



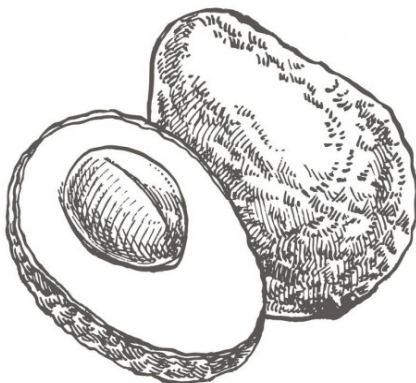
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας IV: Σύνθεσης και ανάπτυξης
βιομηχανικών διαδικασιών.

Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας
Τροφίμων

**Εφαρμογή εδώδιμων επικαλυπτικών μεμβρανών σε
συνδυασμό με αντιοξειδωτικά συστατικά για τη
συντήρηση φρούτων σε δείγματα αβοκάντο και
μπανάνας**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΜΠΑΛΙΚΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΤΖΙΑ, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, 2022

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας κας Κωνσταντίνας Τζιά.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Τζιά, όχι μόνο για την εμπιστοσύνη της και την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος σε εμένα, αλλά και για το ενδιαφέρον και την καθοδήγησή της σε όλη τη διάρκεια των πειραμάτων και της συγγραφής της εργασίας.

Επιπροσθέτως, οφείλω να ευχαριστήσω την Δρ Βιργινία Γιάννου αλλά και όλο το προσωπικό του εργαστηρίου, επιστημονικούς συνεργάτες και υποψήφιους διδάκτορες, οι οποίοι συνεχώς ήταν πρόθυμοι για βοήθεια και επεξηγήσεις σε όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας.

Τέλος, ιδιαίτερες ευχαριστίες αξίζουν στην οικογένειά μου για τη διαρκή στήριξη, τόσο κατά τη φοίτησή μου στη Σχολή Χημικών Μηχανικών όσο και σε κάθε στιγμή της ζωής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη μελέτη της εφαρμογής εδώδιμων μεμβρανών για τη συντήρηση φρούτων υπό ψύξη, με ταυτόχρονη ενσωμάτωση σε αυτές αντιοξειδωτικών συστατικών.

Τα δύο εξεταζόμενα φρούτα είναι το αβοκάντο και η μπανάνα, φρούτα ευρείας κατανάλωσης στη Ελλάδα αλλά και στο μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη. Αγορασμένα από τοπικό οπωροπωλείο, εξετάστηκαν το μεν αβοκάντο τεμαχισμένο σε κύβους διατάσεων 1cmX1cmX1cm, η δε μπανάνα τεμαχισμένη σε φέτες πάχους 0,7cm. Η συντήρησή τους έγινε υπό ψύξη σε θερμοκρασία 3°C.

Τα συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των εδώδιμων μεμβρανών ήταν η πηκτίνη, η καζεΐνη, η χιτοζάνη και η υδρο-προπυλο-μεθυλο-κυτταρίνη (HPMC), όπως και το κιτρικό οξύ ως αντιοξειδωτικό/αναστολέας ενζυμικού μαυρίσματος. Στα δείγματα που επικαλύφθηκαν με πηκτίνη και καζεΐνη, μελετήθηκε επίσης και η προσθήκη/ενσωμάτωση κερκετίνης και ροσμαρινικού οξέος. Αντίθετα, στα δείγματα με χιτοζάνη και HPMC προστέθηκαν κυκλοδεξτρίνη, ναοκρυσταλλική κυτταρίνη αλλά και μίγμα των δύο ουσιών.

Στα επικαλυμμένα δείγματα των δύο φρούτων που αποθηκεύτηκαν υπό ψύξη, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα μίας ημέρας. Τα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά τους ήταν η ποσοστιαία μεταβολή βάρους και υγρασίας, η μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος, η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C και η μεταβολή της υφής. Επιπλέον για το αβοκάντο, εξετάστηκε η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε έλαιο και ο βαθμός οξείδωσης του ελαίου. Επίσης πραγματοποιήθηκε οργανοληπτικός έλεγχος των δειγμάτων για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την υποβάθμιση της ποιότητας των φρούτων. Τέλος πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τις διαφορές και τις συσχετίσεις δειγμάτων ίδιου φρούτου με διαφορετικές μεμβράνες ή διαφορετικού φρούτου με την ίδια μεμβράνη.

Αναφορικά με την ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων, η χρήση HPMC μόνη της (χωρίς άλλα πρόσθετα υλικά), φάνηκε να την περιορίζει, ενώ αντίθετα τα δείγματα με πρόσθετα υλικά μεμβρανών παρουσίασαν μεγαλύτερες μεταβολές. Επιπλέον, όπως αναμενόταν, η χρήση ή μη αντιοξειδωτικών δεν επηρέασε τη μεταβολή του βάρους, ενώ προς το τέλος της πειραματικής διαδικασίας φάνηκε μία σταθεροποίηση αυτής της μεταβολής. Τέλος, τα δείγματα αβοκάντο φάνηκαν να έχουν μεγαλύτερες μεταβολές από αυτά της μπανάνας. Όσον αφορά την ποσοστιαία μεταβολή υγρασίας, επίσης παρατηρήθηκε μείωση και σταθεροποίηση της μεταβολής της προς το πέρας των πειραμάτων, με τα δείγματα αβοκάντο να έχουν πάλι μεγαλύτερες μεταβολές από αυτά της μπανάνας. Η ενσωμάτωση κερκετίνης και ροσμαρινικού οξέος στις μεμβράνες, φαίνεται να αυξάνει την ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων, ενώ η χρήση HPMC να την περιορίζει, ειδικά στα δείγματα μπανάνας.

Ιδιαίτερα εμφανής ήταν η αλλοίωση του χρώματος των δειγμάτων με ενσωματωμένα αντιοξειδωτικά συστατικά στις μεμβράνες. Σημαντικά θετική επίδραση στη διατήρηση του αντικειμενικού χρώματος και των δύο φρούτων φάνηκε να έχει η ναοκρυσταλλική κυτταρίνη. Μικρότερη μεταβολή φαίνεται να είχαν τα δείγματα αβοκάντο από αυτά της

μπανάνας. Η σκληρότητα των δειγμάτων παρουσίασε μείωση με το χρόνο αποθήκευσης όπως αναμενόταν, ενώ εμφανίστηκε μείωση της μεταβολής της με χρήση ροσμαρινικού οξέος και κερκετίνης στις μεμβράνες. Επίσης μεγαλύτερη μεταβολή στην υφή παρουσίασαν τα δείγματα αβοκάντο. Στα δείγματα μπανάνας μικρότερη μεταβολή εμφάνισαν τα δείγματα με επικαλυπτική μεμβράνη καζεΐνης, ενώ στα δείγματα αβοκάντο αυτά με επικαλυπτική μεμβράνη χιτοζάνης.

Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε βιταμίνη C φαίνεται να παρέμεινε πρακτικά αμετάβλητη για τα δείγματα και των δύο φρούτων επικαλυμμένων με μεμβράνη καζεΐνης, ενώ αντίθετα η χρήση μεμβράνης ΗPMC προκάλεσε μεταβολές στην περιεκτικότητα της βιταμίνης C. Τέλος, ο αριθμός υπεροξειδίων του περιεχόμενου ελαίου αλλά και το συνολικό ποσοστό ελαίου στα δείγματα αβοκάντο, διατηρήθηκαν με μικρές μεταβολές, στα δείγματα που περιείχαν κάποιο αντιοξειδωτικό. Ειδικά το συνολικό ποσοστό ελαίου σε όλα τα δείγματα διατηρήθηκε σχεδόν σταθερό, όπως και αναμενόταν.

Ο οργανοληπτικός έλεγχος έδειξε αλλοίωση του χρώματος των δειγμάτων, τόσο με χρήση κερκετίνης στις επικαλυπτικές μεμβράνες, όσο και με χρήση ροσμαρινικού οξέος. Επίσης τα επικαλυμμένα δείγματα με ΗPMC και ειδικότερα αυτά του αβοκάντο, παρουσίασαν μία πικρή αίσθηση στη γεύση.

ABSTRACT

Application of edible coatings in combination with antioxidants for fruit preservation in avocado and banana samples

The present thesis deals with the study of the application of edible coatings for the preservation of refrigerated fruits, with the simultaneous application of antioxidants.

The two examined fruits were avocado and banana, fruits widely consumed in Greece and in most of the world. Bought from a local greengrocer, the avocado was cut into cubes of 1cmX1cmX1cm, while the banana was cut into slices 0.7cm thick. Their storage was refrigerated at a temperature of 3°C.

The ingredients used to make the edible membranes were citric acid, pectin, casein, chitosan and hydro-propyl-methyl-cellulose (HPMC). The samples coated with pectin and casein were also enriched with the addition of quercetin and rosmarinic acid. In contrast, the samples with chitosan and HPMC were enriched with cyclodextrin, nanocrystalline cellulose and a mixture of these two substances.

In the samples of the two fruits, measurements were performed at regular intervals of one day. Their examined characteristics were the percentage weight loss and humidity loss, the change in objective color, the content of vitamin C and the change in texture. In addition, as far as the avocados' samples are concerned, the degree of oxidation and the oil content of the samples were also examined. Sensory testing of the samples was also performed to draw conclusions about the deterioration of fruit quality. Finally, a statistical analysis of the results was performed, in order to draw conclusions about the differences and correlations of samples of the same fruit with different membranes or different fruit with the same membrane.

Regarding the percentage weight loss of the samples, the use of HPMC without additives seemed to limit it, while on the contrary the samples with additives showed larger changes. In addition, as expected, the use or not of antioxidants did not affect the change in weight, while towards the end of the experimental process a stabilization of this change was seen. Finally, the avocado samples appeared to have larger changes than those of the banana. Regarding the percentage change in humidity, a decrease and a stabilization of the change towards the end of the experiments was also observed, with the avocado samples again having larger changes than those of the banana. The use of quercetin and rosmarinic acid appears to increase the percentage weight loss, while the use of HPMC limits it, especially in banana samples.

The discoloration of the samples was particularly evident, using both quercetin and rosmarinic acid. Nanocrystalline cellulose seemed to have a significant positive effect on the preservation of the objective color of both fruits. Avocado samples appear to have changed less than banana samples. The hardness of the samples decreased with time as expected, while there was a decrease in its change using rosmarinic acid and quercetin. Avocado samples also showed a greater change in texture. In the banana samples, those

with casein showed a smaller change, while in the avocado samples, this small change was seen by those with chitosan.

The content of vitamin C in the samples seems to have remained practically unchanged for the samples of the two fruits with casein, while the use of HPMC caused changes. Finally, the number of oil peroxides and the total percentage of oil in the samples were maintained stable with small changes in the samples that contained antioxidants. Especially the total percentage of oil in all the samples remained almost constant, as expected.

The organoleptic examination showed discoloration of the samples, either with the use of quercetin or with the use of rosmarinic acid. Also the HPMC coated samples, especially the avocado ones, had a bitter taste.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	10
Φρούτα- Θεωρητικό μέρος	12
Ορισμός φρούτου.....	12
Χαρακτηριστικά φρούτου- σύσταση.....	12
Νερό	12
Βιταμίνες	12
Πρωτεΐνες	13
Υδατάνθρακες	13
Λίπη και έλαια.....	13
Φυτικές ίνες.....	13
Μέταλλα	13
Φαιολικές ουσίες.....	13
Αλλοιώσεις- μεταβολές φρούτων	14
Αλλοιώσεις χρώματος	14
Παραγωγή αιθυλενίου	14
Απώλεια υγρασίας.....	14
Απώλεια οξυγόνου.....	14
Τραυματισμός φρούτων.....	15
Μόλυνση από μικροοργανισμούς	15
Συντήρηση- αποθήκευση φρούτων	15
Σχετική υγρασία	16
Θερμοκρασία.....	16
Σύσταση αέρα	16
Ανακύκλωση αέρα.....	16
Φώς και μηχανική καταπόνηση	16
Μέθοδοι αποθήκευσης.....	16
Παραδοσιακές μέθοδοι αποθήκευσης	16
Αποθήκευση σε ψύξη.....	17
Αποθήκευση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα.....	18
Αποθήκευση σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα	18
Εδώδιμες μεμβράνες.....	18
Ιστορική αναδρομή- Χρησιμοποίηση στο πέρασμα των χρόνων	18
Χαρακτηριστικά εδώδιμων μεμβρανών	19

Ταξινόμηση εδώδιμων μεμβρανών	20
Σκοπός- Υλικά παρασκευής.....	22
Μέθοδοι- παραδείγματα εφαρμογής.....	23
Επικαλυπτικές μεμβράνες πολυσακχαριτών	24
Πηκτίνη.....	25
Χιτοζάνη.....	26
HPMC.....	28
Επικαλυπτικές μεμβράνες πρωτεϊνών	28
Καζεΐνη	30
Σύνθετες μεμβράνες	31
Ενσωμάτωση αντιοξειδωτικών	31
Ενσωμάτωση αντιμικροβιακών.....	32
Κιτρικό οξύ.....	32
Κυκλοδεξτρίνη.....	33
Νανοκρυσταλλική κυτταρίνη	34
Ροσμαρινικό οξύ.....	35
Κερκετίνη.....	35
Αβοκάντο	36
Μπανάνα	37
Πειραματικό μέρος.....	39
Σκοπός	39
Υλικά και μέθοδοι	39
Ά ύλες- αντιδραστήρια.....	39
Όργανα- συσκευές	40
Πειραματική διαδικασία	41
Προετοιμασία δειγμάτων φρούτων.....	41
Παρασκευή μεμβρανών και αντιοξειδωτικών	42
Παρασκευή δειγμάτων.....	42
Συχνότητα και διάρκεια μετρήσεων	44
Εξεταζόμενα χαρακτηριστικά.....	44
Αναλύσεις- Μετρήσεις	44
Μεταβολή βάρους	44
Μεταβολή υγρασίας	44
Μεταβολή χρώματος.....	45

Μέτρηση υφής	45
Μέτρηση βιταμίνης C	46
Μέτρηση βαθμού οξείδωσης.....	47
Μέτρηση περιεκτικότητας δειγμάτων σε έλαιο	47
Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.....	48
Σχεδιασμός πειραμάτων	48
Στατιστική επεξεργασία	49
Αποτελέσματα- Συζήτηση	50
Εισαγωγή	50
Παρουσίαση αποτελεσμάτων	50
Μεταβολή βάρους δειγμάτων αβοκάντο	51
Μεταβολή υγρασίας δειγμάτων αβοκάντο	55
Μεταβολή χρώματος δειγμάτων αβοκάντο	59
Μεταβολή υφής δειγμάτων αβοκάντο	63
Περιεκτικότητα δειγμάτων αβοκάντο σε Βιταμίνη C.....	66
Μεταβολή αριθμού υπεροξειδίων ελαίου δειγμάτων αβοκάντο	70
Μεταβολή ποσοστού ελαίου δειγμάτων αβοκάντο	73
Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων αβοκάντο	76
Μεταβολή βάρους δειγμάτων μπανάνας.....	85
Μεταβολή υγρασίας δειγμάτων μπανάνας.....	88
Μεταβολή αντικειμενικού χρώματος δειγμάτων μπανάνας.....	91
Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων μπανάνας	95
Περιεκτικότητα δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C	98
Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων μπανάνας.....	101
Στατιστική επεξεργασία σειρών 1-4 και 5-8	109
Ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA).....	110
Σειρές μετρήσεων 3,4,7,8.....	112
Σειρές μετρήσεων 1,2.....	113
Σειρές μετρήσεων 3,4.....	115
Σειρές μετρήσεων 5,6.....	116
Σειρές μετρήσεων 7,8.....	118
Σειρές μετρήσεων 1,2 και 3,4.....	119
Σειρές μετρήσεων 5,6 και 7,8.....	121
Συμπεράσματα- προτάσεις για το μέλλον	122

Συμπεράσματα	122
Προτάσεις.....	125
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	128
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	133

Εισαγωγή

Τα φρούτα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι μίας ισορροπημένης διατροφής, ενώ ανάλογα με το είδος τους, περιέχουν σε διαφορετικές συγκεντρώσεις απαραίτητα συστατικά για την κανονική λειτουργία ενός οργανισμού. Περιέχουν πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, βιταμίνες, φλαβονοειδή, νερό, φυτικές ίνες και άλλα συστατικά, τα οποία συντελούν σε μία σωστή διατροφή. Λόγω της φυσιολογίας τους, χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερος ευπαθής, με τον ρυθμό αλλοίωσής τους να αυξάνεται μετά τον τεμαχισμό και την επεξεργασία τους.

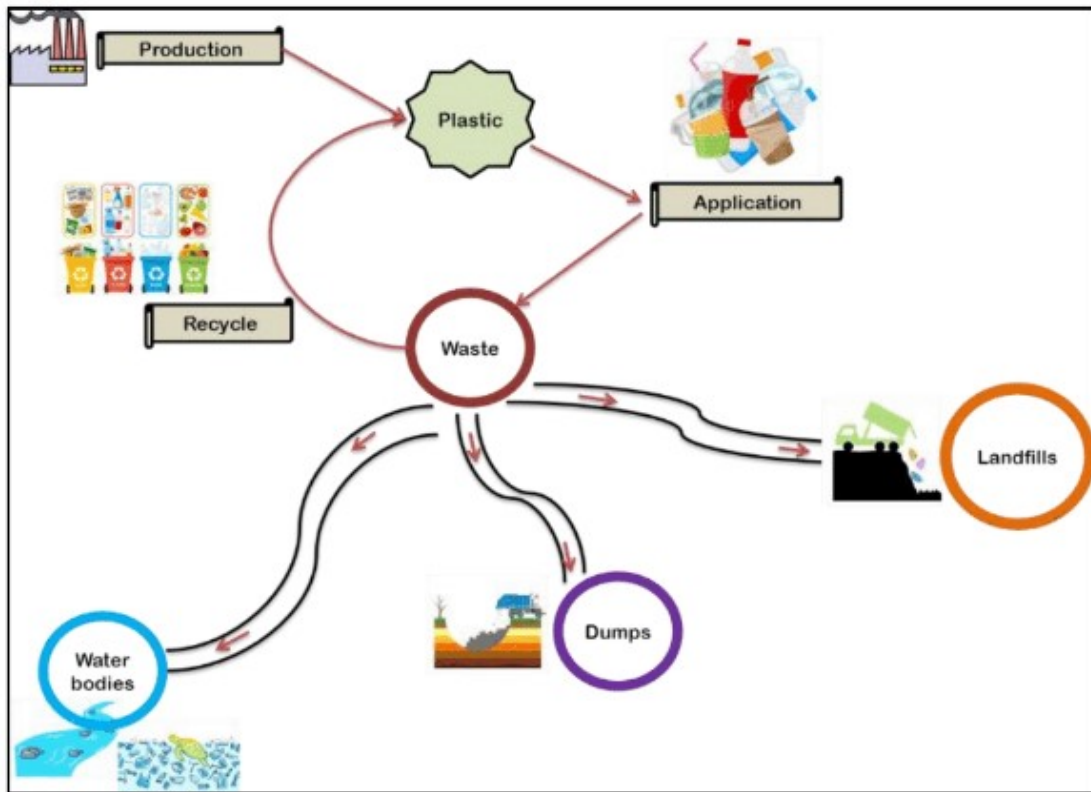
Τα δύο εξεταζόμενα φρούτα, η μπανάνα και το αβοκάντο, είναι από τα ευρέως καταναλισκόμενα στην Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως, με τη ζήτησή τους να παρουσιάζει αυξητική τάση, τόσο για τις παραδοσιακές όσο και για τις νέες ποικιλίες τους. Ανήκουν στην κατηγορία των κλιμακτηριακών φρούτων, αυτών δηλαδή που συνεχίζουν την ανάπτυξή τους μετά τη συγκομιδή από το δέντρο. Τα κλιμακτηριακά φρούτα παράγουν πολύ μεγαλύτερες ποσότητες αιθυλενίου κατά την ανάπτυξή τους από τα υπόλοιπα φρούτα. Τοποθετώντας τα σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα με υψηλή περιεκτικότητα αιθυλενίου, αυξάνεται ο ρυθμός ανάπτυξής τους και σε συνδυασμό με τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο χώρο, η ωρίμανσή τους επιτυγχάνεται σε ελεγχόμενο βαθμό.

Τις τελευταίες δεκαετίες, το ποσοστό των εδώδιμων μερών των τροφίμων που χάνεται ή απορρίπτεται παγκοσμίως αγγίζει το ένα τρίτο της συνολικής ποσότητάς τους, δηλαδή τα 1,3 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως. Η αντίστοιχη ποσότητα για τα φρούτα και τα λαχανικά φτάνει το 0,5 δισεκατομμύριο τόνους ετησίως, με το μεγαλύτερο μέρος αυτής να χάνεται κατά το στάδιο της παραγωγής, αλλά και τις απώλειες κατά την επεξεργασία και την εμπορία τους να είναι σημαντικές [1].

Με την πάροδο των χρόνων και τους εντονότερους ρυθμούς ζωής, η ανάγκη για τρόφιμα έτοιμα προς κατανάλωση έχει ενταθεί, κατάσταση από την οποία δεν θα μπορούσαν να απουσιάζουν και τα φρούτα. Οι κομμένες και πλυμένες σαλάτες στα ράφια των υπεραγορών αποτελούν σύνθητες θέαμα, ενώ την ίδια πορεία ακολουθούν και φρούτα- φρουτοσαλάτες. Παρόλα αυτά η αγορά παραμένει περιορισμένη λόγω της γρήγορης ποιοτικής υποβάθμισής τους κατά την αποθήκευση και τη μεταφορά. Λόγω της ευαισθησίας και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, τα φρούτα χρήζουν ειδικής επεξεργασίας προκειμένου να καταλήξουν στον καταναλωτή σε κατάσταση που να καλύπτει τα καθορισμένα πρότυπα ασφάλειας και ποιότητας.

Επιπλέον η επεξεργασία και διάθεση έτοιμων προς κατανάλωση φρούτων από βιομηχανίες τροφίμων έχει τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα. Τα λειτουργικά έξοδα της διαδικασίας ελαχιστοποιούνται και τα απόβλητα μειώνονται αλλά και απορρίπτονται με καλύτερο τρόπο (βιολογική επεξεργασία, κομποστοποίηση κλπ.). Η παγκόσμια αγορά συσκευασιών έφτασε τα 812 δισεκατομμύρια δολάρια το 2014, ενώ σήμερα ξεπερνά τα 915 δισεκατομμύρια, με τις πλαστικές συσκευασίες να ξεπερνούν το 35% του συνόλου των συσκευασιών [6]. Είναι εμφανής λοιπόν η ανάγκη για ανάπτυξη και χρησιμοποίηση περισσότερο φιλικών προς το περιβάλλον συσκευασιών. Η ρύπανση από πλαστικό και μικροπλαστικά (σωματίδια πλαστικού μεγέθους μικρότερου από 5mm), επηρεάζει όλους τους ζώντες οργανισμούς στον πλανήτη, όπως επίσης και τον υδροφόρο ορίζοντα αλλά και τον τομέα της γεωργίας. Η παραγωγή πλαστικού αγγίζει πλέον τα

350.000.000 τόνους ετησίως, με μεγάλο μέρος αυτών να καταλήγει στο περιβάλλον, με πολλές αρνητικές επιπτώσεις. Ο κύκλος του πλαστικού σε παγκόσμια κλίμακα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 1 [27].



Εικόνα 1. Κύκλος του πλαστικού

Τα στάδια που πρέπει να περάσει το φρούτο ώστε να παραδοθεί έτοιμο προς κατανάλωση είναι το πλύσιμο, η αποφλοιώση, ο τεμαχισμός και η περαιτέρω επεξεργασία. Τόσο με την αποφλοιώση όσο και με τον τεμαχισμό και την επεξεργασία, το φρούτο έρχεται σε άμεση επαφή με την ατμόσφαιρα αλλά και με διάφορα σκεύη και εργαλεία. Κάτι τέτοιο καθιστά άμεσο τον κίνδυνο κάποιας μόλυνσης από μικροοργανισμούς, οξείδωσης ή άλλης αλλοίωσης. Προκειμένου να αποφευχθούν τέτοιες καταστάσεις, ο κλάδος της χημείας και τεχνολογίας τροφίμων εφαρμόζει διάφορες τεχνικές. Ορισμένες από αυτές είναι το ζεμάτισμα πριν τη συσκευασία, η συντήρηση σε ψύξη, η συντήρηση σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα και η χρήση επικαλυπτικών μεμβρανών για την προστασία και διατήρηση του προϊόντος.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, με την εφαρμογή εδωδιμων επικαλυπτικών μεμβρανών σε κύβους αβοκάντο και φέτες μπανάνας και σε συνδυασμό με αποθήκευση υπό ψύξη, γίνεται προσπάθεια για επέκταση του χρόνου ζωής των τεμαχίων των φρούτων και για διατήρηση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών. Στην ουσία γίνεται προσπάθεια εφαρμογής μίας τροποποιημένης ατμόσφαιρας στα φρούτα και μελέτη των επιπτώσεών της με το πέρασμα του χρόνου.

Φρούτα- Θεωρητικό μέρος

Ορισμός φρούτου

Με τον όρο φρούτα αναφέρονται και τα αληθινά και τα ψευδή (sprurious) φρούτα, όπως και οι σπόροι των καλλιεργημένων και των άγριων πολυετών φυτών. Είναι δομές που φέρουν σπόρους και αναπτύσσονται στα άνθη των φυτών. Ταξινομούνται συνήθως ως:

- Πομώδη
- Πυρηνόκαρπα
- Ραγόκαρπα
- Τροπικά
- Υποτροπικά
- Ξηροί καρποί με σκληρό κέλυφος
- Άγρια φρούτα [34].

Διαφέρουν στο είδος και το μέγεθος, το χρώμα, τη γεύση, το ποσοστό υγρασίας, την υφή κλπ., ανάλογα με τον τόπο καλλιέργειάς τους, τις συνθήκες, την ποικιλία και το βαθμό ωρίμανσής τους.

Χαρακτηριστικά φρούτου- σύσταση

Λόγω του αρώματος, της ευχάριστης και συνήθως γλυκιάς γεύσης αλλά και των ποικίλων χρωμάτων που φέρουν σε συνδυασμό με τη θρεπτική αξία τους, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της διατροφής. Τα φρούτα αποτελούν απαραίτητο στοιχείο κάθε ισορροπημένης διαίτας, καθώς περιέχουν νερό, βιταμίνες, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη και έλαια, φυτικές ίνες, μέταλλα και ιχνοστοιχεία, φαινολικές ουσίες και άλλα συστατικά, απαραίτητα για τη σωστή λειτουργία του οργανισμού. Αποτελούνται από πολυσακχαρίτες, οργανικά οξέα, αζωτούχες ενώσεις, χρωστικές και αρωματικές ουσίες, βιταμίνες και ανόργανα συστατικά [34]. Παρακάτω αναλύονται τα κύρια συστατικά των φρούτων.

