,564	0,000000
membrani	0,0598	2	0,0299	0,297	0,744053
antimikroviako	0,2513	2	0,1257	1,249	0,293989
xronos	4,9288	10	0,4929	4,898	0,000034
Error	6,2393	62	0,1006		

Duncan test; variable H (quinces)												
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests												
Error: Between MS = ,10063, df = 62,000												
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}
		4,0736	4,1487	3,7950	3,7627	3,7483	3,7496	3,7001	4,4451	4,2760	4,0327	4,2949
1	1		0,659328	0,125736	0,098712	0,097456	0,092800	0,059830	0,053288	0,266094	0,810495	0,241352
2	2	0,659328		0,059891	0,044521	0,043176	0,041020	0,024569	0,115571	0,455833	0,524288	0,422286
3	3	0,125736	0,059891		0,849723	0,805921	0,803320	0,625840	0,000891	0,011923	0,166036	0,010037
4	4	0,098712	0,044521	0,849723		0,937484	0,938554	0,741588	0,000544	0,008156	0,137814	0,006697
5	5	0,097456	0,043176	0,805921	0,937484		0,994065	0,777540	0,000494	0,007801	0,140897	0,006239
6	6	0,092800	0,041020	0,803320	0,938554	0,994065		0,786378	0,000466	0,007327	0,133004	0,005918
7	7	0,059830	0,024569	0,625840	0,741588	0,777540	0,786378		0,000217	0,003889	0,090041	0,003045
8	8	0,053288	0,115571	0,000891	0,000544	0,000494	0,000466	0,000217		0,352923	0,034576	0,379010
9	9	0,266094	0,455833	0,011923	0,008156	0,007801	0,007327	0,003889	0,352923		0,197377	0,911909
10	10	0,810495	0,524288	0,166036	0,137814	0,140897	0,133004	0,090041	0,034576	0,197377		0,175215
11	11	0,241352	0,422286	0,010037	0,006697	0,006239	0,005918	0,003045	0,379010	0,911909	0,175215	

### Μεταβολή οξύτητας

Univariate Tests of Significance for H (quinces)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	65,53278	1	65,53278	450,3808	0,000000
membrani	0,33430	2	0,16715	1,1487	0,323688
antimikroviako	0,21757	2	0,10879	0,7476	0,477701
xronos	31,76054	10	3,17605	21,8278	0,000000
Error	9,02133	62	0,14551		

Duncan test; variable H (quinces)												
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests												
Error: Between MS = ,14551, df = 62,000												
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}
		2,5581	2,5581	1,4906	1,1683	,90643	,82586	,78557	1,1884	1,1079	,66471	,82586
1	1		1,000000	0,000060	0,000033	0,000022	0,000018	0,000018	0,000052	0,000026	0,000017	0,000018
2	2	1,000000		0,000110	0,000052	0,000026	0,000022	0,000018	0,000058	0,000033	0,000018	0,000018
3	3	0,000060	0,000110		0,140721	0,011088	0,004328	0,003021	0,143547	0,090840	0,000548	0,004808
4	4	0,000033	0,000052	0,140721		0,231498	0,130761	0,105033	0,921728	0,768063	0,034217	0,140407
5	5	0,000022	0,000026	0,011088	0,231498		0,694208	0,595863	0,214144	0,327174	0,299806	0,713159
6	6	0,000018	0,000022	0,004328	0,130761	0,694208		0,854403	0,118205	0,197503	0,479077	1,000000
7	7	0,000018	0,000018	0,003021	0,105033	0,595863	0,854403		0,092155	0,165614	0,555627	0,844125
8	8	0,000052	0,000058	0,143547	0,921728	0,214144	0,118205	0,092155		0,713159	0,029216	0,124995
9	9	0,000026	0,000033	0,090840	0,768063	0,327174	0,197503	0,165614	0,713159		0,059717	0,214144
10	10	0,000017	0,000018	0,000548	0,034217	0,299806	0,479077	0,555627	0,029216	0,059717		0,461865
11	11	0,000018	0,000018	0,004808	0,140407	0,713159	1,000000	0,844125	0,124995	0,214144	0,461865	



Μεταβολή υφής

Univariate Tests of Significance for ksitita (quinces) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	65,53278	1	65,53278	450,3808	0,000000
membrani	0,33430	2	0,16715	1,1487	0,323688
antimikroviako	0,21757	2	0,10879	0,7476	0,477701
xronos	31,76054	10	3,17605	21,8278	0,000000
Error	9,02133	62	0,14551		