Νερό

Αποτελεί το βασικότερο συστατικό των φρούτων σε ποσοστό 50- 81%, το οποίο συμβάλλει στη δομή, εμφάνιση και διατηρησιμότητά τους. Η απομάκρυνσή του με διάφορες μεθόδους, μεταβάλλει τις ιδιότητες των φρούτων, ενώ ταυτόχρονα περιορίζει και τον ρυθμό αλλοίωσής τους. Μέτρο της διαθεσιμότητας του νερού στα φρούτα, αλλά και στα τρόφιμα γενικά, είναι η ενεργότητα νερού (a_w) [45].

Βιταμίνες

Είναι οργανικές ενώσεις απαραίτητες για την ορθή λειτουργία των οργανισμών, η μη λήψη των οποίων προκαλεί ασθένειες (beri- beri λόγω έλλειψης θειαμίνης ή σκορβούτο λόγω έλλειψης βιταμίνης C). Οι απαραίτητες προς λήψη από τον οργανισμό ποσότητες των βιταμινών είναι της τάξης των mg ή μg , ενώ η λήψη ποσοτήτων κάτω και πάνω από τα όρια προκαλεί δυσλειτουργίες (αβιταμίνωση- υπερβιταμίνωση). Η δράση τους αλληλοεξαρτάται, ενώ είναι δύσκολο να αντικατασταθούν από άλλες ουσίες. Τέλος, χωρίζονται σε υδατοδιαλυτές και λιποδιαλυτές [45].

Πρωτεΐνες

Απαραίτητα συστατικά του οργανισμού, τόσο δομικά όσο και ως ένζυμα για τον μεταβολισμό του. Είναι οργανικές αζωτούχες ενώσεις, αποτελούμενες από α- αμινοξέα, ενωμένα με πεπτιδικούς δεσμούς. Αποτελούνται από C (50- 55%), H (6,5- 7%), O (19- 24%), N (15- 17,6%), S (0,3- 2,3%) και σε ορισμένες περιπτώσεις P (0,3%). Είναι φυτικής και ζωικής προέλευσης, με τα ανώτερα ζώα να εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από τις φυτικές πρωτεΐνες, των οποίων η περιεκτικότητα σε λαχανικά ανέρχεται σε 1- 4% [45].

Υδατάνθρακες

Αποτελούν βασική πηγή ενέργειας για τον οργανισμό, ενώ επίσης είναι και δομικά συστατικά (άμυλο, γλυκογόνο, κυτταρίνη) και παράγοντες γεύσης. Σχηματίζονται στα φυτά με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, ενώ από χημική άποψη είναι πολυ- υδροξυ- αλδεΐδες, πολυ- υδροξυ- κετόνες ή προϊόντα συμπύκνωσης αυτών. Διασπώνται προς σάκχαρα με υδρόλυση με οξέα ή ένζυμα και ανάλογα με τον αριθμό μονοσακχαριτών που περιέχουν χωρίζονται σε:

- Μονοσακχαρίτες
- Ολιγοσακχαρίτες (2- 10 μονοσακχαρίτες)
- Πολυσακχαρίτες (μεγάλος αριθμός μονοσακχαριτών) [45]

Λίπη και έλαια

Είναι φυτικής και ζωικής προέλευσης, αποτελώντας θρεπτικές ύλες υψηλής ενεργειακής αξίας, ενώ περιέχουν απαραίτητα για τη σωματική και νοητική ανάπτυξη λιπαρά οξέα, τα οποία δεν συνθέτει ο οργανισμός. Καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών του οργανισμού, παρέχοντας περίπου 2,3 φορές περισσότερη ενέργεια από τις πρωτεΐνες και τους υδατάνθρακες [45].

Φυτικές ίνες

Αποτελούν δομικά συστατικά των φυτών, ενώ δεν απορροφώνται και δεν μεταβολίζονται από τον οργανισμό. Βοηθούν στη σωστή λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος, στην πρόληψη ασθενειών όπως ο καρκίνος και ο διαβήτης τύπου 2 και στον περιορισμό της LDL- χοληστερόλης [46].

Μέταλλα

Είναι από τα σπουδαιότερα ανόργανα συστατικά του οργανισμού και απαντώνται είτε ενωμένα με οργανικές ενώσεις είτε υπό μορφή αλάτων. Σημαντικότερα είναι το ασβέστιο, το μαγνήσιο, ο σίδηρος, το κάλιο και το νάτριο. Μαζί με τα υπόλοιπα ανόργανα συστατικά, συμβάλλουν στη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών για την ορθή λειτουργία κυττάρων και ιστών [45].

Φαινολικές ουσίες

Οι φαινολικές ουσίες είναι μία σημαντική ομάδα συστατικών των φρούτων και λαχανικών, η οποία ενισχύει τον οργανισμό και βοηθά στην πρόληψη ασθενειών, όπως παθήσεων του νευρικού και του καρδιαγγειακού συστήματος. Έχουν αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις και αντιμικροβιακές ιδιότητες [47]. Απαντώνται στα περισσότερα φρούτα, ενώ οι περισσότερες από αυτές συμβάλλουν στο χρώμα και τη γεύση τους.

Αλλοιώσεις- μεταβολές φρούτων

Τα φρούτα χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερος ευπαθή προϊόντα, καθιστώντας υποχρεωτικό τον έλεγχό τους από το στάδιο της παραγωγής έως αυτά της συγκομιδής, μεταφοράς, αποθήκευσης και επεξεργασίας. Ένα σύνολο κανόνων και συστημάτων (πχ. ISO, HACCP) εξασφαλίζουν την ορθή λειτουργία της βιομηχανίας τροφίμων και διασφαλίζουν την ποιότητα και την ασφάλειά τους. Επιπροσθέτως, η ζήτηση από μεριάς καταναλωτών για ολοένα και ανώτερα ποιοτικά προϊόντα, τόσο εμφανισιακά όσο και από πλευράς διατροφικής αξίας, εντατικοποιούν τους ελέγχους σε όλα τα στάδια της παραγωγής.

Αλλοιώσεις χρώματος

Η αλλοίωση του χρώματος και η ενζυμική αμαύρωση αποτελούν δύο από τις κυριότερες αλλοιώσεις των φρούτων, οι οποίες δεν επηρεάζουν τη θρεπτική αξία, το βάρος, ακόμη και τη γεύση τους. Η πολυφαινολοξειδάση (PPO) είναι το κύριο ένζυμο που ευθύνεται για τις παραπάνω αλλαγές σε φρούτα και λαχανικά που περιέχουν φαινολικές ή πολυφαινολικές ενώσεις. Μετά από μία σειρά αντιδράσεων που καταλύει, μετατρέπει τις φαινολικές ενώσεις τελικά σε μελανίνες, οι οποίες προσδίδουν το χαρακτηριστικό σκούρο χρώμα στα προϊόντα [21]. Εντούτοις τα παραπάνω επηρεάζουν αισθητικά τον καταναλωτή, με αποτέλεσμα τη μείωση της ζήτησης.

Παραγωγή αιθυλενίου

Η παραγωγή αιθυλενίου μετά τη συγκομιδή, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες αλλοίωσης των φρούτων. Επιταχύνει την ωρίμανσή τους, ενώ συμβάλλει και στη γεύση, το χρώμα και την υφή τους. Η αποθήκευση σε ελεγχόμενη ή τροποποιημένη ατμόσφαιρα αποτελεί μία μέθοδο περιορισμού του φαινομένου. Τα κλιμακτηριακά φρούτα παράγουν μεγάλες ποσότητες αιθυλενίου κατά τη φάση ωρίμανσής τους και η αποθήκευσή τους σε ατμόσφαιρα με υψηλή περιεκτικότητα σε αιθυλένιο ευθύνεται για την πιο γρήγορη ωρίμανσή τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της παραπάνω μεθόδου αποτελεί η ωρίμανση της μπανάνας.

Απώλεια υγρασίας

Άλλος παράγοντας αλλοίωσης είναι η απώλεια υγρασίας από τα φρούτα. Πριν τη συγκομιδή του, το φρούτο αναπληρώνει τις απώλειες σε νερό διαμέσου των ριζών του φυτού/ δέντρου, ενώ μετά από αυτήν απλά η περιεκτικότητά του σε νερό μειώνεται. Το παραπάνω ευθύνεται για τις αλλοιώσεις στο χρώμα και στη γεύση του φρούτου, για τη μείωση της θρεπτικής αξίας του αλλά και για την αδυναμία αντιμετώπισης παθογενειών. Προϊόντα με μεγάλη επιφάνεια αναλογικά με τον όγκο τους χάνουν υγρασία με μεγάλο ρυθμό, ενώ φρούτα με μεγαλύτερο πάχος φλοιού θα επηρεαστούν λιγότερο ως προς την απώλεια υγρασίας από ότι άλλα με λεπτό φλοιό [48].

Απώλεια οξυγόνου

Επιπρόσθετος παράγοντας αλλοίωσης είναι η συγκέντρωση οξυγόνου στο φρούτο, η οποία όταν μειωθεί κάτω από ένα κατώτατο όριο προκαλεί παραγωγή αιθανόλης, δύσοσμων συστατικών (off- flavors) και μείωση της παραγωγής [6]. Από την άλλη αλλαγές στον ρυθμό μεταφοράς αερίων από και προς το φρούτο μπορεί να

οδηγήσουν σε απώλεια ή αλλαγή της γεύσης και του αρώματος και σε αλλαγές στην υφή και την εμφάνιση.

Τραυματισμός φρούτων

Είναι από τους κύριους παράγοντες υποβάθμισης της ποιότητας των φρούτων, αλλά και της εξωτερικής τους εμφάνισης. Δύναται να συμβεί κατά την καλλιέργεια, συγκομιδή, επεξεργασία ή αποθήκευση, ακόμα και από εξωτερικούς παράγοντες όπως, ζώα, έντομα ή ακραία καιρικά φαινόμενα. Η τραυματισμένη- αποφλοιωμένη περιοχή αποτελεί ιδανικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Επιπλέον επακόλουθο είναι η απώλεια υγρασίας από το φρούτο αλλά και η αυξημένη παραγωγή αιθυλενίου [48].

Μόλυνση από μικροοργανισμούς

Τα φρούτα, όπως και όλα τα τρόφιμα, λόγω των θρεπτικών συστατικών και του νερού που περιέχουν, είναι πάντοτε φορείς μικροοργανισμών. Η σάρκα ενός αποφλοιωμένου φρούτου, στην οποία υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις σακχάρων και πρωτεϊνών, αποτελεί ιδανικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Τα ελάχιστα επεξεργασμένα φρούτα είναι ιδιαίτερα ευπαθή σε μικροοργανισμούς, όπως *Pseudomonas* spp., *Erwinia herbicola*, *Flavobacterium*, *Xanthomona*, *Eterobacter Agglomerans*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus* spp., σε μύκητες και σε διάφορες τοξίνες [6]. Η ανάπτυξη μικροοργανισμών είναι ιδιαίτερα πιθανή σε τραυματισμένες περιοχές ή σε περιοχές των φρούτων, οι οποίες έχουν ήδη κάποια παθογένεια. Επίσης κύριοι παράγοντες που ευνοούν την ανάπτυξή τους είναι τα θρεπτικά συστατικά του υποστρώματος, το pH και η θερμοκρασία, η υγρασία και η ενεργότητα νερού. Μπορούν να διακριθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Παθογόνα μικρόβια, τα οποία αναπτύσσονται σε ζωντανούς οργανισμούς και μπορούν να προκαλέσουν παθογένειες
- Παράσιτα μικρόβια, τα οποία αναπτύσσονται σε ζωντανούς οργανισμούς αλλά δεν μπορούν να προκαλέσουν παθογένειες
- Σαπρόφυτα μικρόβια, τα οποία αναπτύσσονται σε νεκρή οργανική ύλη και μπορούν να είτε να προκαλέσουν παθογένειες είτε επιθυμητές παρενέργειες.

Ο φλοιός αποτελεί τον σημαντικότερο φραγμό των μικροοργανισμών, ενώ αντιμικροβιακές ουσίες και γεωργικά φάρμακα συμβάλλουν προς αυτή την κατεύθυνση. Εντούτοις, είναι πιθανή η μόλυνση κάποιου φρούτου, άθικτου εξωτερικά, αλλά και ενισχυμένου με αντιμικροβιακές ουσίες. Οι κύριοι μικροοργανισμοί που προσβάλλουν τα φρούτα είναι τα βακτήρια και οι μύκητες, με χαρακτηριστικά παραδείγματα τα *Salmonella*, *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*, *Penicillium* και *Aspergillus flavus* [45].

Συντήρηση- αποθήκευση φρούτων

Διάφοροι παράγοντες συντελούν στη σωστή αποθήκευση των φρούτων και κατά συνέπεια στην επέκταση της διατηρησιμότητάς τους. Ενδεικτικά αναφέρονται η σχετική υγρασία, η θερμοκρασία, η σύσταση και η ανακύκλωση του αέρα, το φως, η μηχανική καταπόνηση και οι ασθένειες και μικροοργανισμοί που μπορεί να προσβάλλουν τα φρούτα μετά τη συγκομιδή τους [32]. Παρακάτω αναλύονται οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο ζωής και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φρούτων.

Σχετική υγρασία

Το μεγαλύτερο μέρος των φρούτων αποτελείται από νερό και έτσι για να διατηρήσει ένα φρούτο τα χαρακτηριστικά του, η περιεκτικότητα αυτή πρέπει να παραμείνει σε καθορισμένα όρια μεταξύ 50- 95%. Απώλεια νερού θα επιφέρει συρρίκνωση του φρούτου, με αποτέλεσμα αισθητική και ποιοτική υποβάθμιση. Από την άλλη πλευρά, υψηλά ποσοστά υγρασίας και ενεργότητας νερού, ευνοούν την ανάπτυξη μικροοργανισμών με τα αποτελέσματα που αναφέρθηκαν παραπάνω [49].

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία κατά την αποθήκευση πρέπει να παραμένει εντός ορίων, ανάλογα με το είδος του φρούτου. Αποθήκευση σε χαμηλότερη θερμοκρασία μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό λόγω παγώματος, με αποτέλεσμα τουλάχιστον την αισθητική υποβάθμιση του φρούτου. Αποθήκευση σε υψηλότερες θερμοκρασίες μειώνει το χρόνο ζωής των φρούτων. Τέλος, διακυμάνσεις στη θερμοκρασία αποθήκευσης μπορεί να οδηγήσουν σε ταχεία απώλεια βάρους και νερού, ανάλογα με το βαθμό ωριμότητάς τους [49].

Σύσταση αέρα

Η σύσταση του αέρα κατά την αποθήκευση ελέγχεται, είτε με προσθήκη αερίων, τα οποία θα επιτρέψουν στο φρούτο την κατανάλωση ή παραγωγή άλλων αερίων, είτε με αφαίρεση άλλων μη επιθυμητών. Πρέπει να ληφθούν υπόψη οι λειτουργίες των φρούτων, όπως για παράδειγμα η αναπνοή, κατά την οποία καταναλώνεται οξυγόνο (O_2) και παράγεται διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Αέρια όπως μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα (CO , CO_2), αιθυλένιο (C_2H_4) και άζωτο (N_2) μπορούν εύκολα να προστεθούν στον θάλαμο αποθήκευσης [49].

Ανακύκλωση αέρα

Η ανακύκλωση αέρα πρέπει να είναι επαρκής, έτσι ώστε να μειώνεται η θερμότητα που παράγεται κατά την αναπνοή των φρούτων. Πρέπει να υπάρχει σωστή τοποθέτηση αγωγών, όπως επίσης και ένα αξιόπιστο σύστημα ελέγχου για παρακολούθηση της διαδικασίας αυτόματα [49].

Φώς και μηχανική καταπόνηση

Η έκθεση των φρούτων σε φως μπορεί να ευνοήσει την εξέλιξη φωτοχημικών αντιδράσεων και αυτές με τη σειρά τους να προκαλέσουν υποβάθμιση του προϊόντος. Επίσης τα φρούτα πρέπει να τοποθετούνται στον χώρο αποθήκευσης με τρόπο ώστε να μην πιέζονται και τραυματίζονται, όπως επίσης και να επιτρέπεται η διέλευση αέρα μεταξύ τους.

Μέθοδοι αποθήκευσης

Παραδοσιακές μέθοδοι αποθήκευσης

Μία από τις παλαιότερες μεθόδους αποθήκευσης, είναι η παραμονή φρούτων αλλά κυρίως λαχανικών υπόγεια για αρκετούς μήνες μετά τη συγκομιδή τους, με σκοπό την επίτευξη καλύτερης τιμής στη συνέχεια στο εμπόριο. Τέτοια παραδείγματα προϊόντων είναι κυρίως η πατάτα, η γλυκοπατάτα και το σκόρδο. Στην παραπάνω μέθοδο δεν απαιτούνται εγκαταστάσεις και επιπλέον κόστος. Άλλη μέθοδος είναι η τεχνητή αποθήκευση προϊόντων υπογείως με ανάλογο σκεπτικό. Τρίτη μέθοδος είναι η

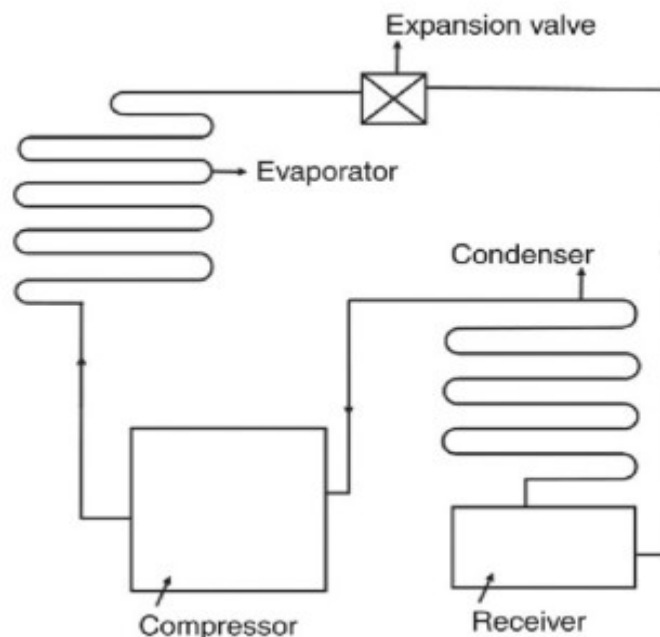
αποθήκευση σε χώρους κυρίως υπόγειους, όπως κελάρια, οι οποίοι εξασφαλίζουν όσο το δυνατόν καλύτερες και σταθερότερες συνθήκες, ενώ επίσης υπάρχει η δυνατότητα για ανακύκλωση του αέρα. Τελευταία μέθοδος είναι η αποθήκευση υπό ψύξη με πάγο, η οποία όμως αν και είναι οικονομική και σχετικά εύκολη, έχει το μειονέκτημα της απομάκρυνσης του λιωμένου πάγου [49].

Αποθήκευση σε ψύξη

Η πιο ευρέως εφαρμοζόμενη μέθοδος αποθήκευσης είναι αυτή σε ψύξη (3-8°C), όπου μειώνεται η ενζυμική δραστηριότητα και ο ρυθμός μεταβολισμού, μολονότι θερμοκρασίες 0-5°C μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση του ρυθμού αναπνοής και της παραγωγής αιθυλενίου. Η θερμοκρασία αποθήκευσης εξαρτάται επίσης και από το είδος του φρούτου, με χαρακτηριστικό παράδειγμα ορισμένα τροπικά φρούτα, τα οποία σε θερμοκρασίες κάτω από 12°C μπορεί να υποστούν ζημιά στην κυτταρική δομή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Από την άλλη πλευρά, ενδεχόμενη αποθήκευση σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες, καθιστά ιδιαίτερα πιθανό το ενδεχόμενο ανάπτυξης ανεπιθύμητων μικροοργανισμών .

Η μέθοδος βασίζεται στο γεγονός ότι ένα υγρό απορροφά θερμότητα καθώς μετατρέπεται σε αέριο (εικόνα 2). Το ψυκτικό μέσο μπορεί να είναι αμμωνία ή φρέον, το οποίο μέσω ενός συμπιεστή (compressor), επανασυμπιέζεται σε υγρό και επαναχρησιμοποιείται. Η ικανότητα ενός τέτοιου συστήματος ψύξης, εξαρτάται από τη θερμότητα που εισέρχεται στον χώρο αποθήκευσης από:

- Τους τοίχους, το δάπεδο και την οροφή
- Την αναπνοή των φρούτων και άλλων προϊόντων στο χώρο
- Υπάρχοντα φίλτρα για την ανακύκλωση του αέρα
- Εξοπλισμό όπως φώτα, αεραγωγούς ή προσωπικό που εισέρχεται στον χώρο [49]



Εικόνα 2. Σχηματική απεικόνιση του ψυκτικού κύκλου.

Αποθήκευση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα

Προκειμένου να ελεγχθεί η αναπνοή των φρούτων, αυτά μπορούν να αποθηκευθούν σε ατμόσφαιρα γεμάτη με τα κατάλληλα αέρια, πάντα σε συνδυασμό με τη βέλτιστη θερμοκρασία. Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί τη μεγαλύτερη καινοτομία στην αποθήκευση φρούτων και λαχανικών από την έναρξη της εφαρμογής ψύξης για συντήρηση. Σε μία τέτοια ατμόσφαιρα μειώνεται ο ρυθμός μεταβολισμού τους, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της μικροβιακής ανάπτυξης και της εμφάνισης αλλαγών στη γεύση, στο χρώμα, στην υφή και σε άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Μειονέκτημα της παραπάνω διαδικασίας αποτελεί το συνήθως υψηλό κόστος, ειδικά σε περιπτώσεις αποθήκευσης μεγάλης κλίμακας. Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της παραπάνω μεθόδου είναι τα εξής:

- Αποφεύγονται ασθένειες που οφείλονται στη χαμηλή θερμοκρασία αποθήκευσης
- Μειώνεται ο κίνδυνος προσβολής των φρούτων από παράσιτα, συχνά εμφανιζόμενα σε συμβατικούς αποθηκευτικούς χώρους
- Η γεύση και η οσμή των φρούτων διατηρούνται καλύτερα
- Η συνοχή των φρούτων διατηρείται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα
- Οι απώλειες των φρούτων περιορίζονται στο 33- 50%, ενώ η διατηρησιμότητά τους αυξάνεται σημαντικά σε σχέση με την αποθήκευση σε μη ελεγχόμενη ατμόσφαιρα [49]

Αποθήκευση σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα

Τα φρούτα μπορούν επίσης να αποθηκευθούν σε συσκευασίες με τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Modified Atmosphere Packaging- MAP), όπου και σε αυτή την περίπτωση η θερμοκρασία είναι βασικός παράγοντας. Χρησιμοποιούνται πολυμερή υλικά, τα οποία εμφανίζουν επιθυμητή διαπερατότητα σε αέρια, σε συνδυασμό με ψύξη. Η διαπερατότητα και η περιεκτικότητα των αερίων μέσα στη συσκευασία καθορίζονται ανάλογα με το επιλεγόμενο υλικό, το είδος του φρούτου και τη θερμοκρασία αποθήκευσης [49].

Εδώδιμες μεμβράνες

Ιστορική αναδρομή- Χρησιμοποίηση στο πέρασμα των χρόνων

Οι εδώδιμες μεμβράνες δεν αποτελούν ανακάλυψη των τελευταίων ετών, αλλά αντιθέτως έχουν τις ρίζες τους εκατοντάδες χρόνια πίσω. Από τον 12^ο κιάλας αιώνα οι κινέζοι εμφάππιζαν εσπεριδοειδή σε κερι μέλισσας, ενώ περί το 1922 η παραπάνω διαδικασία εφαρμόστηκε και για εμπορικούς σκοπούς, τόσο σε φρούτα όσο και σε λαχανικά. Οι μεμβράνες αυτές εξυπηρετούσαν αισθητικούς σκοπούς, διατηρώντας τα εξωτερικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, αποτελώντας ταυτόχρονα και έναν φραγμό σε φυσικές, χημικές και βιολογικές αλλαγές. Αργότερα τον 15^ο αιώνα στην Ιαπωνία χρησιμοποιήθηκε μια νέα μεμβράνη, η Yuba, προερχόμενη από γάλα σόγιας για τη διατήρηση της ποιότητας και τη βελτίωση της εμφάνισης διαφόρων προϊόντων. Παραδείγματα επίσης μεμβρανών αποτελούν το λάδι, το λίπος και το αλάτι με σκοπό τη διατήρηση τροφίμων, κυρίως κρεάτων ή ψαρικών, για μεγαλύτερο χρόνο. Τον 19^ο αιώνα η ζελατίνη χρησιμοποιήθηκε στην Αμερική για διατήρηση διάφορων προϊόντων κρέατος. Μέχρι το 1967 η εμπορική χρησιμοποίηση των εδώδιμων μεμβρανών ήταν ελάχιστη και περιοριζόταν ως επί το πλείστον στο κέρωμα των φρούτων.

Το 1986 οι εταιρείες με δραστηριοποίηση στον τομέα των εδώδιμων μεμβρανών ήταν λίγο περισσότερες από δέκα, με τον αριθμό τους το 1996 να αυξάνεται σε 600. Σήμερα ο παγκόσμιος τζίρος των παραπάνω επιχειρήσεων ξεπερνά τα 100.000.000 δολάρια ετησίως.

Χαρακτηριστικά εδώδιμων μεμβρανών

Κάθε υλικό που χρησιμοποιείται για την επικάλυψη ενός τροφίμου, με σκοπό τη διατήρηση των ποιοτικών του χαρακτηριστικών και την επέκταση της διατηρησιμότητάς του, αποτελεί επικάλυψη ή μεμβράνη. Οι δύο προηγούμενες έννοιες συχνά συγχέονται, ενώ μπορεί να είναι απλές ή σύνθετες, δηλαδή με μία ουσία ή με συνδυασμό άλλων βιοδραστικών συστατικών. Προκειμένου κάποιο υλικό να χαρακτηριστεί αποδεκτό για τη δημιουργία εδώδιμων μεμβρανών θα πρέπει να ικανοποιεί τα κάτωθι χαρακτηριστικά [35]:

- Θα πρέπει να χαρακτηρίζεται ως ασφαλές (GRAS) και να είναι σε συμφωνία με σωστές πρακτικές (να είναι food grade, να χρησιμοποιείται και να διατηρείται ως συστατικό τροφίμων και να χρησιμοποιείται σε ποσότητες όχι μεγαλύτερες από αυτές που είναι αναγκαίες ώστε να εμφανίσει τις ιδιότητες του). Επιπλέον θα πρέπει να συμφωνεί με τους περιορισμούς που προσδιορίζονται από τον οργανισμό τροφίμων και φαρμάκων (FDA).
- Αν το υλικό δεν χαρακτηρίζεται ως GRAS αλλά ο κατασκευαστής του μπορεί να αποδείξει την ασφάλειά του, είτε διαβεβαιώνει τον FDA για αυτή είτε το προωθεί στην αγορά χωρίς την πιστοποίηση του FDA.
- Αν το υλικό ανήκει στον κατάλογο πριν το 1958 του FDA, μπορεί να μη χρειάζεται να πιστοποιήσει ότι είναι GRAS, λόγω προηγούμενης έγκρισης από τον οργανισμό.
- Αν ο κατασκευαστής δεν μπορεί να αποδείξει ότι το υλικό είναι GRAS ή δεν έχει προηγούμενη έγκριση από τον FDA, θα πρέπει να καταθέσει στον FDA μία αίτηση, ώστε το υλικό να χαρακτηριστεί ως πρόσθετο τροφίμων πριν από τη χρησιμοποίησή του.

Η χρήση εδώδιμων μεμβρανών κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική για τη βιομηχανία τροφίμων σήμερα, αν και η εφαρμογή τους ξεκίνησε αρκετά χρόνια πίσω. Στις μέρες μας και με την περιβαλλοντική κρίση να εντείνεται, η εφαρμογή τους κρίνεται αναγκαία, ώστε να μειωθεί η ποσότητα των πολυμερών που εφαρμόζονται στη συσκευασία, τα οποία βασίζονται ως επί το πλείστον στα πετροχημικά και δεν βιοαποικοδομούνται με ικανοποιητικό ρυθμό. Η παγκόσμια αγορά υλικών συσκευασίας δείχνει μία συνεχή άνοδο τα τελευταία χρόνια της τάξης του 3,5% ετησίως, με τα πλαστικά να αποτελούν τη μισή περίπου ποσότητα των παραπάνω υλικών. Η βιομηχανία τροφίμων είναι ο βασικός τομέας χρησιμοποίησής τους [6].

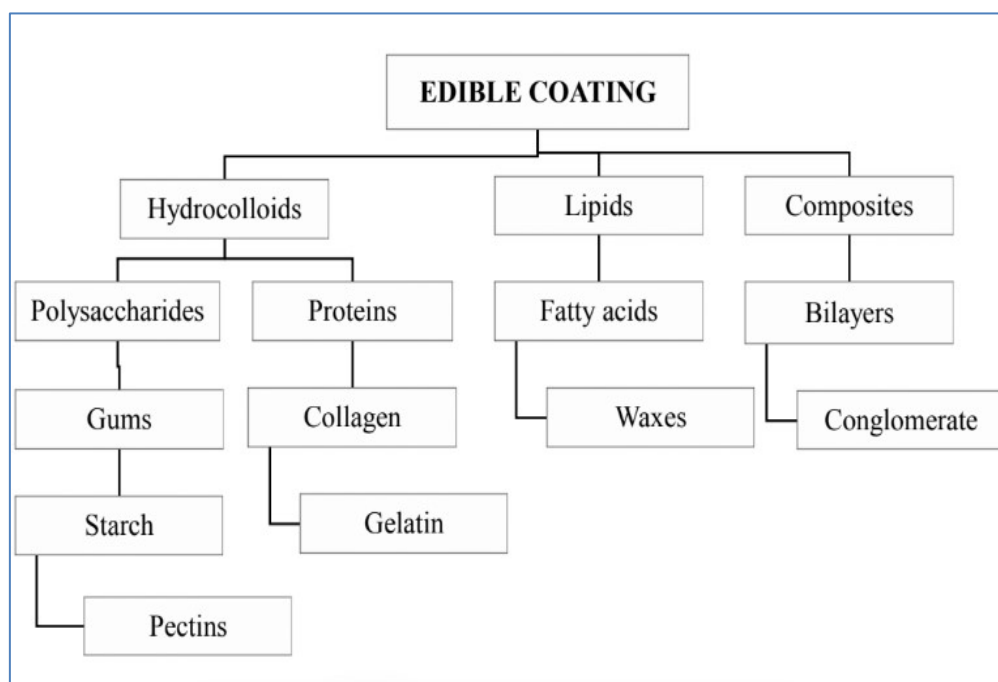
Ανάλογα με την εφαρμογή τους, οι εδώδιμες μεμβράνες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως προϊόντα, συστατικά, πρόσθετα, υλικά συσκευασίας τροφίμων ή ως ουσίες σε επαφή με τρόφιμα [24]. Αν και η χρησιμοποίησή τους όμως συμβάλλει στη μείωση των αποβλήτων και της ρύπανσης, οι μηχανικές τους ιδιότητες, αλλά και η διαπερατότητά τους σε υγρασία ή αέρια, είναι κατώτερες από αυτές των συνθετικών υλικών. Επίσης, μπορούν να χρησιμεύσουν ως φορείς επιθυμητών ουσιών στα φρούτα, αλλά από την άλλη μπορεί να επηρεάσουν το μεταβολισμό τους με αρνητικές συνέπειες στην ποιότητά τους.

Ταξινόμηση εδώδιμων μεμβρανών

Οι εδώδιμες μεμβράνες γενικότερα δημιουργούνται από πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και λιπίδια και ταξινομούνται στις παρακάτω τρεις κατηγορίες [21]:

- Τα υδροκολλοειδή (πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες, αλγινικά)
- Τα λιπίδια (λιπαρά οξέα, ακυλογλυκερόλες, κεριά)
- Τα σύνθετα υλικά (συνδυασμός υδροκολλοειδών και λιπιδίων)

Στην εικόνα 3 παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι εδώδιμων μεμβρανών:



Εικόνα 3. Διάφοροι τύποι εδώδιμων μεμβρανών.

Υδροκολλοειδή

Τα υδροκολλοειδή προέρχονται από ζωικές, φυτικές και μικροβιακές πηγές, είτε δημιουργούνται συνθετικά και είναι υδρόφιλα πολυμερή. Περιέχουν υδροξυλομάδες και χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του χρώματος, της υφής, της γεύσης και του χρόνου ζωής των φρούτων και των λαχανικών. Διαλύονται μερικώς ή πλήρως στο νερό δημιουργώντας διαλύματα μεγάλου ιξώδους, λειτουργώντας έτσι ως γαλακτωματοποιητές ή παράγοντες σταθεροποίησης. Μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω δύο κατηγορίες:

- Υδροκολλοειδή με βάση τους υδατάνθρακες
- Υδροκολλοειδή με βάση τις πρωτεΐνες

Υδροκολλοειδή πολυσακχαριτών

Ορισμένοι από τους πιο κοινούς πολυσακχαρίτες που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία εδώδιμων μεμβρανών είναι η χιτοζάνη, το άμυλο, η κυτταρίνη, η πουλλουλάνη, η καραγενάνη και το κόμμι ζελάνης. Προσδίδουν τραγανότητα, σκληρότητα, σταθερότητα, συγκολλητικότητα και ιξώδες, είναι υδατοδιαλυτοί και δεν σχηματίζουν καλό φραγμό για την υγρασία. Αντίθετα αποτελούν καλό φραγμό για το O₂ και εφαρμόζονται σε φρέσκα ή ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά,

δημιουργώντας μία τροποποιημένη ατμόσφαιρα και μειώνοντας τον ρυθμό αναπνοής τους. Επίσης αποτελούν ιδιαίτερα αποτελεσματικό φραγμό αερίων, τροποποιώντας έτσι την ατμόσφαιρα και αυξάνοντας το χρόνο ζωής των φρούτων και λαχανικών, χωρίς να δημιουργούν αναερόβιες συνθήκες.

Υδροκολλοειδή πρωτεϊνών

Οι πιο κοινές πρωτεΐνες που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία εδώδιμων μεμβρανών είναι η καζεΐνη, η ζεΐνη, η πρωτεΐνη ορού γάλακτος, η γλουτένη, η πρωτεΐνη σόγιας, η αλβουμίνη και το κολλαγόνο. Αποτελούν παράγοντα σταθερότητας και εξαιρετικό φραγμό για το άρωμα, τα έλαια και το οξυγόνο, αλλά όχι για την υγρασία λόγω της υδρόφιλης φύσης τους. Η αποτελεσματικότητά τους ως φραγμός O₂ οφείλεται στις ισχυρές δυνάμεις υδρογόνου που εμφανίζονται στο εσωτερικό των μορίων.

Λιπίδια

Οι εδώδιμες μεμβράνες λιπιδίων χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια για την διατήρηση φρούτων και λαχανικών, προσδίδοντας λαμπερή εμφάνιση. Οι μεμβράνες λιπιδίων δημιουργούνται κυρίως από κεριά καρναούμπας, κεριά μέλισσας, κεριά παραφίνης και μεταλλικά ή φυτικά έλαια. Οι μεμβράνες κεριών αποτελούν εξαιρετικό φραγμό υγρασίας εν συγκρίσει με άλλες μεμβράνες λιπιδίων και μη. Τα πιο κοινά υλικά μεμβρανών με βάση τα λιπίδια, εξεταζόμενα ανάλογα με τη χημική σύστασή τους, είναι τα εξής:

- Κεριά
- Λάκες
- Λιπαρά οξέα και αλκοόλες
- Ακετυλιωμένα γλυκερίδια
- Υλικά με βάση το κακάο

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα υγρά λιπαρά, όπως το ελαϊκό οξύ, αποτελούν καλύτερο φραγμό υγρασίας σε σχέση με στερεά λιπαρά, όπως το κεριά μέλισσας και η παραφίνη [31].

Σύνθετα υλικά

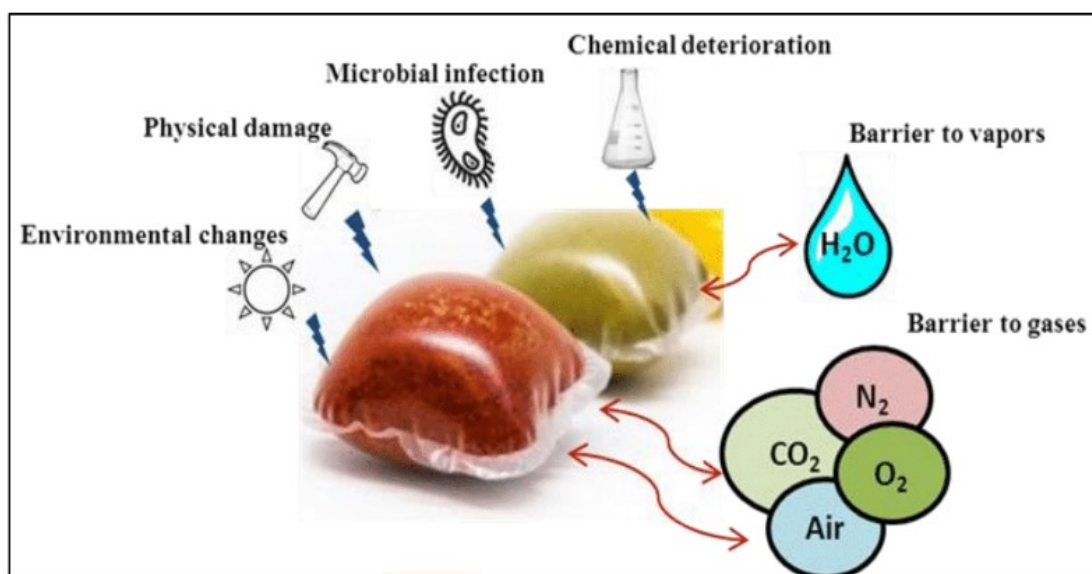
Αποτελούν συνδυασμό πρωτεϊνών, πολυσακχαριτών και υλικών με βάση τα λιπίδια, με σκοπό την αύξηση της μηχανικής αντοχής και τον περιορισμό υγρασίας και αερίων από τις μεμβράνες. Μπορούν να χωριστούν ως εξής [22]:

- Μεμβράνες διπλοστοιβάδας, οι οποίες αποτελούνται από δύο στρώματα ίδιων ή διαφορετικών συστατικών, όπως πρωτεΐνη/ πρωτεΐνη, πρωτεΐνη/ λιπίδιο, πρωτεΐνη/ πολυσακχαρίτης κλπ.
- Μεμβράνες των οποίων τα συστατικά συγχωνεύονται σε όλο τον όγκο της σχηματιζόμενης μεμβράνης.

Οι μεμβράνες διπλοστοιβάδας είναι πιο αποτελεσματικές, καθώς κάθε σημείο του φρούτου προστατεύεται από τα συστατικά της κάθε στοιβάδας. Αντίθετα οι σύνθετες μεμβράνες είναι πιο εύκολες στην εφαρμογή, αφού όλα τα συστατικά περιέχονται στην ίδια στοιβάδα και εφαρμόζονται στο φρούτο με μία μόνο επικάλυψη.

Σκοπός- Υλικά παρασκευής

Μία εδώδιμη μεμβράνη είναι ένα λεπτό στρώμα ενός υλικού συσκευασίας, τοποθετημένο επιφανειακά ή μεταξύ των συστατικών ενός τροφίμου [3]. Οι εδώδιμες μεμβράνες παρασκευάζονται από διαλύματα φυσικών ουσιών, με σκοπό τη διατήρηση της ποιότητας των τροφίμων και την επέκταση της διατηρησιμότητάς τους. Παρεμποδίζουν την απώλεια υγρασίας, τη μεταφορά οξυγόνου και άλλων αερίων, την οξείδωση λιπιδίων, την προσβολή από παθογόνους μικροοργανισμούς και την υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του τροφίμου. Επίσης διατηρούν τα εξωτερικά χαρακτηριστικά του, ενισχύοντας τις μηχανικές ιδιότητές του (εικόνα 4) [27]. Τα κύρια πλεονεκτήματά τους είναι ότι είναι εδώδιμες, μη τοξικές και σχετικά χαμηλού κόστους [24].



Εικόνα 4. Λειτουργίες των εδώδιμων μεμβρανών στα τρόφιμα.

Φραγμός υγρασίας

Οι εδώδιμες μεμβράνες εμποδίζουν την ανταλλαγή υγρασίας μεταξύ προϊόντος και περιβάλλοντος, γεγονός που παρεμποδίζει τη μικροβιακή ανάπτυξη, τις ανεπιθύμητες αλλαγές στην υφή και τις χημικές και ενζυμικές αντιδράσεις υποβάθμισης του τροφίμου. Η ικανότητα μίας μεμβράνης να συγκρατεί την υγρασία του προϊόντος μπορεί να μετρηθεί με βάση την τιμή WVP (Water Vapor Permeability), η οποία δείχνει την ποσότητα νερού που διαπερνά τη μεμβράνη ανά μονάδα επιφάνειας και χρόνου. Ο παραπάνω δείκτης εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία, τον τύπο και τα χαρακτηριστικά του τροφίμου και την ενεργότητα νερού. Πολλές από τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία των εδώδιμων μεμβρανών είναι υδρόφιλες (πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες), με αποτέλεσμα να μην αποτελούν επαρκή φραγμό για την υγρασία [31].

Φραγμός οξυγόνου

Σημαντικό ποσοστό των περιπτώσεων υποβάθμισης των τροφίμων αποτελούν η οξείδωση των λιπιδίων και άλλων συστατικών και η ενζυμική ή μη αμαύρωση. Την κατάσταση αυτή έρχονται να διορθώσουν οι εδώδιμες μεμβράνες, εμποδίζοντας το οξυγόνο να έρθει σε επαφή με το τρόφιμο. Επιπλέον, μία καθορισμένη διαπερατότητα σε οξυγόνο μπορεί να δημιουργήσει τροποποιημένη ατμόσφαιρα στο προϊόν, ανάλογα με το είδος του, επιμηκύνοντας τη διατηρησιμότητά του. Γενικά, οι εδώδιμες μεμβράνες

υδροκολλοειδών αποτελούν ιδιαίτερα αποτελεσματικό φραγμό οξυγόνου, ειδικά σε συνθήκες χαμηλής σχετικής υγρασίας. Στον πίνακα 1 φαίνονται οι τιμές διαπερατότητας οξυγόνου για ορισμένες εδώδιμες αλλά και συνθετικές μεμβράνες [28].

Πίνακας 1. Διαπερατότητα οξυγόνου για εδώδιμες και συνθετικές μεμβράνες

	Composition	Oxygen permeability ml. $\mu\text{m}/(\text{m}^2 \text{ d Pa})$	Measurement conditions: RH (%) / T ($^{\circ}\text{C}$)
Polysaccharides	Methylcellulose	0.097	50/24
		0.090	52/25
	Hydroxypropyl methylcellulose	0.272	50/24
	Amylomaize starch	0.065	100/25
	Starch	0.0014	57/20
	Starch:sorbitol (4:1)	0.00032	57/20
	Chitosan	0.0328	50/25
	Chitosan:whey protein	0.0213	50/25
	Zein:PEG + glycerol (2.6:1)	0.039–0.090	0/25
	Gluten:glycerol (2.5:1)	0.0061	0/25
Proteins	Soy protein isolate:glycerol (2.4:1)	0.0061	0/25
	WPI:Glycerol (2.3:1)	0.761	50/23
	WPI:Sorbitol (2.3:1)	0.0043	50/23
	Collagen	<0.00004–0.0005	0/RT
		0.023	63/RT
		0.890	93/RT
	WPI:Gly (60:40)	0.127	NR
	WPI:Gly (60:40) + antioxidante	0.131	NR
	WPI:Gly (50:50)	0.087	21/37
	WPI:Gly (50:50)	0.052	21/29
Synthetic	PET	0.013	NR
	LDPE	1.73	0/25
	LDPE: Chitosan	1.75	0/25
	LDPE	1.870	50/23
	HDPE	0.427	50/23
	EVOH (70% VOH)	0.012	95/23
	EVOH (70% VOH)	0.0001	0/23
	Polyester	0.0156	50/23
	PE	0.0188	50/25
	PP	0.0027	50/25

RH, relative humidity; RT, room temperature; NR, not reported.

Φραγμός αρώματος και γεύσης

Είναι σημαντικό να υπάρχει φραγμός αρώματος στα προϊόντα ώστε να μην χάνεται το χαρακτηριστικό άρωμά τους, αλλά επίσης και να αποφεύγεται η είσοδος μη επιθυμητών αρωμάτων στο τρόφιμο από την ατμόσφαιρα. Γενικά ο φραγμός είναι πιο αποτελεσματικός όσο η συνάφεια του τροφίμου και του υλικού της μεμβράνης ελαχιστοποιείται, άρα και η διάχυση των διάφορων πτητικών ενώσεων μέσω αυτής από και προς το προϊόν.

Πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν ουδέτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, ώστε να μην μπορούν να ανιχνευθούν κατά την κατανάλωση του προϊόντος (να είναι καθαρές, διαφανείς, χωρίς άρωμα και γεύση). Οι εδώδιμες μεμβράνες υδροκολλοειδών είναι συνήθως πιο ουδέτερες ως προς τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά από τις μεμβράνες με βάση τα λιπίδια και τα παράγωγά τους, με τις δεύτερες να είναι συχνά αδιαφανείς, με ολισθηρή επιφάνεια και γεύση κεριού [23]. Διάφορα δομικά βιοπολυμερή όπως πολυσακχαρίτες, λιπίδια και πρωτεΐνες έχουν χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή των ανωτέρω μεμβρανών.

Μέθοδοι- παραδείγματα εφαρμογής

Η μέθοδος εφαρμογής των εδώδιμων επικαλύψεων καθώς και η ικανότητά τους να προσκολλώνται στην επιφάνεια των προϊόντων είναι οι δύο βασικότεροι παράγοντες της αποτελεσματικότητάς τους. Η εφαρμογή τους γίνεται κυρίως με ψεκασμό ή εμβάπτιση, με δευτερεύουσες μεθόδους να αποτελούν η επικάλυψη με βούρτσα (brushing) (εικόνα 5), η

χύτευση με διαλύτη (solvent casting) και η εξώθηση (extrusion). Ο ψεκασμός ενδείκνυται όταν το διάλυμα της μεμβράνης δεν έχει μεγάλο ιξώδες, ενώ η μέθοδος της εμβάπτισης δίνει συνήθως μεμβράνες με μεγαλύτερο πάχος. Σημαντικοί παράγοντες στο σχηματισμό της μεμβράνης είναι ο χρόνος, η θερμοκρασία και η μέθοδος ξήρανσης [4]. Απαραίτητος για την παρασκευή των διαλυμάτων των μεμβρανών κρίνεται πολλές φορές ο έλεγχος του pH και της θερμοκρασίας τους. Το ιξώδες του διαλύματος της μεμβράνης είναι καθοριστικός παράγοντας για την αποτελεσματική επικάλυψη του τροφίμου, την απορρόφηση και το πάχος της σχηματιζόμενης μεμβράνης, με ικανοποιητικό μέγιστο τα 700mPa.



Εικόνα 5. Μέθοδος brushing για εφαρμογή μεμβράνης.

Παραδείγματα εφαρμογής εδωδιμων μεμβρανών είναι η λαμπερή εμφάνιση φρούτων, όπως εσπεριδοειδή και μήλα, ή άλλων προϊόντων όπως καραμέλες και σοκολάτες με γυαλιστερή επιφάνεια. Εξυπηρετούν αισθητικούς σκοπούς, με στόχο την προσέλκυση περισσότερων πελατών. Άλλο παράδειγμα είναι η εφαρμογή σε κατεψυγμένες πατάτες για τηγάνισμα, για να αποφευχθεί η υποβάθμισή τους κατά την κατάψυξη, η απώλεια υγρών και αλλοίωση κατά το τηγάνισμα και η σταθερότητά τους κατά την παραμονή σε υπέρυθρη ακτινοβολία πριν το σερβίρισμα. Άλλη εφαρμογή των μεμβρανών είναι ως έκδοχο σε φαρμακευτικά σκευάσματα, τόσο για την απόκρυψη δυσάρεστων οσμών και δυσάρεστης γεύσης, όσο και για προσθήκη συνοχής και αποφυγής θρυμματισμού και ελέγχου απελευθέρωσης της δραστικής ουσίας την κατάλληλη στιγμή.

Επικαλυπτικές μεμβράνες πολυσακχαριτών

Οι επικαλυπτικές μεμβράνες πολυσακχαριτών εξυπηρετούν διάφορες λειτουργίες, όπως παρεμπόδιση απώλειας υγρασίας, οξυγόνου, διοξειδίου του άνθρακα, λιπιδίων και αρώματος. Συγχρόνως διατηρούν ή ακόμα και ενισχύουν τις μηχανικές ιδιότητες των δειγμάτων και μειώνουν τον ρυθμό μικροβιακής ανάπτυξης, παρατείνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής του τροφίμου [4]. Συνήθως οι παραπάνω μεμβράνες παρουσιάζουν μεγαλύτερη τιμή του δείκτη WVP από τα συνθετικά εμπορικά υλικά συσκευασίας. Στους πίνακες 2 και 3 παρουσιάζονται οι τιμές WVP για διάφορες μεμβράνες πολυσακχαριτών και συνθετικών πολυμερών.

Πίνακας 2. Τιμές WVP μεμβρανών από διάφορους πολυσακχαρίτες [14].

Film composition	WVP (g/m s Pa)*	Temperature (°C)	Relative humidity (%)	References
Cellulose derivatives (methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose mixture) with polyethylene glycol and stearic/palmitic fatty with a beeswax surface coat	6.615×10^{-13} – 1.632×10^{-11}	25	65–97	Kester and Fennema (1989)
Methylcellulose mixtures with ethanol	0.51×10^{-10} – 1.08×10^{-10}	25	52	Nazan Turhan and Şahbaz (2004)
Methylcellulose mixtures with/without nanocellulose	5.44×10^{-11} – 7.29×10^{-11}	25	60	Khan et al. (2010)
Hydroxypropyl methylcellulose mixtures with/without silver nanoparticles	1.54×10^{-10} – 2.22×10^{-10}	25	70.5–71.9	de Moura et al. (2012)
Agar mixtures with/without silver nanoparticles	1.67×10^{-9} – 1.97×10^{-9}	25	50	Rhim et al. (2013)
Chitosan	1.05×10^{-10}	22	58	Abugoch et al. (2011)
Chitosan and starch mixtures	1.18×10^{-10} – 1.55×10^{-10}	25	100	Santacruz et al. (2015)
Chitosan mixtures with different molecular weight and different solvents	0.32×10^{-9} – 0.51×10^{-9}	25	50	Park et al. (2002)
Chitosan mixtures with different solvents and pH	1.77×10^{-9} – 2.26×10^{-8}	25	50	Kim et al. (2006)
Chitosan-tapioca starch mixtures	2.8×10^{-10} – 6.7×10^{-10}	32	65	Vásconez et al. (2009)
Tapioca starch mixtures	12.1×10^{-10}	32	65	Vásconez et al. (2009)
Cassava starch mixtures with glycerol	1.8×10^{-10} – 2.8×10^{-10}	25	70	Seligma et al. (2016)
Tara gum mixtures with sorbitol and glycerol	0.52×10^{-10} – 0.69×10^{-10}	25	75	Ma, hu, wang, et al. (2016)
Tara gum mixtures with glycerol and with/without chitosan	9.91×10^{-11} – 1.28×10^{-10}	25	53	Antoniou et al. (2015)
Brean gum with glycerol and beeswax mixtures	2.5×10^{-11} – 4.75×10^{-11}	32	75.1	Spotti et al. (2016)
Starch mixtures with glycerol and xylitol as plasticizers	1.94×10^{-11} – 1.77×10^{-10}	20	52.9	Muscat et al. (2012)
Alginate mixtures with/without polyethylene glycol	6.5×10^{-10} – 0.93×10^{-9}	29–25	76–50	Olivas and Barbosa-Cánovas (2008)
Agar with/without silver nanoparticles	1.67×10^{-9} – 1.97×10^{-9}	25	50	Rhim (2004)
Quinoa and chitosan mixtures	2.61×10^{-10}	22	58	Abugoch et al. (2011)

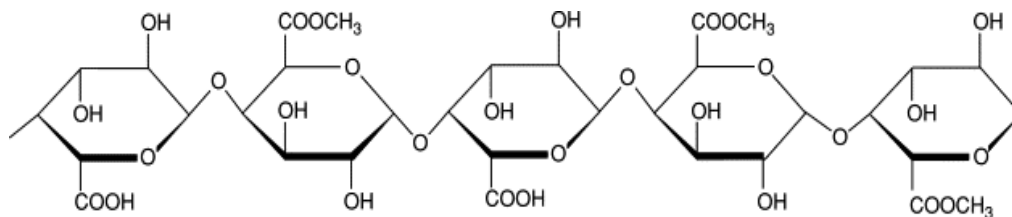
Πίνακας 3. Τιμές WVP μεμβρανών διαφόρων συνθετικών υλικών[14].

Film	WVP (g/m s Pa)
Polyvinylidene chloride	0.7×10^{-13} – 2.4×10^{-13}
High-density polyethylene	2.4×10^{-13}
Polypropylene	4.9×10^{-13}
Low density polyethylene	7.3×10^{-13} – 9.7×10^{-13}
Ethylene-vinylacetate	2.4×10^{-12} – 4.9×10^{-12}
Polyester	1.2×10^{-12} – 1.5×10^{-12}
Cellulose acetate	0.5×10^{-11} – 1.6×10^{-11}

Για τη δημιουργία του φιλμ οι πολυσακχαρίτες πρέπει πρώτα να διαλυθούν σε έναν διαλύτη όπως νερό, αλκοόλη, μίγμα αυτών ή άλλων διαλυτών. Σε αυτό το στάδιο είναι δυνατόν να προστεθούν πλαστικοποιητές, αντιμικροβιακοί και αντιοξειδωτικοί παράγοντες και ουσίες για διατήρηση ή βελτίωση του χρώματος ή της γεύσης. Ορισμένοι πολυσακχαρίτες που έχουν χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή μεμβρανών είναι η κυτταρίνη, το άμυλο, η χιτοζάνη και η πηκτίνη.