Duncan test; variable ksitita (quinces) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,14551, df = 62,000												
Cell No.	xronos	{1} 2,5581	{2} 2,5581	{3} 1,4906	{4} 1,1683	{5} ,90643	{6} ,82586	{7} ,78557	{8} 1,1884	{9} 1,1079	{10} ,66471	{11} ,82586
1	1		1,000000	0,000060	0,000030	0,000022	0,000018	0,000018	0,000052	0,000026	0,000017	0,000018
2	2	1,000000		0,000110	0,000052	0,000026	0,000022	0,000018	0,000058	0,000033	0,000018	0,000018
3	3	0,000060	0,000110		0,140721	0,011088	0,004328	0,003021	0,143547	0,090840	0,000548	0,004808
4	4	0,000030	0,000052	0,140721		0,231498	0,130761	0,105033	0,921728	0,768063	0,034217	0,140407
5	5	0,000022	0,000026	0,011088	0,231498		0,694208	0,595863	0,214144	0,327174	0,299806	0,713159
6	6	0,000018	0,000022	0,004328	0,130761	0,694208		0,854403	0,118208	0,197503	0,479077	1,000000
7	7	0,000018	0,000018	0,003021	0,105033	0,595863	0,854403		0,092158	0,165614	0,555627	0,844128
8	8	0,000052	0,000058	0,143547	0,921728	0,214144	0,118208	0,092158		0,713159	0,029216	0,124998
9	9	0,000026	0,000033	0,090840	0,768063	0,327174	0,197503	0,165614	0,713159		0,059717	0,214144
10	10	0,000017	0,000018	0,000548	0,034217	0,299806	0,479077	0,555627	0,029216	0,059717		0,461868
11	11	0,000018	0,000018	0,004808	0,140407	0,713159	1,000000	0,844128	0,124998	0,214144	0,461868	

Μεταβολή φαινολικών συστατικών

Univariate Tests of Significance for phenolics (kydwnia-phenolics+vitamin c) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	10262,68	1	10262,68	1910,806	0,000000
membrani	98,50	2	49,25	9,170	0,000969
antimikroviako	41,42	2	20,71	3,856	0,034143
xronos	681,40	4	170,35	31,717	0,000000
Error	139,64	26	5,37		

Duncan test; variable phenolics (kydwnia-phenolics+vitamin c) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 5,3709, df = 26,000					
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}	
		18,768	23,871	20,861	
1	1		0,000172	0,066598	
2	2	0,000172		0,010704	
3	3	0,066598	0,010704		

Duncan test; variable phenolics (kydwnia-phenolics+vitamin c) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 5,3709, df = 26,000					
Cell No.	antimikroviako	{1}	{2}	{3}	
		20,786	21,300	24,003	
1	1		0,603258	0,003949	
2	2	0,603258		0,010441	
3	3	0,003949	0,010441		

Duncan test; variable phenolics (kydwnia-phenolics+vitamin c) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 5,3709, df = 26,000						
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		29,105	23,803	20,890	19,469	15,992
1	1		0,000357	0,000065	0,000056	0,000033
2	2	0,000357		0,026706	0,002395	0,000058
3	3	0,000065	0,026706		0,261938	0,000791
4	4	0,000056	0,002395	0,261938		0,009499
5	5	0,000033	0,000058	0,000791	0,009499	

Μεταβολή Βιταμίνης C

Univariate Tests of Significance for vitamin C (kydwnia-phenolics+vitamin c) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	2095,142	1	2095,142	1107,500	0,000000	
membrani	20,872	2	10,436	5,517	0,010068	
antimikroviako	3,216	2	1,608	0,850	0,438991	
xronos	91,480	4	22,870	12,089	0,000011	
Error	49,186	26	1,892			

Duncan test; variable vitamin C (kydwnia-phenolics+vitamin c) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,8918, df = 26,000					
Cell No.	membrani	{1}	{2}	{3}	
	1	9,5250	10,721	9,1553	
1	1		0,076719	0,573572	
2	2	0,076719		0,029515	
3	3	0,573572	0,029515		

Duncan test; variable vitamin C (kydwnia-phenolics+vitamin c) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,8918, df = 26,000						
Cell No.	xronos	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	1	12,843	9,8141	9,3069	9,5046	7,9266
1	1		0,000472	0,000148	0,000217	0,000034
2	2	0,000472		0,521985	0,677324	0,024867
3	3	0,000148	0,521985		0,790247	0,071855
4	4	0,000217	0,677324	0,790247		0,051378
5	5	0,000034	0,024867	0,071855	0,051378	