Πηκτίνη

Η πηκτίνη (εικόνα 6) είναι ένας ετεροπολυσακχαρίτης, με κύριο συστατικό του το D-γαλακτουρονικό οξύ και αποτελεί κύριο παραπροϊόν της βιομηχανίας επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών. Αποτελεί δομικό συστατικό του φυτικού κυττάρου, ενώ φρούτα πλούσια σε πηκτίνη είναι το μήλο, το ροδάκινο, τα εσπεριδοειδή, η σταφίδα και το δαμάσκηνο. Στα φυτικά κύτταρα εμφανίζεται ενωμένη με την κυτταρίνη σε μορφή αδιάλυτη στο νερό (πρωτοπηκτίνη). Λίγα φρούτα χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την εμπορική παραγωγή πηκτίνης, με κυριότερα το μήλο και τον φλοιό κίτρου με περιεκτικότητα 10-15 και 20-30% επί ξηρού αντίστοιχα.



Εικόνα 6. Χημικός τύπος πηκτίνης

Ανάλογα με το βαθμό εστεροποίησης (DE) με μεθανόλη, ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος των εστεροποιημένων μορίων γαλακτουρονικού οξέος προς τα συνολικά μόρια γαλακτουρονικού οξέος, οι πηκτίνες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Πρώτη είναι η High Methoxyl Pectin (HMP) και δεύτερη η Low Methoxyl Pectin (LMP) με βαθμούς εστεροποίησης >50% και <50% αντίστοιχα. Ο DE επηρεάζει την ικανότητα αλλά και τη θερμοκρασία σχηματισμού πηκτής (gel). Στη βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιείται ως παράγοντας σχηματισμού ζελέ, σταθεροποίησης ή πύκνωσης κάποιου προϊόντος, όπως μαρμελάδας, ροφημάτων με βάση το γιαούρτι ή το γάλα και παγωτού. Ο FDA έχει αναγνωρίσει την πηκτίνη ως GRAS (γενικώς αναγνωρισμένη ως ασφαλής).

Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες η πηκτίνη σχηματίζει ζελέ, ιδιότητα που την καθιστά πολύ σημαντική σε παρασκευές ζαχαροπλαστικής, αλλά και στη δημιουργία μεμβρανών. Οι μεμβράνες από πηκτίνη όμως, δεν αποτελούν ιδιαίτερο φραγμό για την απώλεια υγρασίας και οξυγόνου και για το λόγο αυτό η εφαρμογή τους σε τρόφιμα είναι περιορισμένη. Πολλές μελέτες έχουν γίνει για τη βελτίωση των μεμβρανών της πηκτίνης, ενσωματώνοντας λειτουργικά συστατικά όπως πλαστικοποιητές για τη βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων και γαλακτωματοποιητές για αύξηση της σταθερότητας και της ικανότητας προσκόλλησης στα τρόφιμα.

Χιτοζάνη

Η χιτοζάνη (εικόνα 7) είναι ένας πολυσακχαρίτης, αποτελούμενος από τυχαίο καταμερισμό β- συνδεδεμένης D- γλυκοζαμίνης και N- ακετυλο- D- γλυκοζαμίνης. Παράγεται από την αποακετυλίωση της χιτίνης (εικόνα 8), δεύτερου σε αφθονία βιοπολυμερούς στη φύση μετά την κυτταρίνη και ουσίας που αποτελεί δομικό συστατικό του εξωσκελετού ζώων όπως ο κάβουρας, η γαρίδα και διάφορα έντομα. Έρευνες έχουν δείξει ότι εκτός από τα παραπάνω ζώα, μία εναλλακτική πηγή χιτοζάνης θα μπορούσε να αποτελέσει η καλλιέργεια του μύκητα *Aspergillus niger*. Εμφανίζεται με διάφορα ποσοστά αποακετυλίωσης (40-98%) και μοριακά βάρη, ενώ επίσης παρουσιάζει διαλυτότητα σε όξινα υδατικά διαλύματα, ικανότητα που συνήθως η χιτίνη δεν εμφανίζει ούτε σε οργανικούς διαλύτες αλλά ούτε και σε νερό. Ο βαθμός αποακετυλίωσης και πολυμερισμού καθορίζει και το μοριακό βάρος της χιτοζάνης.

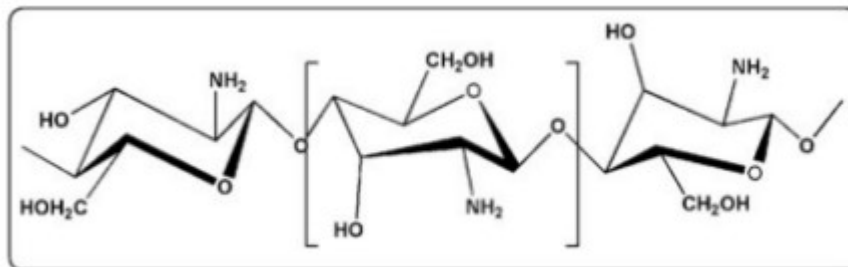
Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή εδωδιμων μεμβρανών ξεχωρίζει λόγω της μη τοξικότητάς της, της δυνατότητας να βιοδιασπάται και να είναι συμβατή με άλλες ουσίες, αλλά και να προσκολλάται εύκολα στο προϊόν. Από την άλλη, οι μηχανικές της ιδιότητες αλλά και η ικανότητά της να αποτελεί φραγμό για άλλες ουσίες δεν είναι τόσο ισχυρές, με αποτέλεσμα συνήθως να κρίνεται απαραίτητος ο συνδυασμός της με άλλα νανοσωματίδια κατά τη δημιουργία μίας μεμβράνης. Επίσης η μικρή διαλυτότητά της και η μικρή ικανότητα σχηματισμού πηγματος δεν ευνοούν τη χρήση της. Οι μεμβράνες χιτοζάνης έχουν μικρή διαπερατότητα σε CO₂ και O₂ αλλά μεγάλη στο νερό και

προκειμένου να αντιμετωπιστεί το παραπάνω ζήτημα είναι συχνή η προσθήκη και άλλων ουσιών στις μεμβράνες.

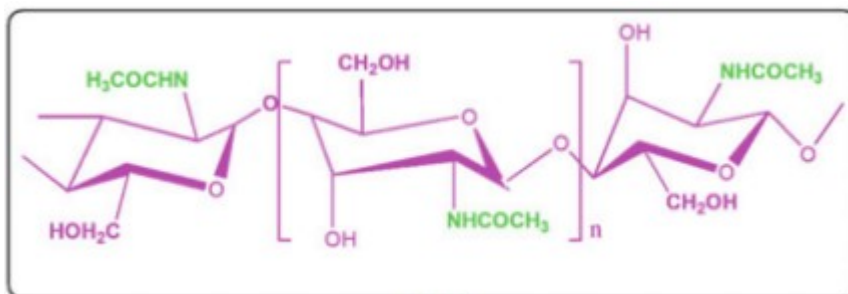
Έχει βρεθεί ότι εμφανίζει τόσο αντιμικροβιακή όσο και αντιμυκητιακή δραστηριότητα, όπως επίσης ελαττώνει την απώλεια βάρους του τροφίμου, αλλά και διατηρεί την υφή του κοντά στην αρχικά της επίπεδα. Επίσης ερευνάται η αντιαλλεργική, αντικαρκινική και άλλες εφαρμογές που μπορεί να έχει. Θεωρείται ότι οφείλει την αντιμικροβιακή δράση της στις ηλεκτροστατικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των πρωτονιωμένων αμινομάδων της και των αρνητικά φορισμένων μερών της επιφάνειας των κυττάρων. Ο αριθμός των πρωτονιωμένων αμινομάδων και μαζί η αντιμικροβιακή δραστηριότητα αυξάνεται όσο αυξάνεται και ο βαθμός αποακετυλίωσης [13].

Το πλεονέκτημα της χρήσης της αντί άλλων πολυσακχαριτών, όπως η κυτταρίνη, το άμυλο ή οι γαλακτομαννάνες, είναι ότι η χημική δομή της επιτρέπει συγκεκριμένες τροποποιήσεις χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία [12]. Δεν πέπτεται από τον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά η λήψη της μπορεί να λειτουργήσει με ανάλογο τρόπο όπως οι φυτικές ίνες σε μία ισορροπημένη διατροφή. Βρίσκει εφαρμογές στον τομέα της υγείας, όπως στην επούλωση τραυμάτων, ως φορέας άλλων ουσιών, σε οδοντιατρικά εμφυτεύματα, στην αποκατάσταση οστών και δέρματος και ως κύριο συστατικό χειρουργικών ραμμάτων. Επίσης χρήση της γίνεται στον τομέα της γεωργίας, στην επεξεργασία νερού, στη φαρμακευτική και στην κοσμετολογία [8,9,10].

Ένας τρόπος βελτίωσης των μηχανικών αλλά και των φυσικών ιδιοτήτων των μεμβρανών χιτοζάνης είναι ο συνδυασμός τους τόσο με πρωτεΐνες όσο και με πολυσακχαρίτες.



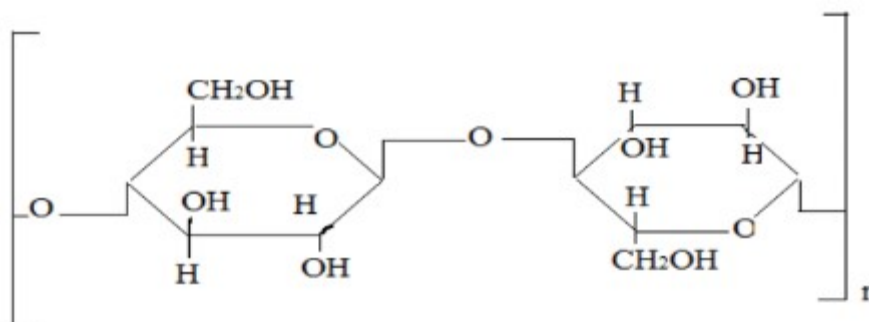
Εικόνα 7. Χημικός τύπος χιτοζάνης



Εικόνα 8. Χημικός τύπος χιτίνης

HPMC

Το HPMC ή υδροξυ-προπυλο-μεθυλο-κυτταρίνη (εικόνα 9) είναι ένα εμπορικό παράγωγο της κυτταρίνης, συχνά χρησιμοποιούμενο στην τεχνολογία των εδώδιμων μεμβρανών. Χρησιμοποιείται όπως και άλλα κυτταρινικά παράγωγα όπως η καρβοξυ-μεθυλο-κυτταρίνη (CMC), η μεθυλο-κυτταρίνη (MC) και η υδροξυ-προπυλο-κυτταρίνη (HPC), λόγω της μη διαλυτότητας της κυτταρίνης σε νερό αλλά και της σταθερής κρυσταλλικής δομής της [20].



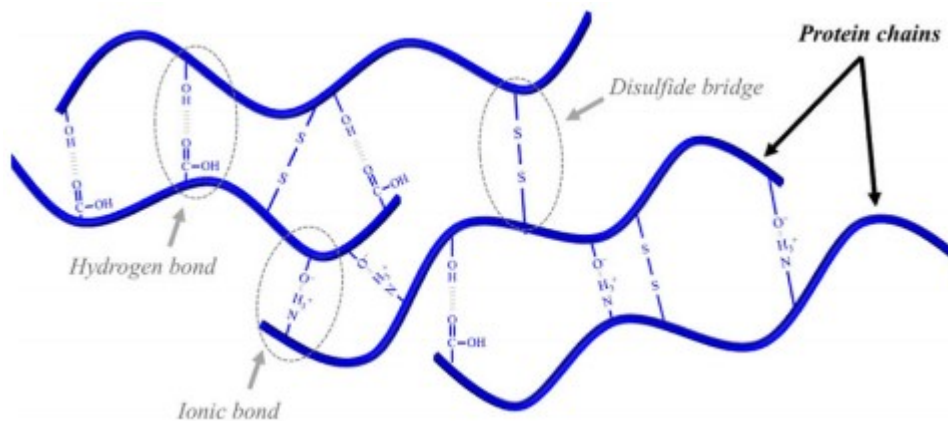
Εικόνα 9. Χημικός τύπος HPMC.

Σχηματίζει διαφανείς, άχρωμες και άοσμες εδώδιμες μεμβράνες, ενώ αποτελεί ισχυρό φραγμό οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα. Αντιθέτως δεν αποτελεί αποτελεσματικό φραγμό υγρασίας, κάτι που μπορεί να βελτιωθεί με την προσθήκη υδρόφοβων ουσιών, όπως λιπιδίων, κατά την παρασκευή των μεμβρανών. Έχει την ιδιότητα να σχηματίζει ζελέ μετά από θερμική επεξεργασία, αλλά και να επιστρέφει σε σταθερή δομή μετά από ψύξη.

Επικαλυπτικές μεμβράνες πρωτεϊνών

Οι πρωτεΐνες έχουν μελετηθεί εις βάθος ως υλικά εδώδιμων μεμβρανών εξαιτίας της σχετικής τους αφθονίας, της ικανότητάς τους να σχηματίζουν σταθερά φιλμ και της διατροφικής τους αξίας για τον οργανισμό. Επίσης, ειδικά οι φυτικές πρωτεΐνες είναι μία πρώτη ύλη οικονομική, ανανεώσιμη και σε μεγάλη αφθονία στη φύση. Η ικανότητα σχηματισμού των φιλμ εξαρτάται από τη δομή των πρωτεϊνών, το μοριακό τους βάρος, την ελαστικότητά τους και τη θερμική τους σταθερότητα. Λόγω της σταθερότητας των φιλμ που σχηματίζουν, προσδίδουν μηχανική αντοχή στα φρούτα, ενώ μπορούν να λειτουργήσουν ως φορείς αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών παραγόντων.

Επίσης σε προϊόντα με δύο ή περισσότερα διαφορετικά τρόφιμα, τα παραπάνω φιλμ μπορούν να εφαρμοστούν και στη διεπιφάνεια μεταξύ των τροφίμων. Οι μεμβράνες σταθεροποιούνται μέσω ηλεκτροστατικών αλληλεπιδράσεων, δεσμών υδρογόνου, ομοιοπολικών δεσμών και δυνάμεων Van der Waals και τελικά σχηματίζουν ένα φιλμ που προσκολλάται στην επιφάνεια του τροφίμου (εικόνα 10). Οι μεμβράνες πρωτεϊνών είναι βιοδιασπώμενες, ενώ επίσης μπορούν να κομποστοποιηθούν και να αποτελέσουν πηγή αζώτου, σημαντικότετου στοιχείου στην παραγωγή λιπασμάτων [16].



Εικόνα 10. Αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πρωτεϊνικών αλυσίδων.

Γενικά, οι εδώδιμες μεμβράνες πρωτεϊνών δημιουργούνται από διαλύματα της πρωτεΐνης σε κάποιο διαλύτη, συνήθως νερό, αιθανόλη ή συνδυασμό των δύο, καθώς ο διαλύτης εξατμίζεται. Συνήθως η πρωτεΐνη θα πρέπει να μετουσιωθεί, προκειμένου να αποκτήσει δομή κατάλληλη για τη δημιουργία φιλμ. Η δημιουργία και οι ιδιότητες των σχηματιζόμενων μεμβρανών εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες:

1. Το είδος της πρώτης ύλης- πρωτεΐνης και το ποσοστό της υδρόφιλης ή υδρόφοβης φύσης στη δομή της.
2. Τη δομή του πολυμερούς- πρωτεΐνης, το μοριακό του βάρος και τις αλληλεπιδράσεις στο μόριο.
3. Το pH, καθώς η διαλυτότητα των πρωτεϊνών εξαρτάται από το ισοηλεκτρικό τους σημείο.
4. Τη θερμοκρασία που αφήνονται να στεγνώσουν τα δείγματα, καθώς αποτελεί παράγοντα που επηρεάζει τις αλληλεπιδράσεις στη πρωτεϊνική δομή, με αποτέλεσμα να είναι πιθανός ο σχηματισμός μεμβρανών χωρίς σταθερή δομή, με αδυναμία εφαρμογής στο δείγμα και άλλα ελαττώματα.
5. Τη συγκέντρωση των πρωτεϊνικών διαλυμάτων, με την ιδανική συγκέντρωση να εξαρτάται κυρίως από το είδος της χρησιμοποιούμενης πρωτεΐνης.
6. Τη σχετική υγρασία, επηρεάζοντας τόσο τις μηχανικές ιδιότητες όσο και την ικανότητα εφαρμογής των μεμβρανών ως φραγμό υγρασίας.
7. Τα πρόσθετα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τη συμβατότητά τους με τις πρωτεΐνες, με σκοπό τη δημιουργία μεμβρανών με τις επιθυμητές ιδιότητες [7].

Οι πρωτεΐνες είναι συστατικό πολλά υποσχόμενο ως υλικό μεμβρανών, κυρίως λόγω της ιδιότητάς τους να λειτουργούν ως φραγμός αερίων μεταξύ τροφίμου και περιβάλλοντος. Από την άλλη η χρήση τους περιορίζεται κυρίως λόγω της έλλειψης ιδιαίτερης μηχανικής αντοχής και της αδυναμίας τους να λειτουργήσουν ως φραγμός υγρασίας λόγω της υδρόφιλης φύσης τους. Η παραπάνω αδυναμία μπορεί να αντιμετωπιστεί με την ταυτόχρονη χρησιμοποίηση διάφορων πρωτεϊνών ή και άλλων πολυμερών μαζί τους. Προκειμένου να βελτιωθούν οι ιδιότητες των πρωτεϊνών ως υλικό παρασκευής μεμβρανών, έχει μελετηθεί η προσθήκη πλαστικοποιητών και λιπιδίων, η προσαρμογή του pH, η εφαρμογή θερμότητας, ακτινοβολίας, ενζύμων και άλλων διαδικασιών. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι ιδιότητες ορισμένων φιλμ πρωτεϊνικής προέλευσης.

Πίνακας 4. Ιδιότητες, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεμβρανών διαφόρων πρωτεϊνών [6].

Protein	WVP	TS	EAB	L*	Advantage	Limitations
Animal proteins						
Meat proteins						
Gelatin	0.30–36	10–80	20–120	74–95	Excellent film-forming capacity Excellent barrier properties against oxygen, and aroma compounds under low or intermediate relative-humidity conditions Good mechanical resistance and high elasticity Thermo-reversible with a melting point close to body temperature	High water vapor permeability
Myofibrillar protein	0.6–35	5–12	35–175	89–93	Good film-forming capacity Good tensile strength	High water vapor permeability Very brittle
Milk proteins						
Caseins	1.6–11	2–77	2–130	n/d	Low oxygen permeability Good mechanical properties Insoluble in water (but they absorb water)	High water vapor permeability Opaque
Whey protein	2–36	0.8–16	13–196	≈90	Good film-forming capacity Excellent barrier against oxygen, aroma compounds, and oil under low or intermediate relative-humidity conditions	High water vapor permeability Brittleness Low tensile strength
Albumen	n/d	6.5–9.5	85–155	< 88	Easily processed at low temperatures High transparency and elasticity	High water vapor permeability
Keratin	26–35	0.7–4.7	10–50	< 83	Good film-forming capacity	Very high water vapor permeability Very brittle
Plant proteins						
Soy protein						
Soy protein	8–19.5	2–7	14–170	n/d	Good film-forming capacity	Weak mechanical properties High water vapor permeability Light beany flavor
Wheat gluten	7.33	5–18	2–90	n/d	Good film-forming capacity Selective gas-barrier properties Insoluble in water (but they absorb water)	High water vapor permeability Brittleness
Corn zein	0.3–1.4	18–33	2.6–3.6	88.3	Excellent film-forming capacity High tensile strength Low water vapor and oxygen permeability	Brittleness
Other legume-seed proteins						
Lentil protein	3.09	4.24	58.22	25.7	Good film-forming capacity	Brittleness
Pea protein	11–20	≈6.3	≈37	41.7	Color and semitransparency (can be used for packaging of foods which are sensitive to light)	
Mung bean protein	1.04–1.8	5–6	32–86	<21		
Triticale protein	0.33	2.9	9.67	n/d		
Pumpkin protein	n/d	0.8–6	22–196	n/d		
Faba bean protein	1.6–2.9	0.5–4	40–200	n/d		
Sunflower protein	0.05–1.1	2–8	32–140	30.8		
Distilled dried grain protein	24.6	10.7	7.19	63.2		

WVP; water vapor permeability (10^{-10} g m/Pa s m^2); TS, tensile strength (MPa); EAB, elongation at break (%); L*, luminosity

Καζεΐνη

Οι πρωτεΐνες του γάλακτος κατηγοριοποιούνται σε δύο τύπους, την καζεΐνη και την πρωτεΐνη του ορού γάλακτος. Η καζεΐνη συνιστά το 80% των πρωτεϊνών του γάλακτος, αποτελούμενη από τρία βασικά συστατικά, τα α, β και κ, τα οποία μαζί σχηματίζουν κολλοειδή μικκύλια, τα οποία με τη σειρά τους σταθεροποιούνται από μία γέφυρα ασβεστίου- φωσφορικών. Η β- καζεΐνη αποτελεί την πιο ενδιαφέρουσα δομή, επιδεικνύοντας χαμηλή διαπερατότητα σε νερό, ενώ η α δομή έχει λιγότερο υδρόφοβο χαρακτήρα από τη β [17].

Τα μόρια καζεΐνης δεν έχουν καθορισμένη δευτεροταγή δομή, επιδεικνύοντας αντίθετα μία τυχαία σπειροειδή δομή, ενώ το ισοηλεκτρικό σημείο της είναι 4,6, στο οποίο μπορούν να απομονωθούν ελεύθερα μόριά της [7]. Η καζεΐνη είναι φθηνή, άμεσα διαθέσιμη, μη τοξική και ιδιαίτερα σταθερή, και έτσι χρησιμοποιείται επίσης ως διατροφικό πρόσθετο και ως γαλακτωματοποιητής. Έχει βρεθεί ότι καθυστερεί την απώλεια σταθερότητας, βάρους και υγρασίας.

Σύνθετες μεμβράνες

Ο σχηματισμός μίας μεμβράνης απαιτεί τουλάχιστον ένα συστατικό ικανό να δημιουργήσει μία μήτρα με ικανοποιητική συνοχή, ενώ η λειτουργικότητά της εξαρτάται κυρίως από τη φύση των επιπρόσθετων συστατικών [15]. Η λειτουργικότητα των εδώδιμων μεμβρανών μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά με την προσθήκη άλλων ουσιών, όπως αντιοξειδωτικών, αντιμικροβιακών, βελτιωτικών γεύσης ή συντηρητικών. Μεγάλο πλεονέκτημα της παραπάνω μεθόδου είναι η μη άμεση επαφή των πρόσθετων ουσιών με το τρόφιμο, κάτι που θα μπορούσε να επιφέρει αρνητικά αποτελέσματα στη διατηρησιμότητά του.

Εκτός από προστασία στο τρόφιμο, οι μεμβράνες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως φορείς βιοδραστικών συστατικών, ενισχύοντας έτσι τις ιδιότητές του και τα οφέλη του για την υγεία [11]. Κάποια από τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται στον πίνακα 5. Θα πρέπει να υπάρχει ακριβής και ελεγχόμενος ρυθμός απελευθέρωσης των προσθέτων, ώστε να παρουσιάσουν τις επιθυμητές λειτουργίες τους. Πειραματικές μελέτες επίσης έχουν γίνει για την ενσωμάτωση μικροοργανισμών με επιθυμητές λειτουργίες στις μεμβράνες, με θετικά αποτελέσματα την επέκταση της βιωσιμότητας των προβιοτικών κατά τη διάρκεια αποθήκευσης σε ψύξη και τον έλεγχο άλλων παθογόνων μικροοργανισμών. Αντιθέτως οι μηχανικές και φυσικοχημικές ιδιότητες των μεμβρανών μπορεί να επηρεαστούν αρνητικά από την παρουσία μικροοργανισμών σε συνδυασμό με τα υλικά και τα πρόσθετα της μεμβράνης [26].

Πίνακας 5. Πρόσθετα σε εδώδιμες μεμβράνες φρούτων και λαχανικών [20].

Additives	Examples
Antibrowning compounds	Ascorbic acid
Antimicrobial agents	Potassium sorbate
Texture enhancers	Calcium chloride
Nutrients	Vitamin (E)
Aroma precursors	Linoleic acid
Probiotics	<i>B. lactis</i>
Flavors and colorants	Apple puree

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για τη δημιουργία μίας σύνθετης μεμβράνης, μία εξ αυτών είναι η μέθοδος Layer by Layer (LbL), στην οποία κάθε ουσία της μεμβράνης καλύπτει ως διαφορετικό στρώμα το προϊόν. Οι ιδιότητες της μεμβράνης μπορούν να ελεγχθούν με τη σωστή επιλογή ουσιών, τις συγκεντρώσεις τους αλλά και τη σειρά και τον αριθμό των στρωμάτων (layers). Η παραπάνω μέθοδος αν και βρίσκει εφαρμογή σε διάφορους τομείς, όπως η φαρμακευτική, οι κυψέλες καυσίμου και τα οπτικά, βρίσκεται στην αρχή της εφαρμογής της στον τομέα της τεχνολογίας τροφίμων και των εδώδιμων μεμβρανών [37].

Ενσωμάτωση αντιοξειδωτικών

Η ενσωμάτωση αντιοξειδωτικών ουσιών στις εδώδιμες μεμβράνες έχει ως κύριο σκοπό την καθυστέρηση της οξειδωσης των λιπιδίων, η οποία ευθύνεται για τη μείωση του χρόνου ζωής των προϊόντων, την εμφάνιση δυσάρεστων οσμών/ γεύσεων (off-flavors), την αλλοίωση του χρώματος και την απώλεια βιταμινών. Η μέθοδος αυτή είναι πιο αποτελεσματική από την απευθείας προσθήκη αντιοξειδωτικών στο προϊόν, αφού

προστίθενται στην ευαίσθητη επιφάνειά του μαζί με τη μεμβράνη και επιπλέον πιο οικονομική, αφού απαιτεί πολύ λιγότερη ποσότητα αντιοξειδωτικών.

Ενσωμάτωση αντιμικροβιακών

Αντιμικροβιακοί παράγοντες, όπως η χιτοζάνη, η νισίνη, το βενζοϊκό και το σορβικό οξύ, ένζυμα, εκχυλίσματα φυτών και άλλες ουσίες, μπορούν να ενσωματωθούν στις εδωδιμες μεμβράνες με σκοπό την παρεμπόδιση του πολλαπλασιασμού βακτηρίων και μυκήτων. Οι παραπάνω ουσίες, κατά την επαφή τους με το προϊόν, παρεμποδίζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών στην επιφάνειά του [33]. Για την επιλογή ενός αντιμικροβιακού παράγοντα, κρίνεται απαραίτητη η μελέτη της αποτελεσματικότητάς του έναντι των μικροοργανισμών- στόχων και οι πιθανές αλληλεπιδράσεις του τόσο με το υλικό της μεμβράνης, αλλά και με τα συστατικά του τροφίμου.

Συνήθως τα αντιμικροβιακά από μόνα τους δεν παρέχουν επαρκή προστασία εναντίον της υποβάθμισης της ποιότητας και της ασφάλειας τροφίμων, αλλά σε συνδυασμένη χρήση με συντηρητικά μπορούν να βελτιώσουν την ασφάλεια των τροφίμων. Στον πίνακα 6 παρουσιάζονται συνδυασμοί υδροκολλοειδών και αντιμικροβιακών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή εδωδιμων μεμβρανών και η επίδρασή τους σε αυτές [36].

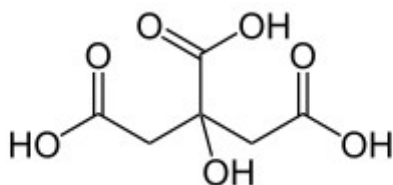
Πίνακας 6. Συνδυασμός υδροκολλοειδών και αντιμικροβιακών για τη δημιουργία εδωδιμων μεμβρανών.

Hydrocolloid	Antimicrobial	Fruit/vegetable	Effect	Reference
Starch/chitosan	Chitosan	Carrot slices	Inhibition of total viable count, lactic acid bacteria, psychrotrophic total coliforms and yeast and mold during storage at 10 °C	Durango et al. 2006
Cassava starch	Potassium sorbate	Pumpkin cylinders	Aerobic mesophiles, lactic acid bacteria, yeasts, and molds growth was prevented	Garcia et al. 2008
Starch or MC/HPMC	Propolis extract	Fresh noodle	Total microorganism count was reduced during 4 weeks at 10 °C	Kim et al. 2005
Alginate	Potassium sorbate	Potato cylinders	Initial microbial load was decrease during refrigerated storage at 5 °C	Mitrakas et al. 2008
Chitosan Casein CMC	Chitosan	Butternut squash	Coating reduced the counts of mesophilic aerobic bacteria	Moreira et al. 2009
Chitosan, carboxymethyl cellulose, and casein	Natural plant extracts	Butternut	Coatings enriched with rosemary and olive oleoresins produced a slight antimicrobial effect against native microflora and <i>Listeria monocytogenes</i>	Ponce et al. 2008
Alginate	Cinnamon, palmarosa, and lemongrass	Fresh-cut melon	Native flora growth and <i>S. enteritidis</i> population was reduced extending shelf life by more than 21 days	Raybaudi-Massilia et al. 2008
Agar-agar	Chitosan and acetic acid	Garlic	Filamentous fungi and aerobic mesophilic were inhibited during 6 days storage, at 25 °C	Robson et al. 2008
Chitosan	Chitosan	Carrots slices	Native microbial populations were maintained very low	Simões et al. 2009
Hydroxypropyl methylcellulose-lipid	Organic acid salts, parabens	Mandarins	Antifungal action of the coatings was fungistatic rather than fungicidal	Valencia-Chamorro et al. 2009
Chitosan/cassava starch/gelatin	Chitosan	Mango slices	Inhibition of <i>Botryodiplodia theobromae</i> was reduced on fruit surface was observed	Zhong and Xia 2008

Κιτρικό οξύ

Το κιτρικό οξύ (εικόνα 11) παράγεται από τη βακτηριακή ζύμωση των μελασών με *Aspergillus niger*, με απόδοση σε κιτρικό οξύ 50-70% της συγκέντρωσης των ζυμώσιμων σακχάρων. Χρησιμοποιείται στην παραγωγή διαφόρων προϊόντων της βιομηχανίας τροφίμων, όπως οι κονσέρβες λαχανικών, οι χυμοί, τα ζελέ, οι μαρμελάδες και τα γαλακτοκομικά. Αναστέλλει το μαύρισμα των φρούτων και των λαχανικών, ενώ

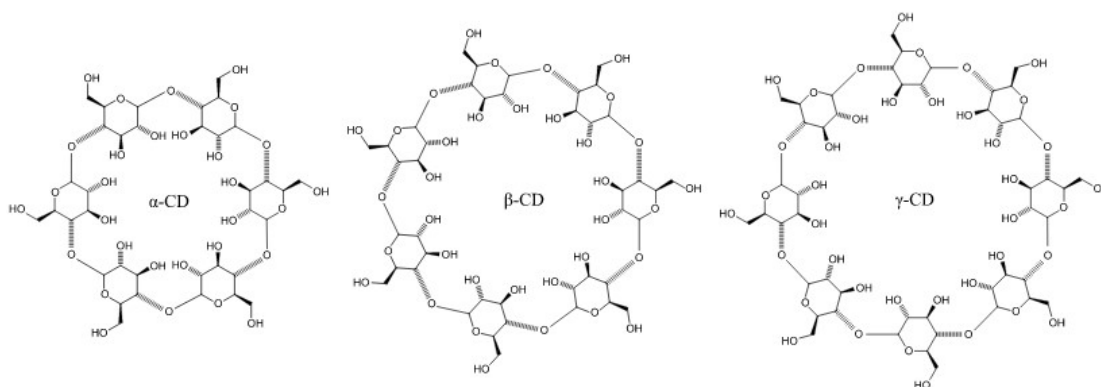
παράλληλα μπορεί να δράσει συνεργιστικά μαζί με αντιοξειδωτικά [34]. Έχει βρεθεί ότι ενισχύει τη σταθερότητα των μεμβρανών, αλλά και δρα ως πλαστικοποιητής, ενισχύοντας την ελαστικότητα. Επίσης φαίνεται να αποτελεί αποτελεσματικό φραγμό της υπεριώδους ακτινοβολίας αλλά και ανασταλτικό παράγοντα για τον πολλαπλασιασμό μικροοργανισμών όπως ο *E. Coli* [30].



Εικόνα 11. Μοριακή δομή κιτρικού οξέος.

Κυκλοδεξτρίνη

Οι κυκλοδεξτρίνες είναι ολιγοσακχαρίτες, αποτελούμενοι από μόρια D-γλυκοπυρανόζης, ενωμένα σε δακτύλιο. Οι α-, β- και γ- κυκλοδεξτρίνες είναι μακρομόρια, αποτελούμενα από 6,7 και 8 μόρια D- γλυκοπυρανόζης αντίστοιχα, συνδεδεμένα μεταξύ τους με R- 1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς (εικόνα 12) [18]. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία συμπλόκων εγκλεισμού, εγκλωβίζοντας στο εσωτερικό τους τμήματα άλλων μορίων. Έτσι προσδίδουν στα προϊόντα σταθερότητα και αντιοξειδωτική ή αντιμικροβιακή προστασία, περιέχοντας ουσίες, όπως τα αιθέρια έλαια, οι οποίες είναι ασταθείς και δεν μπορούν να συνεισφέρουν με τις ιδιότητές τους στα προϊόντα για ικανό χρονικό διάστημα.



Εικόνα 12. Μοριακή δομή α-, β- και γ κυκλοδεξτρίνης.

Η εφαρμογή τους επεκτείνεται ραγδαία, καθώς:

- Παράγονται από μία απλή ενζυμική διάσπαση του αμύλου, το οποίο βρίσκεται σε σχετική αφθονία στη φύση.
- Η τιμή τους είναι αρκετά χαμηλή (η β- κυκλοδεξτρίνη κοστίζει περίπου 10 δολάρια/kg).
- Μπορούν να σχηματίσουν σύμπλοκα εγκλεισμού, εμπριέχοντας ουσίες ιδιαίτερα σημαντικές για τη διατήρηση των προϊόντων.
- Είναι μη τοξικά μόρια, τα οποία μπορούν να καταναλωθούν και να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία τροφίμων, στη φαρμακοβιομηχανία, στη γεωργία, στην κοσμετολογία και σε άλλους τομείς.

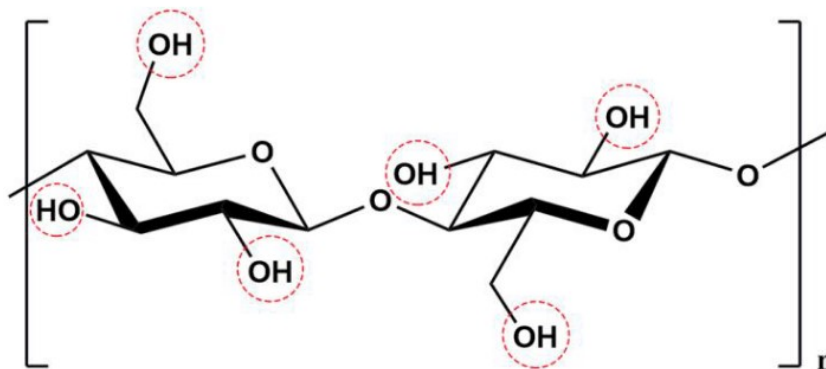
- Στις ΗΠΑ χαρακτηρίζονται ως GRAS, ενώ στην Ευρώπη, όσον αφορά τις α- και γ- κυκλοδεξτρίνες, μπορούν να καταναλώνονται χωρίς να έχει καθοριστεί κάποια ποσότητα ως η ανώτατη επιτρεπόμενη ανά ημέρα. Για τη β-κυκλοδεξτρίνη, αυτή η ποσότητα ανέρχεται σε 0,5mg/kg/ημέρα.

Η κυκλοδεξτρίνη χρησιμοποιείται ως αντιμικροβιακό πρόσθετο στις εδώδιμες μεμβράνες, ενώ επίσης έχει βρεθεί ότι προσδίδει σταθερότητα, προστατεύει από αντιδράσεις όπως η οξείδωση και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να μειώσει τα δύσοσμα συστατικά (off- flavors). Το τελευταίο χαρακτηριστικό είναι που καθιστά την κυκλοδεξτρίνη ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα ουσία σε εφαρμογές της τεχνολογίας τροφίμων αλλά και στη φαρμακοβιομηχανία [19]. Το προαπαιτούμενο για τη δημιουργία μίας εδώδιμης μεμβράνης είναι η συμβατότητα μεταξύ της κυκλοδεξτρίνης και των άλλων συστατικών της μεμβράνης.

Νανοκρυσταλλική κυτταρίνη

Η νανοκρυσταλλική κυτταρίνη (Cellulose Nanocrystals- CNCs) (εικόνα 13) σχηματίζεται κυρίως έπειτα από όξινη υδρόλυση της κυτταρίνης, με μηχανική ανάδευση της προκύπτουσας ουσίας σε νερό έως την παραλαβή σταθερών κρυστάλλων. Μία άλλη μέθοδος παραλαβής της CNC είναι με τη χρησιμοποίηση υπερθειικού αμμωνίου [40]. Έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον στον τομέα των νανοσυστατικών, λόγω των μικρών διαστάσεων, της μεγάλης επιφάνειας, της μοναδικής μορφολογίας, της βιοαποικοδόμησής της και τις ισχυρές μηχανικές της ιδιότητες. Αποτελεί μαζί με τα νανοσωματίδια χιτοζάνης τα πιο μελετημένα βιο- νανοσυστατικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή εδώδιμων μεμβρανών. Επιπλέον είναι μία φθηνή πρώτη ύλη, μιας και παράγεται από την κυτταρίνη, το βιοπολυμερές με τη μεγαλύτερη αφθονία στη φύση.

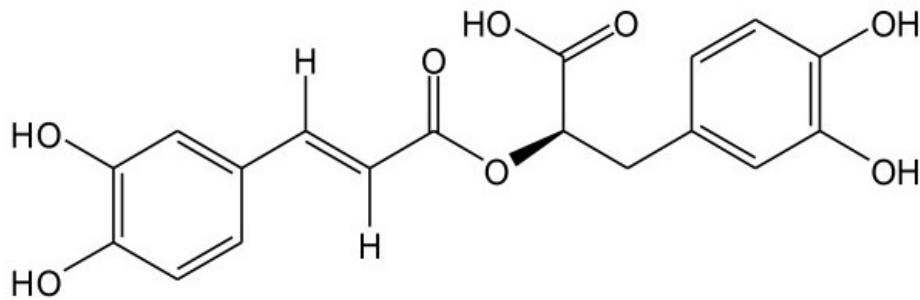
Σχηματίζει ισχυρούς δεσμούς υδρογόνου με άλλα πολυμερή κατά τον σχηματισμό των εδώδιμων μεμβρανών, με τις αλληλεπιδράσεις αυτές να είναι πιο εμφανείς σε υδατοδιαλυτά και υδρόφιλα πολυμερή. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της νανοκυτταρινικής δομής της (σχήμα, μήκος, διάμετρος), εξαρτώνται κυρίως από την προέλευση της κυτταρίνης και τη μέθοδο παραλαβής της [38]. Έχει βρεθεί ότι σε συνδυασμό με HPMC ή χιτοζάνη μπορεί να σχηματίσει μεμβράνες που να είναι καλοί φραγμοί υγρασίας και να παρουσιάζουν αξιόλογες μηχανικές ιδιότητες [39, 41].



Εικόνα 13. Μοριακός τύπος νανοκρυσταλλικής κυτταρίνης.

Ροσμαρινικό οξύ

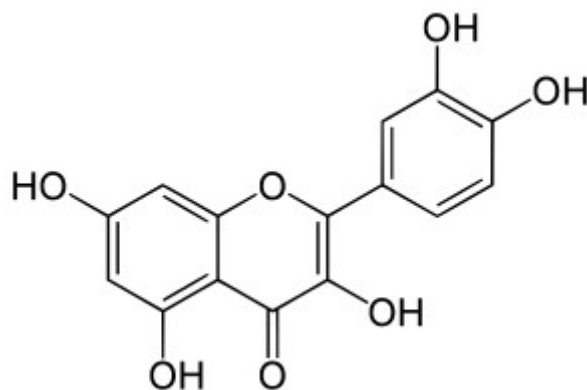
Το ροσμαρινικό οξύ (εικόνα 14) απομονώθηκε αρχικά από το φυτό δεντρολίβανο (*rosmarinus officinalis*), από το οποίο πήρε και την ονομασία του. Είναι ένας εστέρας του καφεϊκού οξέος και χρήζει ιδιαίτερης προσοχής λόγω της αντιβακτηριακής, αντιοξειδωτικής, αντιϊικής και της αντιφλεγμονώδους δράσης του. Ως συστατικό σύνθετων εδωδιμων μεμβρανών, όπως για παράδειγμα με ζελατίνη, βρέθηκε ότι προσδίδει καλές μηχανικές ιδιότητες, ενώ λειτουργεί και ως καλός φραγμός υγρασίας και υπεριώδους ακτινοβολίας [29].



Εικόνα 14. Μοριακός τύπος του ροσμαρινικού οξέος.

Κερκετίνη

Η κερκετίνη (εικόνα 15) είναι μία φλαβονόλη, η οποία συναντάται σε πολλά φρούτα και λαχανικά, όπως το κρεμμύδι, τα κεράσια, το μπρόκολο, αλλά επίσης σε διάφορα είδη τσαγιού και κρασιών. Απαντάται με διάφορες γλυκοζιτικές μορφές, με την ρουτίνη να είναι μία από τις πιο συνήθεις. Είναι η πιο κοινή φλαβονόλη στη διατροφή, χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση της υπερλιπιδαιμίας και την πρόληψη της παχυσαρκίας, ενώ επίσης λειτουργεί ως αντιοξειδωτικό. Επίσης έχει αναφερθεί ότι παρουσιάζει αντικαρκινικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες, χωρίς ωστόσο να είναι γνωστοί οι μηχανισμοί πίσω από αυτές [42, 43]. Τέλος, έχει βρεθεί ότι έχει αντιμυκητιακή δράση, όπως για παράδειγμα εναντίον του *Penicillium expansum*, το οποίο δημιουργεί μία μπλε μούχλα, την πιο κοινή και καταστροφική αλλοίωση μετά τη συγκομιδή, σε φρούτα όπως το μήλο και το αχλάδι [44].



Εικόνα 15. Μοριακός τύπος κερκετίνης.

Αβοκάντο

Το αβοκάντο (*Persea Americana*) (εικόνα 16) έχει τις ρίζες του στο Μεξικό και στην κεντρική Αμερική, όπου οι ιθαγενείς το καλλιεργούσαν από τα αρχαία χρόνια και αποτελούσε βασικό συστατικό της διατροφής τους. Η καλλιέργεια του αβοκάντο γίνεται ως επί το πλείστον στη λατινική Αμερική, ενώ πλέον έχει επεκταθεί σε Ισπανία, Ισραήλ και Νότια Αφρική. Αξιοσημείωτο είναι πως η Ελλάδα βρίσκεται στη δεύτερη θέση των παραγωγών αβοκάντο στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με καλλιεργήσιμες εκτάσεις πάνω από 10.000 στρέμματα. Σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό αβοκάντο (WAO), η Ευρώπη αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη αγορά σε κατανάλωση παγκοσμίως. Όπως φαίνεται στον πίνακα 7, πρόκειται για μια ιδιαίτερα προσοδοφόρα αγορά, με τζίρο που φτάνει παγκοσμίως αρκετά δισεκατομμύρια δολάρια σε ετήσια βάση.



Εικόνα 16.Ολόκληρο και τεμαχισμένο αβοκάντο.

Πίνακας 7. Οι 15 πρώτες χώρες σε αξία εξαγωγών αβοκάντο παγκοσμίως

1. Mexico: US\$2.7 billion (41.7% of total exported avocados)
2. Netherlands: \$1.1 billion (16.1%)
3. Peru: \$759.1 million (11.5%)
4. Spain: \$442.9 million (6.7%)
5. Chile: \$219.4 million (3.3%)
6. Kenya: \$169.2 million (2.6%)
7. United States: \$164.7 million (2.5%)
8. Colombia: \$146 million (2.2%)
9. New Zealand: \$115.4 million (1.8%)
10. Morocco: \$107.7 million (1.6%)
11. Dominican Republic: \$95.2 million (1.4%)
12. France: \$90.5 million (1.4%)
13. Belgium: \$79.1 million (1.2%)
14. South Africa: \$76.9 million (1.2%)
15. Israel: \$59.9 million (0.9%)

Ο καρπός έχει σχήμα ωοειδές, χρώμα φλοιού πράσινο και σάρκας πράσινο ανοιχτό, κίτρινο και μπεζ. Αποτελείται από περίπου 73% νερό, 15% λίπη, 2% πρωτεΐνες, 6,7% φυτικές ίνες και 1,5% σάκχαρα [2]. Το αβοκάντο είναι πλούσιο σε κάλιο και αποτελεί πηγή βιταμινών C και E, ενώ έχει βρεθεί ότι η τακτική κατανάλωσή του μειώνει την κακή χοληστερόλη και τα τριγλυκερίδια έως και 22% και αυξάνει την καλή χοληστερόλη έως και 11%. Περιέχει αντιβακτηριακά και αντιοξειδωτικά φλαβονοειδή, ενώ προσφέρει αντικαρκινική προστασία λόγω των περιεχόμενων καροτινοειδών και μονοακόρεστων λιπαρών του. Έχει βουτυρώδη και λιπαρή γεύση, ενώ καταναλώνεται αφού ωριμάσει μία εβδομάδα μετά τη συγκομιδή έπειτα από αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ή σε ψύξη έπειτα από μερικές εβδομάδες. Ανάλογα με την ποικιλία διατηρείται σε διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης, με θερμοκρασίες ωστόσο μεγαλύτερες από 26°C να προκαλούν δυσάρεστη οσμή/ γεύση (off- flavors), αποχρωματισμό του φλοιού και ταχεία ωρίμανση [49].

Μπανάνα

Η μπανάνα (εικόνα 17) είναι τροπικό φρούτο, το οποίο καλλιεργείται σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές. Ανήκει στο γένος *Musa* της οικογένειας *Musaceae*. Η ετήσια παραγωγή μπανάνας παγκοσμίως ξεπερνά τα 116.781.558 τόνους, με την Ινδία να βρίσκεται στην πρώτη θέση του σχετικού καταλόγου (πίνακας 8). Στην Ελλάδα η παραγωγή είναι περιορισμένη, ευδοκιμώντας κυρίως σε Κρήτη, Δωδεκάνησα, Κυκλάδες και Λακωνία. Πιθανότατα καλλιεργήθηκε πρώτα στην περιοχή της Παπούα- Νέας Γουινέας, ενώ υπάρχουν ενδείξεις για ύπαρξη δέντρων στο Καμερούν και στη Μαδαγασκάρη κατά την πρώτη χιλιετία π.Χ.



Εικόνα 17. Ολόκληρη και τεμαχισμένη μπανάνα

Πίνακας 8. Οι 10 πρώτες χώρες σε παραγωγή μπανάνας παγκοσμίως.

Country	Production (Tons)	Production per Person (Kg)	Acreage (Hectare)	Yield (Kg / Hectare)
India	30,460,000	22.791	866,000	35,173.2
China	11,998,329	8.608	358,924	33,428.6
Indonesia	7,280,659	27.473	132,214	55,067.2
Brazil	6,812,708	32.514	461,751	14,754.1
Ecuador	6,583,477	385.752	183,347	35,907.2
Philippines	6,049,601	56.852	185,894	32,543.3
Guatemala	4,341,564	250.927	90,240	48,111.3
Angola	4,036,959	138.016	162,156	24,895.5
Tanzania	3,406,936	62.86	302,758	11,253
Colombia	2,914,419	58.371	105,609	27,596.3

Ο καρπός έχει σχήμα μακρόστενο, χρώμα φλοιού κίτρινο και σάρκας λευκό. Έχει μαλακή σάρκα, η οποία αποσπάται εύκολα από τον φλοιό. Καταναλώνεται συνήθως ωμή, αλλά μπορεί να καταναλωθεί επίσης ψητή, τηγανητή ή αποξηραμένη, ανάλογα με το είδος. Το πιο γνωστό είδος μπανάνας είναι η Cavendish, ενώ υπάρχουν ακόμα οι Lakatan, Manzano, Burro και άλλες τοπικές ποικιλίες. Αποτελείται περίπου από 78% νερό, 0,22% λίπη, 0,73% πρωτεΐνες, 2% φυτικές ίνες και 16% σάκχαρα. Είναι πηγή βιταμινών Α, Β και C και καλίου. Το κάλιο βοηθά στην εξισορρόπηση των υγρών του οργανισμού και στην καλή λειτουργία της καρδιάς. Έχει γλυκιά γεύση και ευχάριστο άρωμα, ενώ κόβεται αρκετά άγουρη από το δέντρο, μεταφέρεται και αφήνεται να ωριμάσει σε ελεγχόμενες συνθήκες πριν να καταναλωθεί. Μεταφέρεται ιδανικά σε θερμοκρασία περίπου 14°C, ανάλογα με την ποικιλία [49]. Η χαρακτηριστική αρωματική ένωση της μπανάνας είναι ο οξικός ισοπεντυλεστέρας, με ορισμένους εστέρες της πεντανόλης με οξέα όπως το οξικό, προπιονικό και βουτυρικό, να συμμετέχουν επίσης στο άρωμά της [34].

Πειραματικό μέρος

Σκοπός

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την προσθήκη εδώδιμων επικαλυπτικών μεμβρανών σε φρεσκοτεμαχισμένα φρούτα, με σκοπό την επέκταση της διατηρησιμότητάς τους και τον περιορισμό της υποβάθμισης των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους. Τα δύο εξεταζόμενα φρούτα είναι το αβοκάντο και η μπανάνα, προϊόντα που καταναλώνονται ευρέως τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα παραπάνω φρούτα εξετάζονται αποφλοιωμένα και τεμαχισμένα, ώστε να είναι έτοιμα προς κατανάλωση, γεγονός όμως που επιταχύνει την υποβάθμισή τους. Οι πρώτες ύλες για την παρασκευή των μεμβρανών επιλέχθηκαν κυρίως με βάση παλαιότερα πειραματικά αποτελέσματα, αλλά και με κριτήριο την έρευνα για αξιοποίηση νέων ουσιών στον τομέα. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τόσο απλές όσο και σύνθετες, με επιπλέον προσθήκη ουσιών με προσδοκώμενες αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ιδιότητες. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ.

Υλικά και μέθοδοι

Για τις ανάγκες της πειραματικής διαδικασίας εξετάστηκαν αβοκάντο Αφρικής και μπανάνες Βραζιλίας. Η επιλογή έγινε με βάση το μέγεθος, έτσι ώστε να ευνοούνται η αποφλοίωση και ο τεμαχισμός, με βάση την σκληρότητα και κατ' επέκταση την ανθεκτικότητά τους και τέλος με βάση την εξωτερική τους εμφάνιση (απουσία φθορών, χτυπημάτων, μαυρίσματος).

Α ύλες- αντιδραστήρια

Οι ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των επικαλυπτικών μεμβρανών των κύβων αβοκάντο και των τεμαχίων μπανάνας ήταν οι εξής:

- Κιτρικό οξύ
- Πηκτίνη
- Καζεΐνη
- Χιτοζάνη
- Υδροξυ- προπυλο- μεθυλο- κυτταρίνη (HPMC)
- Κερκετίνη
- Ροσμαρινικό οξύ
- Κυκλοδεξτρίνη
- Νανοκρυσταλλική κυτταρίνη
- Στερεό καυστικό νάτριο
- Οξικό οξύ

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν στις διάφορες μετρήσεις ήταν τα παρακάτω:

- Διάλυμα μεταφωσφορικού οξέος- οξικού οξέος ($\text{HPO}_3\text{-HOAc}$)
- Στερεό ασκορβικό οξύ

- Στερεό διπτανθρακικό νάτριο NaHCO_3
- Δείκτης 2,6 διχλωρο-φαινολο-ινδο-φαινόλη (DCIP)
- Εξάνιο
- Διάλυμα $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- Κορεσμένο διάλυμα KI
- Μίγμα οξικού οξέος- χλωροφορμίου 3:2

Όργανα- συσκευές

Για την ολοκλήρωση των πειραμάτων απαραίτητα ήταν τα παρακάτω όργανα- συσκευές:

- Αναλυτικός ζυγός με ακρίβεια $\pm 10^{-3}\text{g}$
- Συσκευή τεμαχισμού φρούτων σε σχήμα κύβου (εικόνα 18)
- Συσκευή κοπής μπανάνας σε φέτες (εικόνα 19)
- Φούρνος ξήρανσης θερμοκρασίας 120°C
- Φούρνος ξήρανσης θερμοκρασίας 60°C
- Χρωματόμετρο Minolta CR/200 (εικόνα 20)
- Αναλυτής υφής Texture Analyzer XT2 Stable Microsystem



Εικόνα 18. Κοπή αβοκάντο σε κύβους



Εικόνα 19. Συσκευή κοπής μπανάνας σε φέτες



Εικόνα 20. Χρωματόμετρο Minolta CR/200

Πειραματική διαδικασία

Προετοιμασία δειγμάτων φρούτων

Αρχικά τα φρούτα πλένονται σχολαστικά και στεγνώνονται. Στη συνέχεια, στα αβοκάντο με μαχαίρι γίνεται μια τομή περιμετρικά τους από την κορυφή έως το κάτω μέρος τους και πάλι προς την κορυφή. Αφαιρείται το κουκούτσι και έπειτα ο φλοιός τους, ενώ με το ειδικό σκεύος αυτά κόβονται σε κύβους διαστάσεων 1cmx1cmx1cm. Στην περίπτωση της μπανάνας, με το ειδικό σκεύος (μαντολίνο) (εικόνα 19), αφού αφαιρεθεί ο φλοιός της, αυτή κόβεται σε φέτες πάχους 0,7cm. Επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος τρόπος κοπής της μπανάνας και όχι ο ίδιος με αυτόν του αβοκάντο,

καθώς λόγω της μικρής σκληρότητάς της, η μελέτη των κύβων θα ήταν ιδιαίτερα δύσκολη με αμφίβολα αποτελέσματα.

Παρασκευή μεμβρανών και αντιοξειδωτικών

Η πειραματική διαδικασία ουσιαστικά χωρίστηκε σε δύο φάσεις, στις οποίες ελέγχθησαν τα εξεταζόμενα φρούτα με την προσθήκη διάφορων μεμβρανών. Στην πρώτη φάση εξετάστηκε η εφαρμογή απλών μεμβρανών με αντιοξειδωτικά, ενώ στη δεύτερη η εφαρμογή σύνθετων μεμβρανών.

Αρχικά παρασκευάζεται το διάλυμα κιτρικού οξέος 1% w/v, με ανάμειξη 2g κιτρικού οξέος σε 200mL νερού υπό ανάδευση. Εν συνεχεία παρασκευάζονται τα διαλύματα των εδώδιμων μεμβρανών της πηκτίνης και της καζεΐνης, έπειτα από ανάδευση υπό θερμοκρασία 100°C 1g πηκτίνης και 1g καζεΐνης αντίστοιχα με 100mL νερού μέχρι πλήρους ανάμειξης. Στην περίπτωση της καζεΐνης, στα 300mL συνολικού διαλύματος απαραίτητη είναι η προσθήκη ποσότητας 0,36g στερεού NaOH για αύξηση του pH σε ουδέτερο- βασικό επίπεδο, ώστε να καταστεί υδατοδιαλυτή η καζεΐνη και να μην σχηματίσει ζελέ κατά την ψύξη της. Τέλος παρασκευάζονται τα διαλύματα των αντιοξειδωτικών, με ανάμειξη υπό ανάδευση 0,1g κερκετίνης και ροσμαρινικού οξέος αντίστοιχα με 100mL νερού.

Έπειτα παρασκευάζονται οι σύνθετες μεμβράνες. Πρωτίστως το διάλυμα της χιτοζάνης 1%w/v με προσθήκη 1%v/v οξικού οξέος υπό ανάδευση και θέρμανση. Έπειτα το διάλυμα HPMC 1%w/v με προσθήκη όλης της απαιτούμενης ποσότητας HPMC στο 1/7- 1/5 της συνολικής απαιτούμενης ποσότητας νερού και ανάδευση για 1h. Στη συνέχεια προστίθεται και η υπόλοιπη ποσότητα νερού και συνεχίζεται η ανάδευση για άλλη 1h. Τέλος παρασκευάζονται τα διαλύματα κυκλοδεξτρίνης και νανοκρυσταλλικής κυτταρίνης, με ανάμειξη υπό ανάδευση 1g από κάθε ουσία με 100mL νερού.

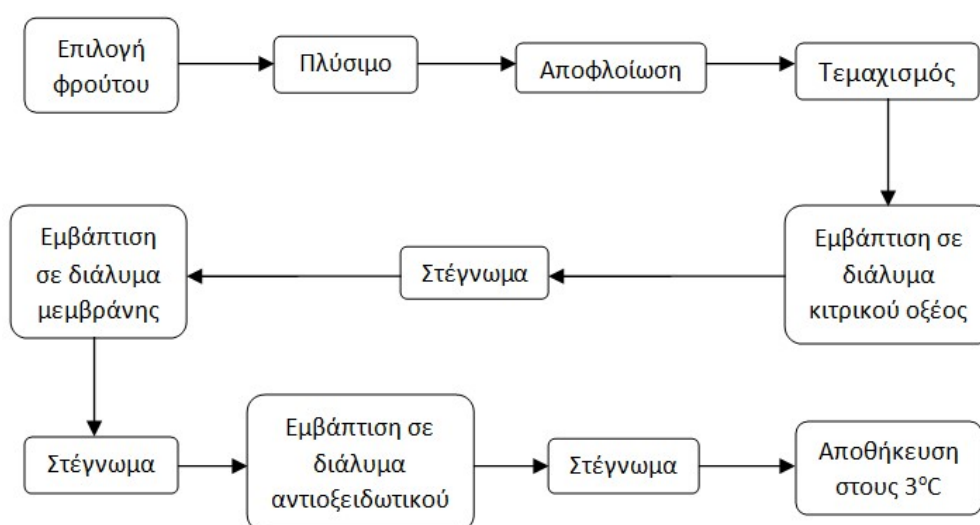
Παρασκευή δειγμάτων

Για τις δύο πρώτες μεμβράνες που χρησιμοποιήθηκαν, αυτές της πηκτίνης και της καζεΐνης, πρώτο στάδιο ήταν η εμφύσηση των κύβων αβοκάντο και των τεμαχίων μπανάνας στο διάλυμα κιτρικού οξέος για χρονικό διάστημα 3s. Ορισμένα από τα παραπάνω δείγματα διατηρούνται ως έχουν, αποτελώντας το τυφλό δείγμα (Α). Είναι σημαντικό η εμφύσηση να γίνει όσο το δυνατόν πιο γρήγορα, ώστε να αποφευχθεί η οξειδωση και η αλλοίωση του χρώματος λόγω ενζυμικής αμαύρωσης αλλά και άλλων χαρακτηριστικών του φρούτου. Αφού στεγνώσουν, το τυφλό δείγμα διατηρείται σε ψύξη και οι υπόλοιποι κύβοι εμφύονται στο διάλυμα της εδώδιμης μεμβράνης για χρονικό διάστημα περίπου 3min, διάστημα ικανοποιητικό ώστε να απορροφήσουν επαρκή ποσότητά της. Ορισμένοι από τους παραπάνω κύβους διατηρούνται ως έχουν, αποτελώντας το δεύτερο είδος δείγματος (Β), ενώ οι υπόλοιποι θα εμφύονται στα διαλύματα των δύο αντιοξειδωτικών για χρονικό διάστημα 1min, αποτελώντας το τρίτο και τέταρτο είδος δείγματος αντίστοιχα (Γ,Δ). Όλα τα δείγματα αφήνονται να στεγνώσουν για χρονικό διάστημα περίπου 15min και αποθηκεύονται υπό ψύξη, ενώ παράλληλα είναι έτοιμα για να γίνουν μετρήσεις.

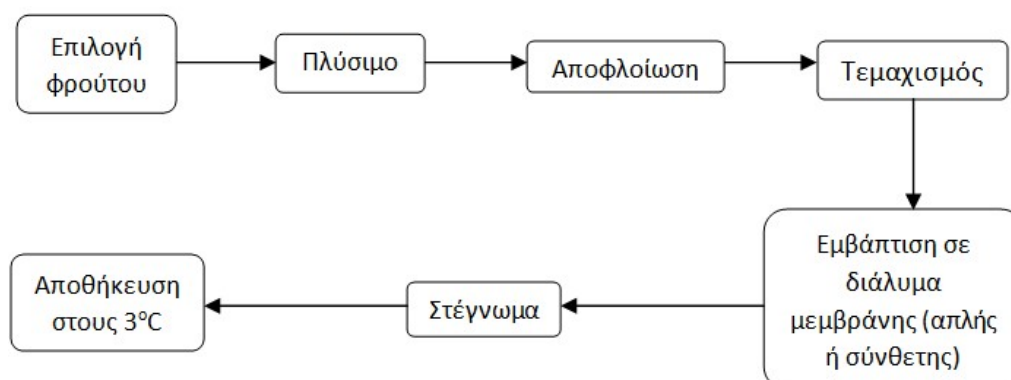
Στην περίπτωση των σύνθετων μεμβρανών, δεν χρησιμοποιήθηκε κιτρικό οξύ. Το πρώτο είδος δείγματος (Α) αποτέλεσαν τα κομμάτια φρούτων τα οποία εμφύστηκαν στα διαλύματα χιτοζάνης και HPMC αντίστοιχα. Το δεύτερο είδος

δείγματος (Β) αποτέλεσαν τα κομμάτια φρούτων τα οποία εμβαπτίστηκαν σε δυαδικά διαλύματα κυκλοδεξτρίνης 50%v/v με διαλύματα χιτοζάνης 50%v/v και ΗΡΜC 50%v/v αντίστοιχα. Το τρίτο είδος δείγματος (Γ) αποτέλεσαν τα κομμάτια φρούτων τα οποία εμβαπτίστηκαν σε δυαδικά διαλύματα ναοκρυσταλλικής κυτταρίνης 50%v/v με διαλύματα χιτοζάνης 50%v/v και ΗΡΜC 50%v/v αντίστοιχα. Τέλος, το τελευταίο είδος δείγματος (Δ) αποτέλεσαν τα κομμάτια φρούτων τα οποία εμβαπτίστηκαν σε τριαδικά διαλύματα χιτοζάνης 50%v/v ή ΗΡΜC 50%v/v αντίστοιχα, με διαλύματα κυκλοδεξτρίνης 12,5%v/v και ναοκρυσταλλικής κυτταρίνης 37,5%v/v αντίστοιχα. Όλα τα δείγματα αφού αφέθηκαν επίσης να στεγνώσουν για περίπου 15min, αποθηκεύθηκαν υπό ψύξη.

Παρακάτω (διαγράμματα 1,2) παρουσιάζονται τα διαγράμματα ροής της πειραματικής διαδικασίας, τόσο για την επικάλυψη των δειγμάτων με απλές μεμβράνες, όσο και με σύνθετες.



Διάγραμμα 1. Διάγραμμα ροής της πειραματικής διαδικασίας με επικάλυψη των φρούτων με απλές μεμβράνες και αντιοξειδωτικά.



Διάγραμμα 2. Διάγραμμα ροής της πειραματικής διαδικασίας με επικάλυψη των φρούτων με σύνθετες μεμβράνες.

Συχνότητα και διάρκεια μετρήσεων

Οι μετρήσεις των εξεταζόμενων χαρακτηριστικών πραγματοποιούνται κάθε μέρα, ενώ κάθε σειρά πειραμάτων είχε διάρκεια οκτώ (8) ημερών για κάθε εξεταζόμενο φρούτο.

Εξεταζόμενα χαρακτηριστικά

Για τα τέσσερα δείγματα (Α,Β,Γ,Δ) κάθε σειράς, μελετάται η μεταβολή ανά τακτά χρονικά διαστήματα (1 ημέρα) των εξής χαρακτηριστικών:

1. Βάρος
2. Υγρασία
3. Χρώμα
4. Υφή
5. Συγκέντρωση βιταμίνης C
6. Βαθμός οξειδωσης (με εκχύλιση του ελαίου του δείγματος με εξάνιο, αφού πρώτα παραμείνει σε θάλαμο στους 60°C για 24h)
7. Περιεκτικότητα δειγμάτων σε έλαιο

Επίσης διενεργείται και οργανοληπτικός έλεγχος για την καλύτερη παρακολούθηση των παραπάνω παραμέτρων.

Αναλύσεις- Μετρήσεις

Μεταβολή βάρους

Η απώλεια βάρους των φρούτων μετά τη συγκομιδή οδηγεί στη συρρίκνωση και στην υποβάθμιση της εμφάνισής τους, με τα φαινόμενα αυτά να εμφανίζονται ταχύτατα σε φρεσκοτεμαχισμένα και έτοιμα για κατανάλωση φρούτα.

Σε αναλυτικό ζυγό μετράται το βάρος των δειγμάτων σε καθημερινή βάση και υπολογίζεται η μεταβολή του στο παραπάνω χρονικό διάστημα με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων. Η επί τοις εκατό μεταβολή του βάρους των δειγμάτων υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Μεταβολή (\%)} = \frac{\text{Βάρος(αρχ)} - \text{Βάρος(τελ)}}{\text{Βάρος(αρχ)}} * 100\% \quad (1)$$

Μεταβολή υγρασίας

Το νερό αποτελεί κυρίαρχο συστατικό των φρούτων και των λαχανικών, παίζοντας σημαντικό ρόλο στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους, αποτελώντας πρωταρχικό παράγοντα αλλοίωσής τους. Παράλληλα απαραίτητη είναι η πρόσληψή του από τον ανθρώπινο οργανισμό για την ορθή λειτουργία του. Μπορεί να προσδιοριστεί είτε μέσω ξήρανσης είτε μέσω απόσταξης, στην περίπτωση που στο φρούτο συναντώνται και άλλα πτητικά συστατικά.

Στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία κρίθηκε εφαρμόσιμη η μέθοδος της ξήρανσης, με τις μετρήσεις να αρχίζουν από την ημέρα παρασκευής των δειγμάτων και να συνεχίζονται μέχρι το τέλος των πειραμάτων. Τα δείγματα τοποθετούνται στον φούρνο ξήρανσης σε θερμοκρασία 120°C από την προηγούμενη ημέρα, αφού πρώτα ζυγιστούν. Την επόμενη ημέρα και έπειτα από περίπου 24h εξέρχονται από τον

φούρνο και επαναζυγίζονται (εικόνα 21). Το παραπάνω διάστημα είναι επαρκές, ώστε να αποβάλλουν την υγρασία τους και να αποκτήσουν σταθερό βάρος. Η ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Μεταβολή (\%)} = \frac{\text{Βάρος(αρχ)} - \text{Βάρος(τελ)}}{\text{Βάρος(αρχ)}} * 100\% \quad (2)$$



Εικόνα 21. Δείγματα μπανάνας και αβοκάντο έπειτα από την παραμονή τους σε φούρνο ξήρανσης σε θερμοκρασία 120°C για μία ημέρα.

Μεταβολή χρώματος

Με το χρωματόμετρο Minolta CR/200 (εικόνα 20) πραγματοποιούνται μετρήσεις σε τρία σημεία κάθε εξεταζόμενου δείγματος. Το παραπάνω όργανο παρέχει τρεις τιμές σε κάθε μέτρηση L, a, b της κλίμακας CIE 1976. Το L εκφράζει τη φωτεινότητα του δείγματος (Luminosity), με την τιμή 0 να αντιστοιχεί στο μαύρο και την τιμή 100 στο λευκό χρώμα. Τα a και b είναι οι ορθογώνιες συντεταγμένες πάνω στο επίπεδο διατομής του χρώματος, το οποίο είναι κάθετο στον άξονα άσπρου- μαύρου χρώματος. Αρνητικές και θετικές τιμές του a αντιστοιχούν στο πράσινο και στο κόκκινο χρώμα αντίστοιχα, ενώ αρνητικές και θετικές τιμές του b αντιστοιχούν στο μπλε και στο κίτρινο χρώμα αντίστοιχα. Οι τιμές των δύο τελευταίων παραμέτρων προσδιορίζουν και το μετρούμενο χρώμα. Θετικές τιμές a και b δηλώνουν κόκκινο και κίτρινο χρώμα αντίστοιχα, ενώ αρνητικές δηλώνουν πράσινο και μπλε χρώμα αντίστοιχα. Πριν την έναρξη των μετρήσεων πραγματοποιείται η διαδικασία βαθμονόμησης (calibration) του οργάνου, με πραγματοποίηση τριών μετρήσεων στην ειδική παρελκόμενη λευκή επιφάνεια. Εν συνεχεία πραγματοποιούνται τρεις μετρήσεις σε κάθε δείγμα, με την τιμή των παραμέτρων L, a, b να αποτελεί μέσο όρο αυτών. Το χρώμα και η ολική μεταβολή του χρώματος κάθε δείγματος προκύπτει από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$E = \sqrt{L^2 + a^2 + b^2} \quad (3)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (4)$$

Μέτρηση υφής

Τα αποτελέσματα της μελέτης υφής των δειγμάτων μπορούν να συσχετιστούν με τις μηχανικές ιδιότητες των φρούτων.

Με τον αναλυτή υφής Texture Analyzer XT2 Stable Microsystem πραγματοποιούνται μετρήσεις για τον προσδιορισμό της υφής των δειγμάτων, αφού πρώτα πραγματοποιηθεί η διαδικασία βαθμονόμησης (calibration) και στο

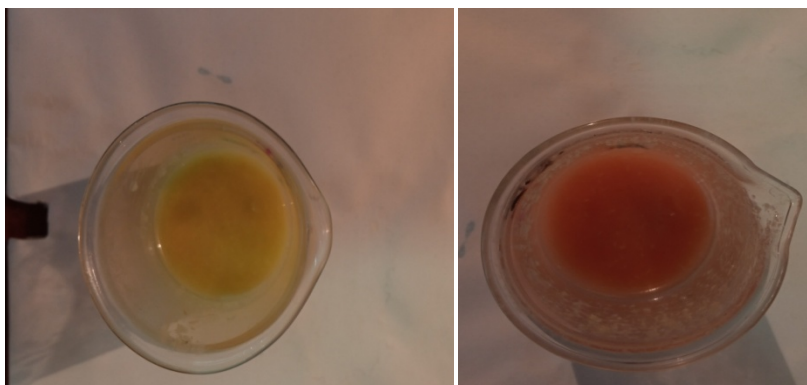
συγκεκριμένο όργανο. Μέσω του προγράμματος Exponent τα αποτελέσματα της ανάλυσης υψής με κοπίδι παρουσιάζονται στην οθόνη ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η δύναμη επαφής (βάρος) του κοπιδίου ορίστηκε στα 4g, με την ταχύτητα και το ύψος επαναφοράς του να ρυθμίζονται στα 20mm/s και 20mm αντίστοιχα. Η σκληρότητα του κάθε δείγματος αντιστοιχεί στη μέγιστη τιμή του διαγράμματος δύναμης συναρτήσεως του χρόνου.

Μέτρηση βιταμίνης C

Οι βιταμίνες αποτελούν απαραίτητες οργανικές ενώσεις για την εύρυθμη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Μία από τις βασικότερες είναι η βιταμίνη C ή ασκορβικό οξύ, η οποία είναι υδατοδιαλυτή και έχει βασικό ρόλο στην άμυνα του οργανισμού. Το L- ασκορβικό οξύ και το L- δεϋδροασκορβικό οξύ (DHAA) αποτελούν τις δύο ενεργές βιολογικές μορφές της.

Για τον προσδιορισμό της βιταμίνης C χρησιμοποιείται η πιο διαδεδομένη προτυποποιημένη ογκομετρική μέθοδος, η οποία χρησιμοποιεί την 2,6 διχλωροφαινόλο-ινδοφαινόλη (DCIP) ως δείκτη για τον άμεσο προσδιορισμό του ασκορβικού οξέος. Η μέθοδος βασίζεται στην αναγωγή του δείκτη σε όξινο διάλυμα μεταφωσφορικού οξέος- οξικού οξέος ($\text{HPO}_3\text{-HOAc}$) από ασκορβικό οξύ και την τελική αλλαγή του χρώματος του εξεταζόμενου διαλύματος σε ροζ. Το δείγμα για την παραπάνω μέτρηση πρέπει να βρίσκεται σε υγρή μορφή, λόγω όμως της αδυναμίας επίτευξης του παραπάνω εξαιτίας της φυσιολογίας των εξεταζόμενων φρούτων, πολτοποιείται σε μορφή πουρέ.

Αρχικά παρασκευάζεται πρότυπο διάλυμα ασκορβικού οξέος με ανάμιξη 50mg ξηρού ασκορβικού οξέος, 50 mL ρυθμιστικού διαλύματος και 200mL νερού. Το ρυθμιστικό διάλυμα παρασκευάζεται με ανάμιξη 15g υαλώδους μεταφωσφορικού οξέος (HPO_3), 40mL οξικού οξέος και 200mL νερού και έπειτα με αραίωσή τους στα 500mL νερό. Το διάλυμα DCIP παρασκευάζεται με ανάμιξη 100mg DCIP με 84mg NaHCO_3 και αραίωση στα 200mL νερό. Αναμιγνύονται ποσότητα περίπου 2g δείγματος με 2mL προτύπου και 5mL ρυθμιστικού διαλύματος και στη συνέχεια πραγματοποιείται άμεση τιτλοδότηση με τον δείκτη. Στο τελικό σημείο της τιτλοδότησης, η περίσσεια χρωστικής που δεν έχει αναχθεί δίνει ροζ χρώμα στο ογκομετρούμενο διάλυμα (εικόνα 22). Αρχικά πραγματοποιείται ογκομέτρηση του προτύπου.



Εικόνα 22. Ογκομετρούμενο διάλυμα πριν και μετά το πέρας της ογκομέτρησης.

Τα 250mL πρότυπου διαλύματος έχουν 50mg ασκορβικό οξύ, οπότε τα 2mL προτύπου έχουν 0,4mg ασκορβικού οξέος, τα οποία απαιτούν μία συγκεκριμένη ποσότητα DCIP μέχρι την αλλαγή χρώματος (ογκομέτρηση προτύπου). Άρα κάθε δείγμα έχει ποσότητα ασκορβικού οξέος ίση με:

$$\frac{(\text{ml DCIP}) * (\text{mg ασκορβικού προτύπου})}{(\text{mlDCIP πρότυπου})}$$

και άρα η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C κάθε δείγματος είναι:

$$\text{Περιεκτικότητα (\%)} = \frac{(\text{mg Βιταμίνης C}) * 100\%}{(\text{mg δείγματος})} \quad (5)$$

Μέτρηση βαθμού οξειδωσης

Ο υπολογισμός του βαθμού οξειδωσης των δειγμάτων ελαίου γίνεται με προσδιορισμό του Αριθμού Υπεροξειδίων PV (Peroxide Value), ο οποίος εκφράζει τη περιεκτικότητα του δείγματος σε υπεροξειδικώς ενωμένο οξυγόνο και κατά συνέπεια τον βαθμό αυτοοξειδωσης. Η μέθοδος είναι ιωδιομετρική, στην οποία τα υδροϋπεροξειδία αντιδρούν με υδροϊώδιο και το προκύπτον ιώδιο ογκομετρείται με διάλυμα $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Από την προηγούμενη ημέρα το δείγμα τοποθετείται στο θάλαμο θερμοκρασίας 60°C για απώλεια της περίσσειας υγρασίας. Στη συνέχεια αναδεύεται μαζί με εξάνιο σε αναλογία 1/10v/v για χρονικό διάστημα 1h και με σουρωτήρι αφήνεται το υγρό μέρος στον απαγωγό για διάστημα 24h ώστε να εξαμιστεί το εξάνιο και να παραμείνει μόνο το εκχύλισμα. Με πιπέτα μεταφέρεται το εκχύλισμα σε κωνική φιάλη και ζυγίζεται σε αναλυτικό ζυγό, στο οποίο προστίθενται 30mL μίγματος οξικού οξέος- χλωροφορμίου 3:2 και 0,5mL κορεσμένου KI. Η κωνική φιάλη ανακινείται για 1min και τοποθετείται σε σκιερό μέρος για 5min και στη συνέχεια προστίθενται 30mL νερού και 0,5mL δείκτη αμύλου. Η τιτλοδότηση τελειώνει με την εξαφάνιση του μπλε χρώματος στο ογκομετρούμενο διάλυμα. Ογκομέτρηση πραγματοποιείται και για το τυφλό διάλυμα, ενώ τελικά ο Αριθμός Υπεροξειδίων υπολογίζεται από τη σχέση:

$$PV = \frac{(S-B) * N * 1000}{(\text{g δείγματος})} \quad (6)$$

όπου:

S: καταναλωθέντα mL διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ για την τιτλοδότηση του δείγματος

B: καταναλωθέντα mL διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ για το λευκό προσδιορισμό

N: κανονικότητα του διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Η συγκεκριμένη μέτρηση πραγματοποιείται μόνο για τα δείγματα αβοκάντο, τα οποία σε αντίθεση με αυτά της μπανάνας, περιέχουν επαρκή ποσοστό ελαίου, ώστε να καθίσταται αξιόπιστη και ευδιάκριτη η εξαγωγή αποτελεσμάτων.

Μέτρηση περιεκτικότητας δειγμάτων σε έλαιο

Η παραπάνω μέτρηση πραγματοποιείται επίσης αποκλειστικά στα δείγματα αβοκάντο. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε έλαιο προκύπτει από το λόγο της συνολικής ποσότητας ελαίου που προήλθε από την εκχύλιση με εξάνιο προς το αρχικό βάρος των δειγμάτων. Η σχέση φαίνεται παρακάτω:

$$\text{Περιεκτικότητα σε έλαιο(\%)} = \frac{(\text{g ελαίου}) \cdot 100\%}{(\text{g δείγματος})} \quad (7)$$

Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

Εξίσου σημαντική με τα αποτελέσματα των μετρήσεων των διαφόρων χαρακτηριστικών κρίνεται και η μελέτη των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων. Έτσι μελετήθηκαν τα εξής χαρακτηριστικά και αξιολογήθηκαν σε μία κλίμακα 0-9:

- Χρώμα (κατά πόσο ήταν ίδιο με το φυσιολογικό του φρούτου)
- Εμφάνιση (κατά πόσο τα δείγματα ήταν επίπεδα, ομοιογενή ή λιπαρά)
- Οσμή (κατά πόσο ήταν κανονική ή αλλοιωμένη)
- Γεύση (γλυκιά, πικρή, όξινη, ευχάριστη)
- Υφή τόσο κατά την αφή όσο και στο στόμα (σκληρή, μαλακή, λιπαρή)
- Μετάγευση
- Συνολική εκτίμηση

Σχεδιασμός πειραμάτων

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας πραγματοποιήθηκαν οκτώ σειρές πειραμάτων. Στις τέσσερις πρώτες σειρές εξετάστηκαν απλές μεμβράνες, μόνες ή με προσθήκη αντιοξειδωτικού, ενώ επίσης μελετήθηκε και τυφλό δείγμα, με την προσθήκη μόνο κιτρικού οξέος, το οποίο θα δρούσε ως αντιοξειδωτικό αλλά και θα καθυστερούσε την αλλοίωση του χρώματος των δειγμάτων. Στις επόμενες τέσσερις σειρές εξετάστηκαν σύνθετες μεμβράνες με προσθήκη ενός ή δύο πρόσθετων υλικών μεμβρανών ταυτόχρονα.

Οι οκτώ σειρές πειραμάτων παρουσιάζονται παρακάτω:

- 1^η σειρά: κύβοι αβοκάντο με επικάλυψη μόνο κιτρικού οξέος, με προσθήκη πηκτίνης και με επιπλέον προσθήκη κερκετίνης ή ροσμαρινικού οξέος.
- 2^η σειρά: κύβοι αβοκάντο με επικάλυψη μόνο κιτρικού οξέος, με προσθήκη καζεΐνης και με επιπλέον προσθήκη κερκετίνης ή ροσμαρινικού οξέος.
- 3^η σειρά: φέτες μπανάνας με επικάλυψη μόνο κιτρικού οξέος, με προσθήκη πηκτίνης και με επιπλέον προσθήκη κερκετίνης ή ροσμαρινικού οξέος.
- 4^η σειρά: φέτες μπανάνας με επικάλυψη μόνο κιτρικού οξέος, με προσθήκη καζεΐνης και με επιπλέον προσθήκη κερκετίνης ή ροσμαρινικού οξέος.
- 5^η σειρά: κύβοι αβοκάντο με επικάλυψη χιτοζάνης, χιτοζάνης με κυκλοδεξτρίνη 1:1, χιτοζάνης με νανοκρυσταλλική κυτταρίνη 1:1 και με τριαδικό μίγμα χιτοζάνης, κυκλοδεξτρίνης και νανοκρυσταλλικής κυτταρίνης σε ποσοστά 50, 12,5 και 37,5% αντίστοιχα για κάθε ουσία.
- 6^η σειρά: κύβοι αβοκάντο με επικάλυψη ΗΡΜC, ΗΡΜC με κυκλοδεξτρίνη 1:1, ΗΡΜC με νανοκρυσταλλική κυτταρίνη 1:1 και με τριαδικό μίγμα

HPMC, κυκλοδεξτρίνης και ναοκρυσταλλικής κυτταρίνης σε ποσοστά 50, 12,5 και 37,5% αντίστοιχα για κάθε ουσία.

- 7^η σειρά: φέτες μπανάνας με επικάλυψη χιτοζάνης, χιτοζάνης με κυκλοδεξτρίνη 1:1, χιτοζάνης με ναοκρυσταλλική κυτταρίνη 1:1 και με τριαδικό μίγμα χιτοζάνης, κυκλοδεξτρίνης και ναοκρυσταλλικής κυτταρίνης σε ποσοστά 50, 12,5 και 37,5% αντίστοιχα για κάθε ουσία.
- 8^η σειρά: φέτες μπανάνας με επικάλυψη HPMC, HPMC με κυκλοδεξτρίνη 1:1, HPMC με ναοκρυσταλλική κυτταρίνη 1:1 και με τριαδικό μίγμα HPMC, κυκλοδεξτρίνης και ναοκρυσταλλικής κυτταρίνης σε ποσοστά 50, 12,5 και 37,5% αντίστοιχα για κάθε ουσία.

Στις τέσσερις πρώτες σειρές εξετάστηκε η παρουσία κιτρικού οξέος στα δείγματα, αλλά και τα αποτελέσματα εφαρμογής μεμβρανών με ή χωρίς την παρουσία επιπλέον αντιοξειδωτικών ουσιών. Στις επόμενες τέσσερις μελετήθηκε η επίδραση της επικάλυψης των δειγμάτων με απλές ή σύνθετες μεμβράνες.

Στατιστική επεξεργασία

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με εφαρμογή ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA), προκειμένου να γίνει γνωστό ποιοι από τους παράγοντες που μελετώνται, έχουν σημαντική επίδραση στα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά. Επίσης, με το κριτήριο Duncan έγινε γνωστό ποιες ομάδες δειγμάτων διαφέρουν σημαντικά από τις υπόλοιπες. Τέλος, για τα πειράματα σε κάθε φρούτο, πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA), με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με το ποιες από τις μεταβλητές είναι περισσότερο σημαντικές αλλά και τη συσχέτιση μεταξύ τους.

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με χρήση του λογισμικού Statistica 10 (Statsoft Inc.) σε οκτώ λογιστικά φύλλα. Στα πρώτα δύο μελετήθηκαν όλα τα δείγματα του αβοκάντο και όλα τα δείγματα μπανάνας αντίστοιχα, με χρήση διάφορων μεμβρανών και αντιοξειδωτικών. Στα επόμενα δύο μελετήθηκαν τα δείγματα αβοκάντο και μπανάνας με χρήση κιτρικού οξέος, πηκτίνης ή καζεΐνης και χρήση ή μη αντιοξειδωτικών. Αντίστοιχα, στα επόμενα δύο μελετήθηκαν τα δείγματα αβοκάντο και μπανάνας με χρήση χιτοζάνης ή HPMC και κυκλοδεξτρίνης, ναοκρυσταλλικής κυτταρίνης ή μίγμα αυτών. Τέλος, σε άλλα δύο λογιστικά φύλλα, έγινε σύγκριση των σειρών 1-4 και 5-8, για την εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με τη συμπεριφορά των δύο φρούτων με χρήση των ίδιων μεμβρανών και αντιοξειδωτικών.

Στα πρώτα έξι λογιστικά φύλλα, οι τρεις πρώτες στήλες τους αφορούσαν το χρόνο αποθήκευσης, την ύπαρξη ή μη μεμβράνης και το είδος της και τέλος την ύπαρξη ή μη αντιοξειδωτικού ή προσθέτου. Στις υπόλοιπες πέντε στήλες καταχωρήθηκαν η ποσοστιαία μεταβολή βάρους και υγρασίας, το αντικειμενικό χρώμα, η υφή και η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C. Για τα λογιστικά φύλλα που εξέταζαν τα δείγματα αβοκάντο, καταχωρήθηκαν δύο επιπλέον στήλες, η πρώτη με τον αριθμό υπεροξειδίων του ελαίου των δειγμάτων και η δεύτερη με την περιεκτικότητα των δειγμάτων σε έλαιο. Στα δύο τελευταία φύλλα, οι πρώτες τέσσερις στήλες αφορούσαν το χρόνο αποθήκευσης, το είδος του φρούτου, το είδος της μεμβράνης και την ύπαρξη ή μη αντιοξειδωτικού ή προσθέτου. Στις υπόλοιπες

στήλες καταχωρήθηκαν η ποσοστιαία μεταβολή βάρους και υγρασίας, η μεταβολή χρώματος και υφής και η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C.

Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται σε αναλυτικούς πίνακες στο παράρτημα.

Αποτελέσματα- Συζήτηση

Εισαγωγή

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται με βάση τις οχτώ σειρές πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν. Σχολιάζονται τα αποτελέσματα και η επίδραση των χρησιμοποιηθέντων εδώδιμων μεμβρανών στα φρούτα, καθώς επίσης και των αντιοξειδωτικών ουσιών, κατά την αποθήκευση των προϊόντων σε ψύξη και για χρονική διάρκεια οκτώ ημερών.

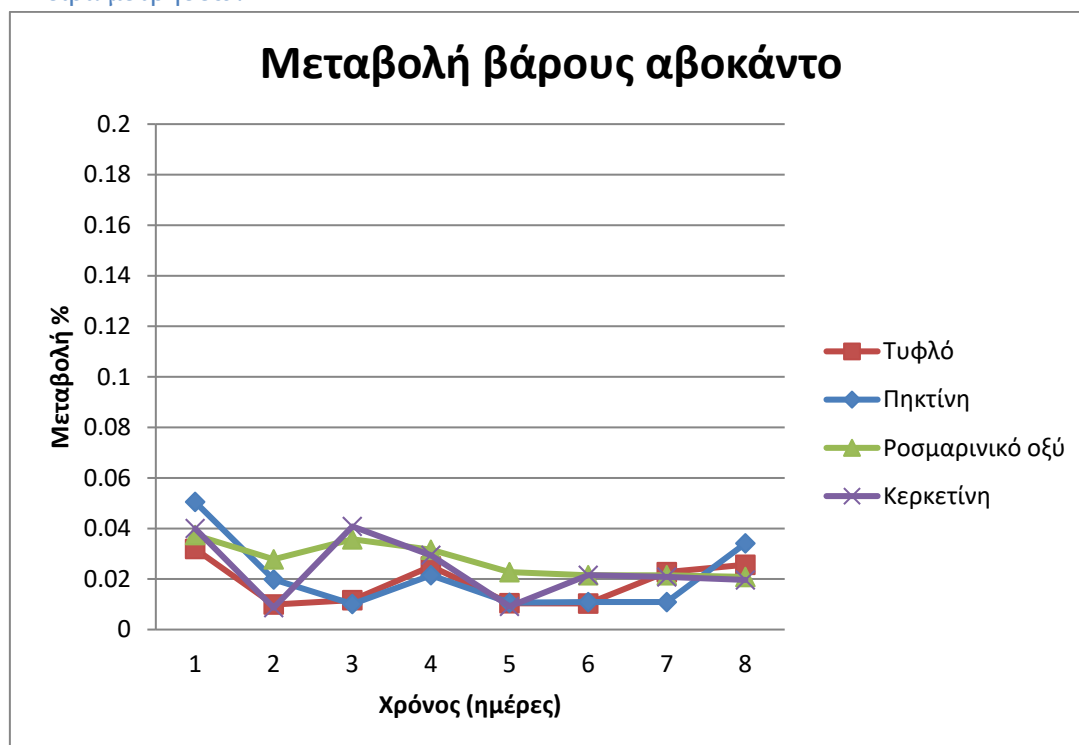
Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι μεταβολές των εξεταζόμενων χαρακτηριστικών των φρούτων με το πέρασμα του χρόνου αποθήκευσης. Σε κάθε σειρά πειραμάτων εξετάστηκαν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων
- Ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων
- Μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος
- Περιεκτικότητα δειγμάτων σε βιταμίνη C
- Σκληρότητα των δειγμάτων
- Αριθμός υπεροξειδίων και ποσοστό ελαίου στα δείγματα (μόνο για τα δείγματα αβοκάντο)

Μεταβολή βάρους δειγμάτων αβοκάντο

1^η Σειρά μετρήσεων

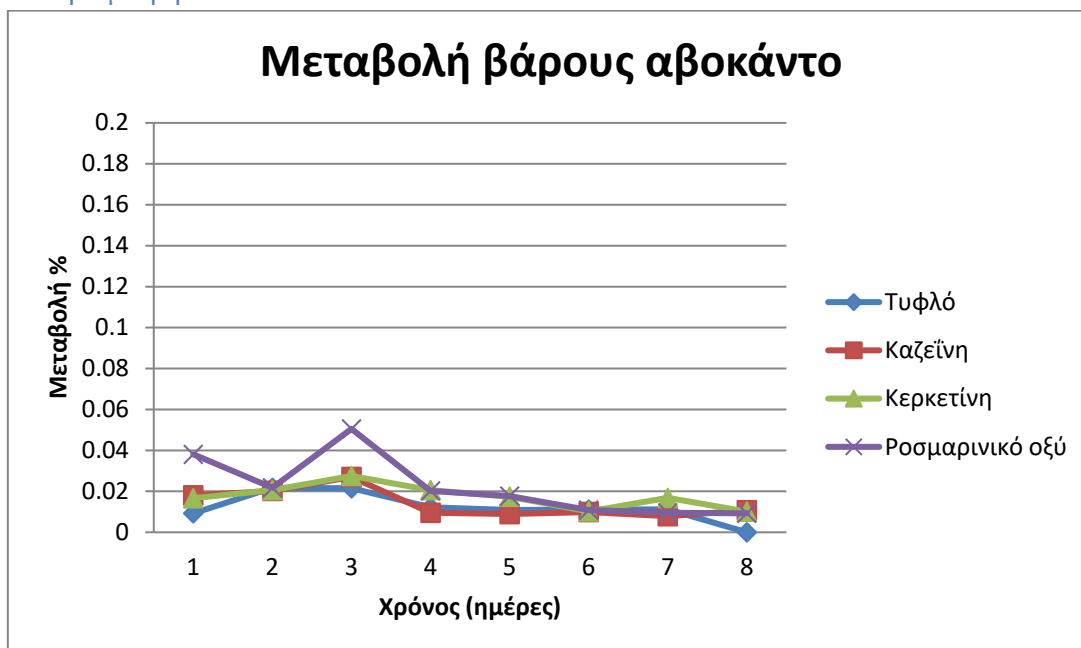


Διάγραμμα 3. Ποσοστιαία μεταβολή βάρους κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και αντιοξειδωτικά.

Παρατηρείται μια ελαφρώς πτωτική τάση της μεταβολής του βάρους των δειγμάτων αβοκάντο, με πιο χαρακτηριστική την καμπύλη των επικαλυμμένων δειγμάτων με ενσωματωμένο στη μεμβράνη ροσμαρινικό οξύ. Προς το τέλος της πειραματικής διαδικασίας, η ποσοστιαία μεταβολή του βάρους για όλα τα δείγματα φαίνεται να σταθεροποιείται γύρω από μία τιμή κοντά στο 0,02%. Αναμενόμενο αποτέλεσμα, καθώς είναι λογικό κατά τις πρώτες ημέρες, στις οποίες η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε νερό είναι μεγαλύτερη, τα δείγματα να χάνουν βάρος με μεγαλύτερο ρυθμό.

Όσον αφορά το είδος της μεμβράνης των δειγμάτων, φαίνεται ότι επηρεάζει την απώλεια βάρους, με τα επικαλυμμένα με πηκτίνη και ροσμαρινικό οξύ δείγματα να έχουν γενικά μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή από τα υπόλοιπα. Στη συνέχεια ακολουθούν τα δείγματα με την πηκτίνη και κερκετίνη, το τυφλό και το δείγμα με την πηκτίνη, τα οποία παρουσιάζουν μικρότερες μεταβολές βάρους. Το δείγμα με πηκτίνη και κερκετίνη δεν είχε σημαντική επίδραση στη μεταβολή του βάρους, όπως ήταν αναμενόμενο.

2^η Σειρά μετρήσεων

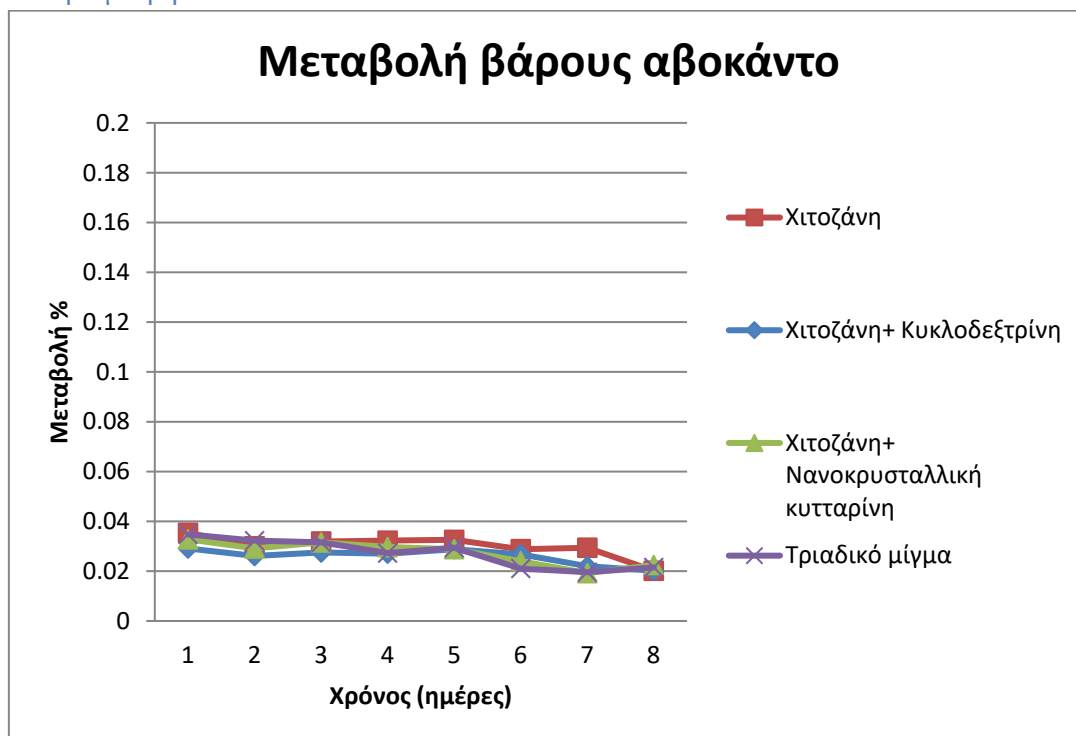


Διάγραμμα 4. Ποσοστιαία μεταβολή βάρους κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και αντιοξειδωτικά.

Παρατηρείται πάλι μια πτωτική τάση της μεταβολής του βάρους των δειγμάτων αβοκάντο, με μια απότομη αύξηση στο δείγμα με την καζεΐνη και το ροσμαρινικό οξύ την τρίτη ημέρα. Το παραπάνω πιθανότατα οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα. Όσον αφορά το είδος της μεμβράνης των δειγμάτων, πάλι φαίνεται ότι επηρεάζει την απώλεια βάρους, με τα επικαλυμμένα με πηκτίνη και ροσμαρινικό οξύ δείγματα να έχουν γενικά μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή από τα υπόλοιπα. Το παραπάνω φαίνεται λογικό, καθώς το ροσμαρινικό οξύ δεν αναμενόταν να αποτελέσει φραγμό απώλειας βάρους. Στη συνέχεια ακολουθούν τα δείγματα με την καζεΐνη, το τυφλό και το δείγμα με την καζεΐνη και κερκετίνη, τα οποία παρουσιάζουν μικρότερες μεταβολές βάρους.

Η στατιστική επεξεργασία των δύο πρώτων σειρών έδειξε ότι στατιστικά σημαντική επίδραση στην απώλεια βάρους έχει ο χρόνος αποθήκευσης και το είδος της μεμβράνης, αλλά όχι η προσθήκη του αντιοξειδωτικού. Το Duncan Test έδειξε μεγαλύτερη ποσοστιαία αύξηση στην αρχή των πειραμάτων, με χρήση πηκτίνης και ροσμαρινικού οξέος.

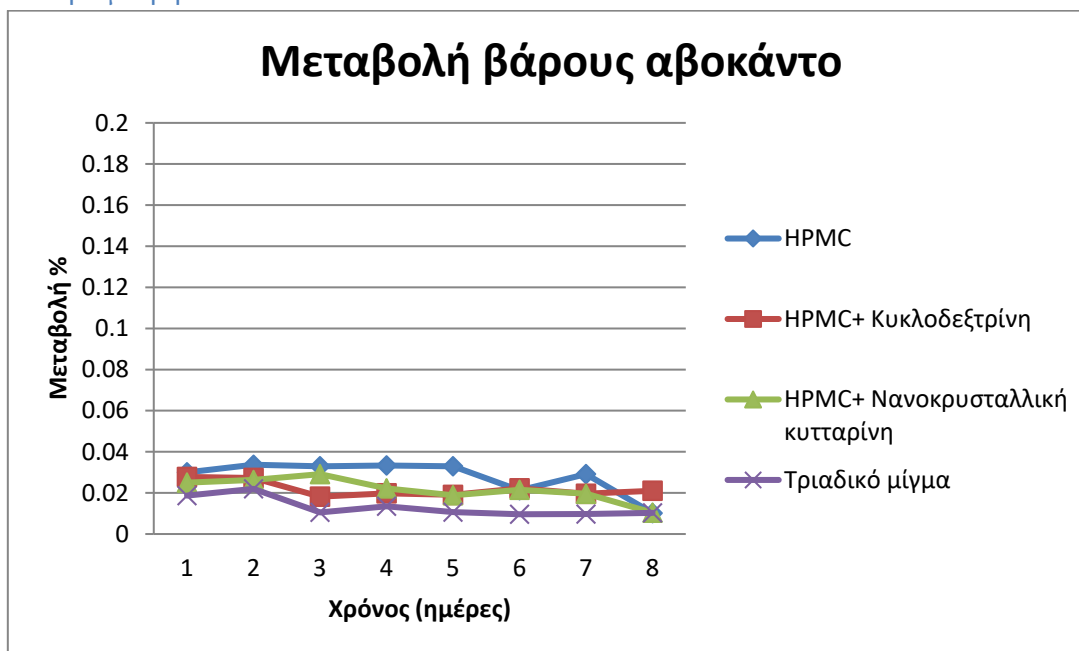
5^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 5. Ποσοστιαία μεταβολή βάρους κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με χιτοζάνη και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

Παρατηρείται μία γενική μείωση του ρυθμού μεταβολής του βάρους των δειγμάτων αβοκάντο, σχεδόν σε όλη τη διάρκεια των πειραμάτων. Μεγαλύτερη διαφορά στην ποσοστιαία μεταβολή έως την όγδοη ημέρα φαίνεται να έχει το επικαλυμμένο μόνο με χιτοζάνη δείγμα, ενώ τη μικρότερη διαφορά έχει το δείγμα με χιτοζάνη και κυκλοδεξτρίνη.

6^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 6. Ποσοστιαία μεταβολή βάρους κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με HPMC και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

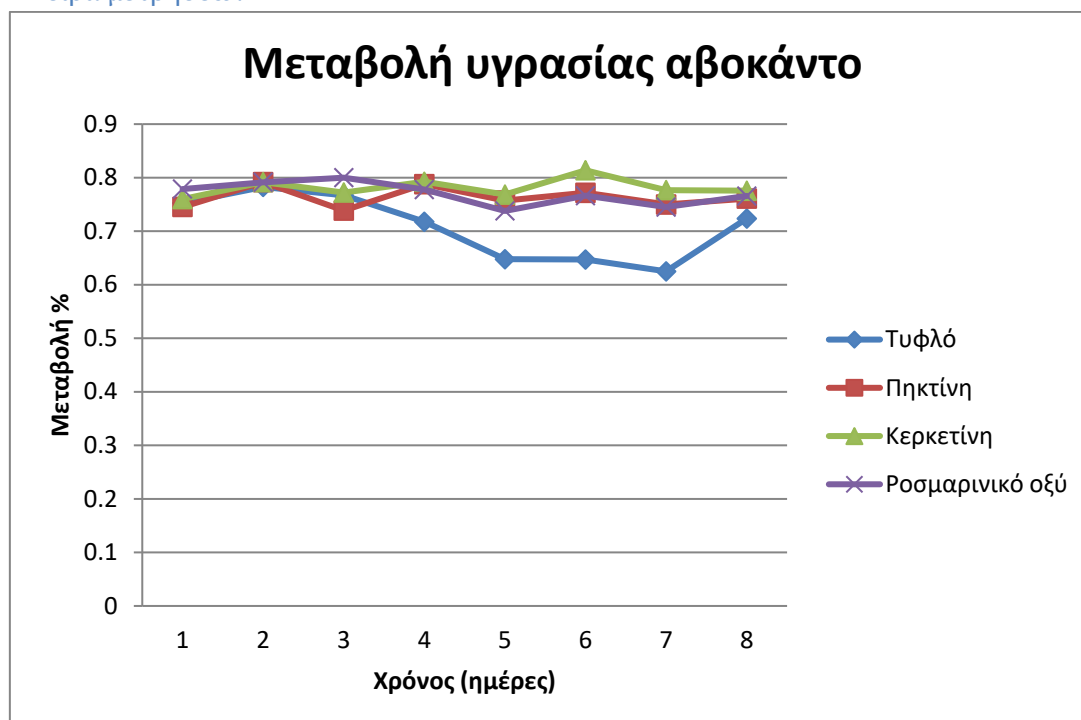
Η ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων αβοκάντο στο διάγραμμα 6 παρουσιάζει μια γενική μείωση με το χρόνο, ανεξάρτητα από το είδος της μεμβράνης. Μεγαλύτερη διαφορά στην ποσοστιαία μεταβολή του βάρους παρουσιάζει το δείγμα με HPMC και μικρότερη αυτό με HPMC, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

Η στατιστική επεξεργασία για την 5^η και 6^η σειρά μετρήσεων έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση του χρόνου στη μεταβολή του βάρους και μείωση της μεταβολής με το πέρασμα του χρόνου. Τέλος παρατηρήθηκε αύξηση της μεταβολής με χρήση χιτοζάνης, χωρίς άλλο πρόσθετο υλικό μεμβράνης.

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων όλων των δειγμάτων αβοκάντο, έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή του βάρους των δειγμάτων αβοκάντο και των τριών μελετώμενων παραγόντων. Τόσο ο χρόνος αποθήκευσης, όσο και το είδος της μεμβράνης και η χρήση αντιοξειδωτικού επιδρούν στην ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων. Επίσης από το Duncan Test φαίνεται ότι γενικά η ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων μειώνεται, καθώς το πείραμα πλησιάζει προς το τέλος του. Επιπλέον τα δείγματα με χιτοζάνη και πηκτίνη διαφέρουν, όπως και αυτά με ροσμαρινικό οξύ και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη, τα οποία δείχνουν αυξανόμενη μεταβολή.

Μεταβολή υγρασίας δειγμάτων αβοκάντο

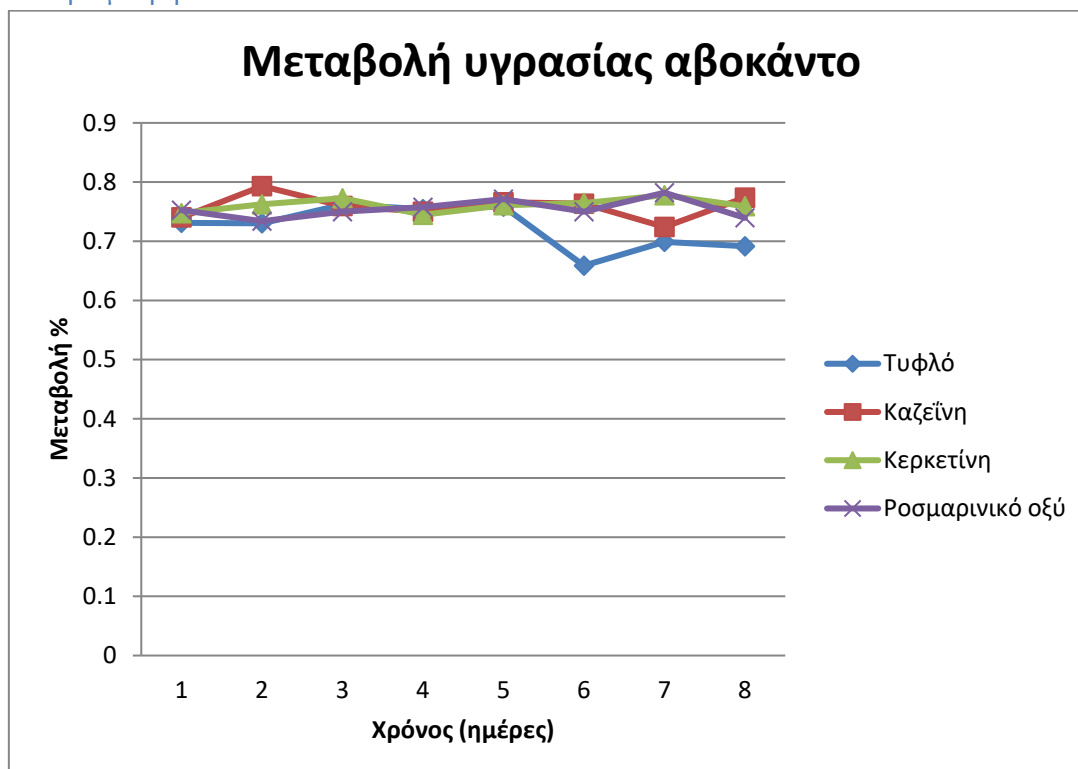
1^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 7. Ποσοστιαία μεταβολή υγρασίας κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και αντιοξειδωτικά.

Αναφορικά με τη μεταβολή υγρασίας των δειγμάτων αβοκάντο, παρατηρείται μικρή μεταβολή, με το τυφλό δείγμα να έχει μειούμενη μεταβολή έως την έβδομη ημέρα αποθήκευσης. Φαίνεται επίσης ότι τη μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή παρουσιάζουν τα δείγματα που περιέχουν πηκτίνη και κερκετίνη και ακολουθούν αυτά με την πηκτίνη αλλά και αυτά που επιπλέον έχουν και ροσμαρινικό οξύ. Αναμενόταν το τυφλό δείγμα να έχει τη μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή, κάτι όμως που δεν επαληθεύτηκε. Γενικά, όπως και στη μεταβολή του βάρους των δειγμάτων, η ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας τους φαίνεται να σταθεροποιείται τελικά.

2^η Σειρά μετρήσεων

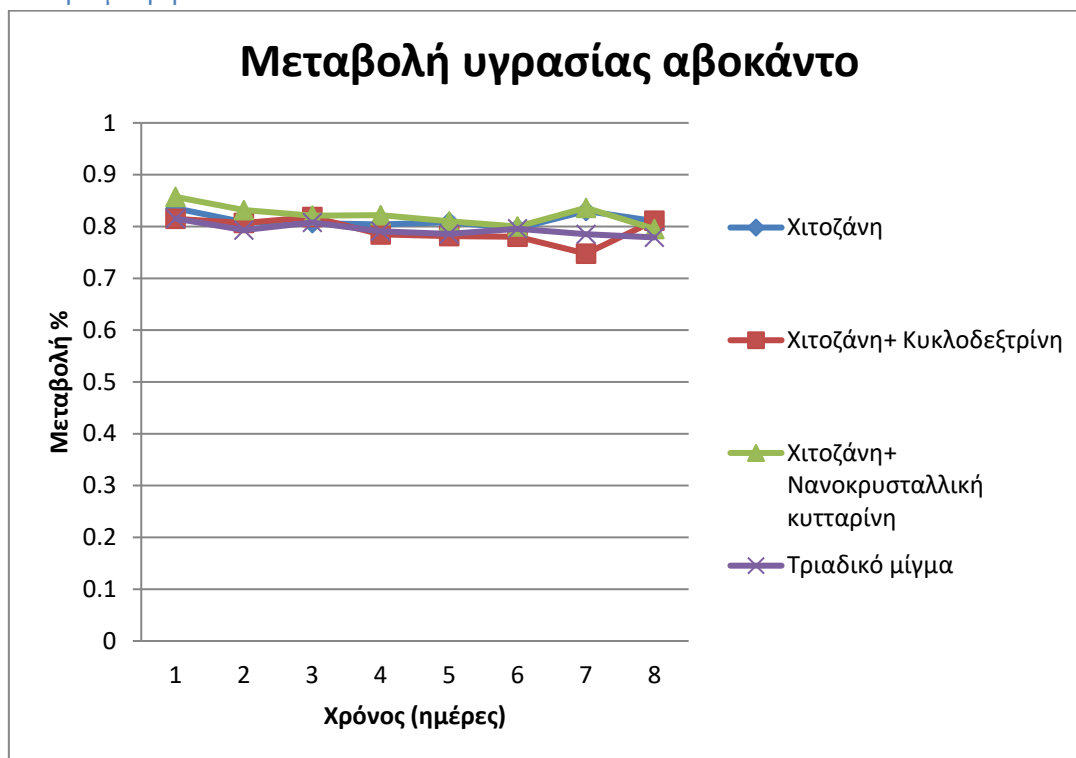


Διάγραμμα 8. Ποσοστιαία μεταβολή υγρασίας κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και αντιοξειδωτικά.

Παρατηρείται μικρή ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων αβοκάντο, με το τυφλό δείγμα να παρουσιάζει πιο ευδιάκριτη μείωση. Τα υπόλοιπα τρία είδη δειγμάτων έχουν πιο ομαλή μεταβολή, με τις αρχικές και τελικές τιμές να βρίσκονται πολύ κοντά.

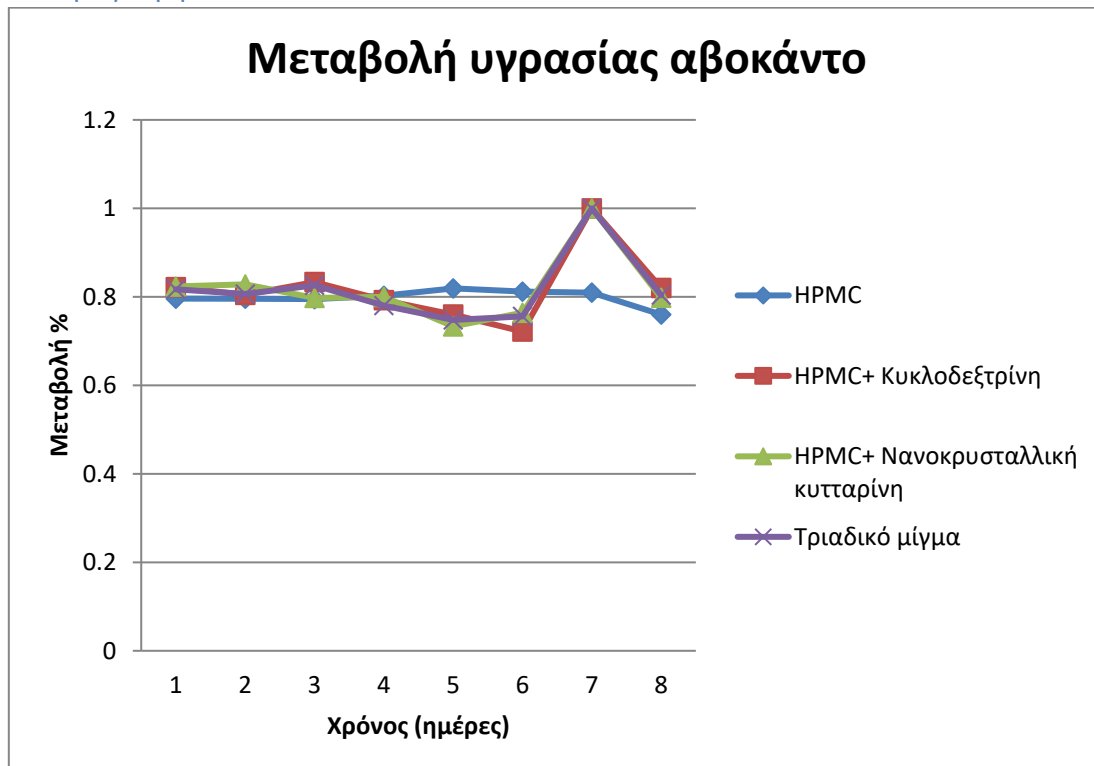
Η στατιστική επεξεργασία έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση του είδους μεμβράνης στην απώλεια υγρασίας και μεγαλύτερη απώλεια προέκυψε με χρήση πηκτίνης και κερκετίνης.

5^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 9. Ποσοστιαία μεταβολή υγρασίας κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με χιτοζάνη και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

Ο ρυθμός μεταβολής της υγρασίας των δειγμάτων αβοκάντο γενικά μειώνεται με το χρόνο, με τη μεγαλύτερη μεταβολή να παρουσιάζει το δείγμα με χιτοζάνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη και μικρότερη αυτό με την χιτοζάνη. Παρατηρείται επίσης μια απότομη αύξηση της μεταβολής στο δείγμα με χιτοζάνη και κυκλοδεξτρίνη την τελευταία ημέρα αποθήκευσης, πιθανότατα οφειλόμενη σε πειραματικό λάθος.



Διάγραμμα 10. Ποσοστιαία μεταβολή υγρασίας κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με HPMC και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

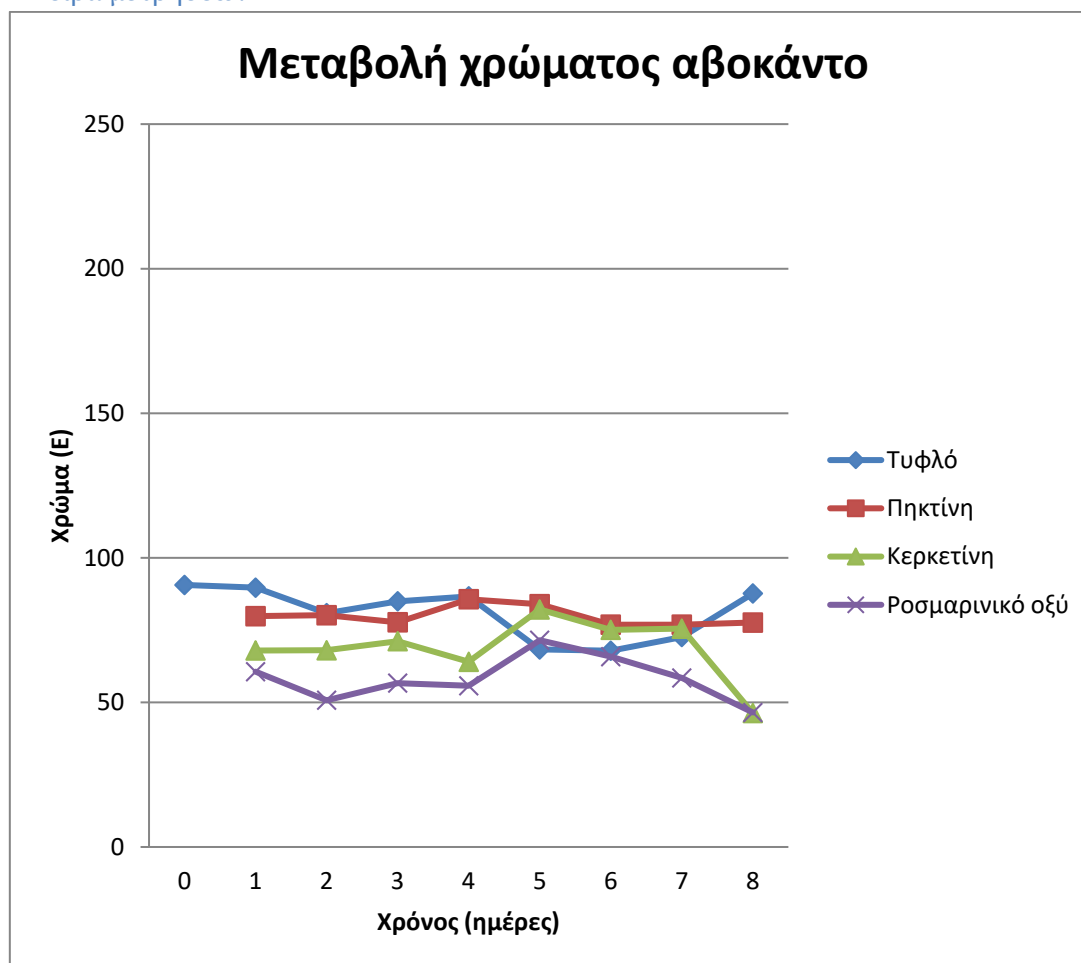
Η μεταβολή της υγρασίας όλων των δειγμάτων παρουσιάζει μία ελάχιστη μείωση με το χρόνο, με τις τιμές της σε όλη τη διάρκεια των πειραμάτων να είναι παρόμοιες. Εξαιρέση αποτελούν οι μετρήσεις την έβδομη ημέρα, όπου παρατηρείται απότομη αύξηση της τιμής κοντά στην τιμή 1 για όλα τα δείγματα πλην αυτού με HPMC, κάτι που δηλώνει μηδενική μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων. Το παραπάνω γεγονός πιθανότατα οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα.

Για τις σειρές 5 και 6, η στατιστική επεξεργασία έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή της υγρασίας μόνο του χρόνου αποθήκευσης και παρόμοιες μεταβολές για όλες τις μεμβράνες και για τη χρήση άλλων πρόσθετων υλικών σε αυτές.

Αναφορικά με την ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων αβοκάντο, στατιστικά σημαντική επίδραση έχουν ο χρόνος αποθήκευσης και η μεμβράνη, αλλά όχι η χρησιμοποίηση ή μη αντιοξειδωτικού όπως και το είδος αυτού. Για την τιμή της υγρασίας, το Duncan Test έδειξε διαφορά των δειγμάτων με χιτοζάνη και HPMC, αλλά και αυτών με κυκλοδεξτρίνη, νανοκρυσταλλική κυτταρίνη ή μίγμα των δύο υλικών.

Μεταβολή χρώματος δειγμάτων αβοκάντο

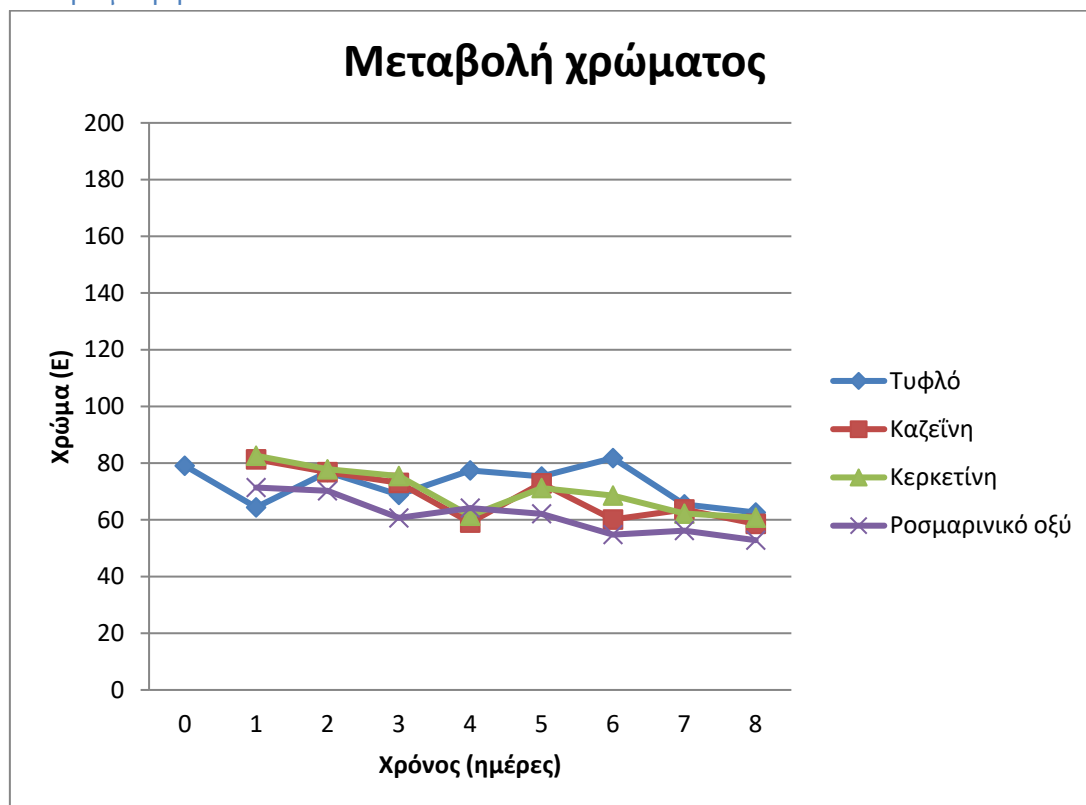
1^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 11. Ολική μεταβολή χρώματος κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και αντιοξειδωτικά.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται μια γενικά πτωτική τάση όσον αφορά το χρώμα των δειγμάτων, γεγονός αναμενόμενο καθώς με το πέρασμα του χρόνου υπάρχει επίδραση στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Μεγαλύτερες τιμές χρώματος (E) φαίνεται να έχουν τα δείγματα με πηκτίνη αλλά και το τυφλό δείγμα, με τα δείγματα πηκτίνης με κερκετίνη και πηκτίνης με ροσμαρινικό οξύ να παρουσιάζουν μικρότερες τιμές. Αναμενόμενο γεγονός, καθώς και οπτικά (με γυμνό μάτι) είχε παρατηρηθεί το περισσότερο σκούρο χρώμα των δύο τελευταίων δειγμάτων σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Το παραπάνω βέβαια μπορεί να οφείλεται και στο σημείο του φρούτου αλλά και το φρούτο αυτό καθαυτό, από το οποίο απομονώθηκαν τα δείγματα. Από την έναρξη μέχρι το τέλος των πειραμάτων μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή παρουσιάζει το τυφλό δείγμα, ενώ μικρότερη αυτό με την πηκτίνη και το ροσμαρινικό οξύ. Τα υπόλοιπα δύο δείγματα παρουσίαζαν ενδιάμεσο ρυθμό απώλειας χρώματος.

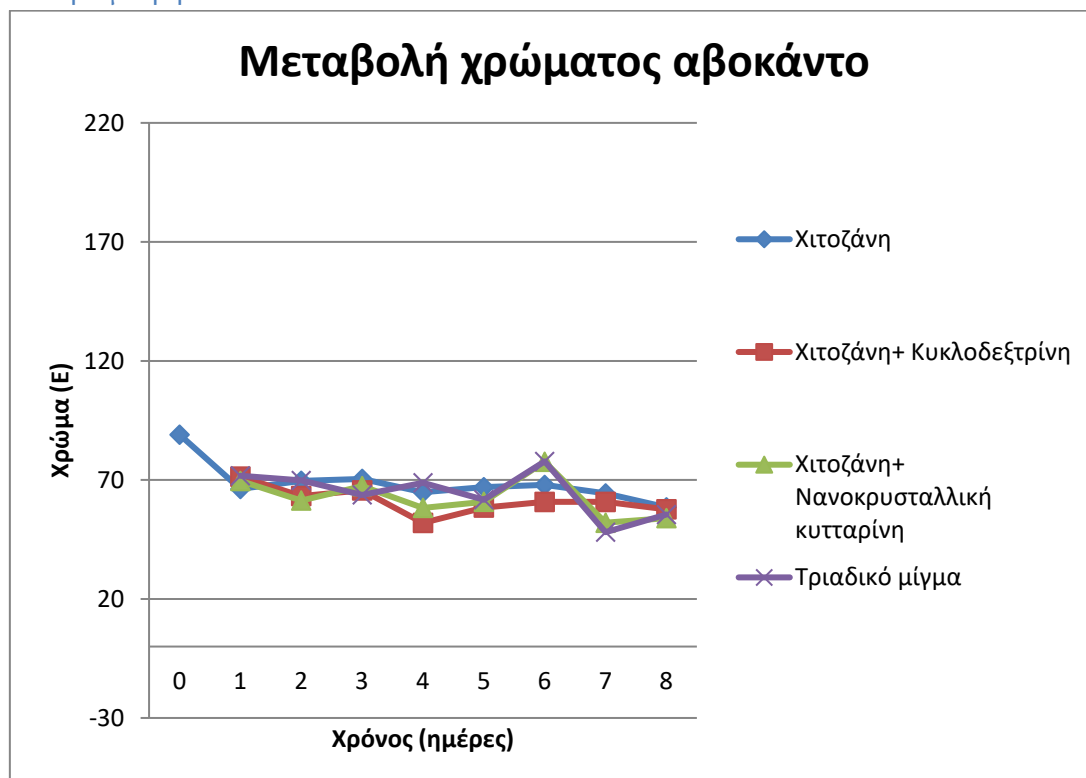
2^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 12. Ολική μεταβολή χρώματος κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και αντιοξειδωτικά.

Και στην περίπτωση των δειγμάτων με καζεΐνη, παρατηρείται μια γενικά πτωτική τάση όσον αφορά το χρώμα των δειγμάτων. Μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή μέχρι το πέρας της πειραματικής διαδικασίας έχουν τα δείγματα με καζεΐνη, ενώ μικρότερη το τυφλό δείγμα.

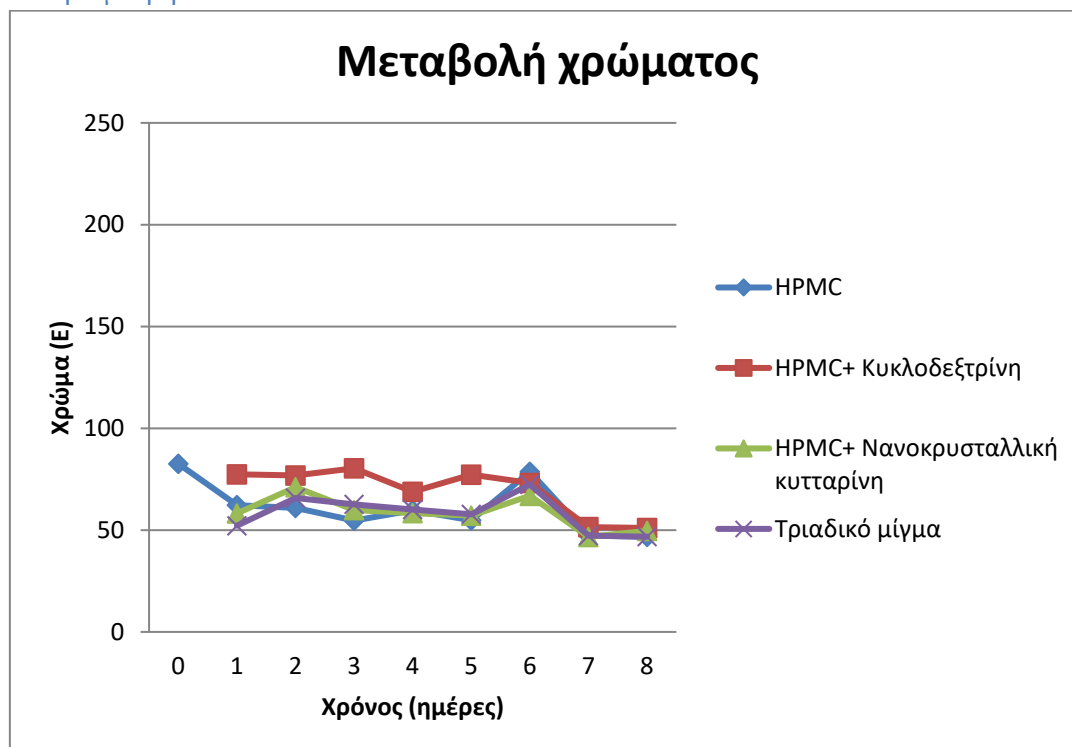
Η στατιστική επεξεργασία έδειξε σημαντική επίδραση του χρόνου αποθήκευσης και της χρήσης αντιοξειδωτικού στο χρώμα των δειγμάτων, αλλά όχι του είδους της μεμβράνης. Μεγαλύτερη μεταβολή παρατηρήθηκε στην αρχή των πειραμάτων, στα τυφλά δείγματα και χωρίς τη χρήση αντιοξειδωτικού.



Διάγραμμα 13. Ολική μεταβολή χρώματος κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με χιτοζάνη και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

Με κάποιες διακυμάνσεις παρατηρείται πτώση της τιμής του χρώματος με όλες τις χρησιμοποιούμενες μεμβράνες. Μεγαλύτερη υποβάθμιση του χρώματος παρουσιάζει το δείγμα με την χιτοζάνη και μικρότερη αυτό με χιτοζάνη και νανοκρυσταλλική κутταρίνη.

6^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 14. Ολική μεταβολή χρώματος κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με HPMC και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

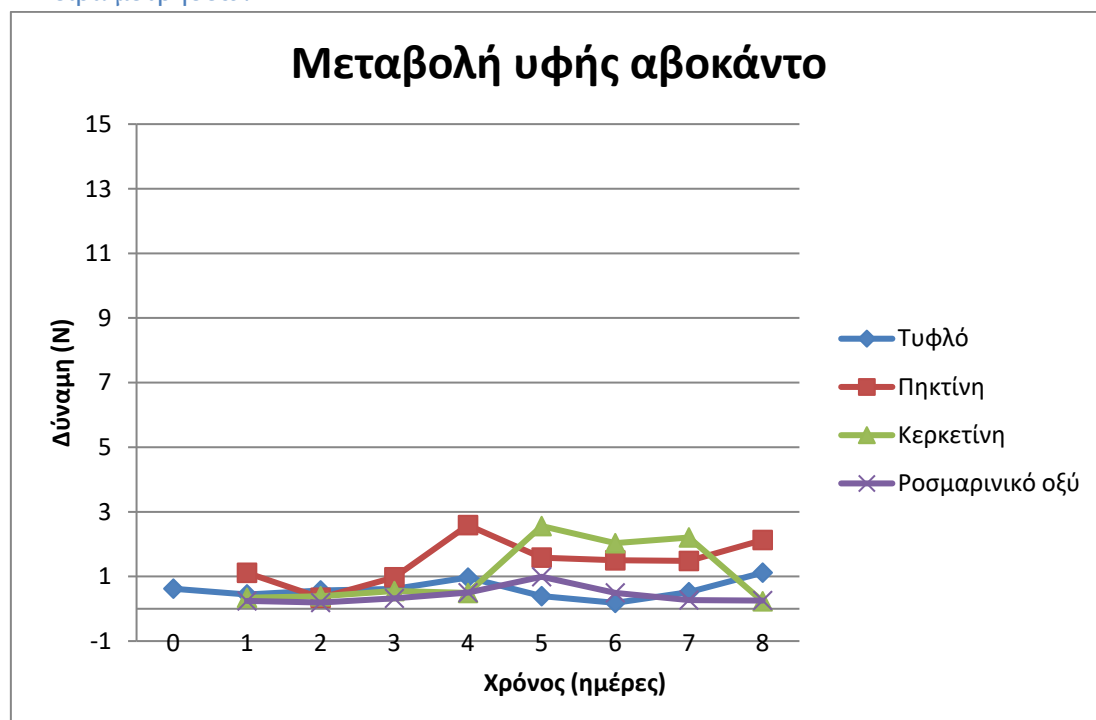
Η μεταβολή του χρώματος όλων των δειγμάτων στο διάγραμμα 14 παρουσιάζει μια πτωτική πορεία, με το δείγμα με HPMC να παρουσιάζει σχεδόν επταπλάσια μεταβολή από αυτό με το τριαδικό μίγμα μεμβρανών.

Αναφορικά με την 5^η και 6^η σειρά, μόνο ο χρόνος είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή του χρώματος, με μικρότερη μεταβολή στο τέλος των πειραμάτων. Επίσης μικρότερες μεταβολές παρατηρήθηκαν με χρήση HPMC και νανοκρυσταλλικής κυτταρίνης.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι όσον αφορά το χρώμα των δειγμάτων αβοκάντο, τόσο ο χρόνος αποθήκευσης, όσο και το είδος της μεμβράνης και του αντιοξειδωτικού έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση. Σύμφωνα με το Duncan Test, το αντικειμενικό χρώμα των δειγμάτων μεταβάλλεται με μικρότερο ρυθμό στο τέλος από ότι στην αρχή της πειραματικής διαδικασίας. Μεγαλύτερη μεταβολή έχουν τα δείγματα με HPMC και χιτοζάνη, αλλά και αυτά με κερκετίνη και αυτά που δεν έχουν κάποιο πρόσθετο υλικό μεμβράνης.

Μεταβολή υφής δειγμάτων αβοκάντο

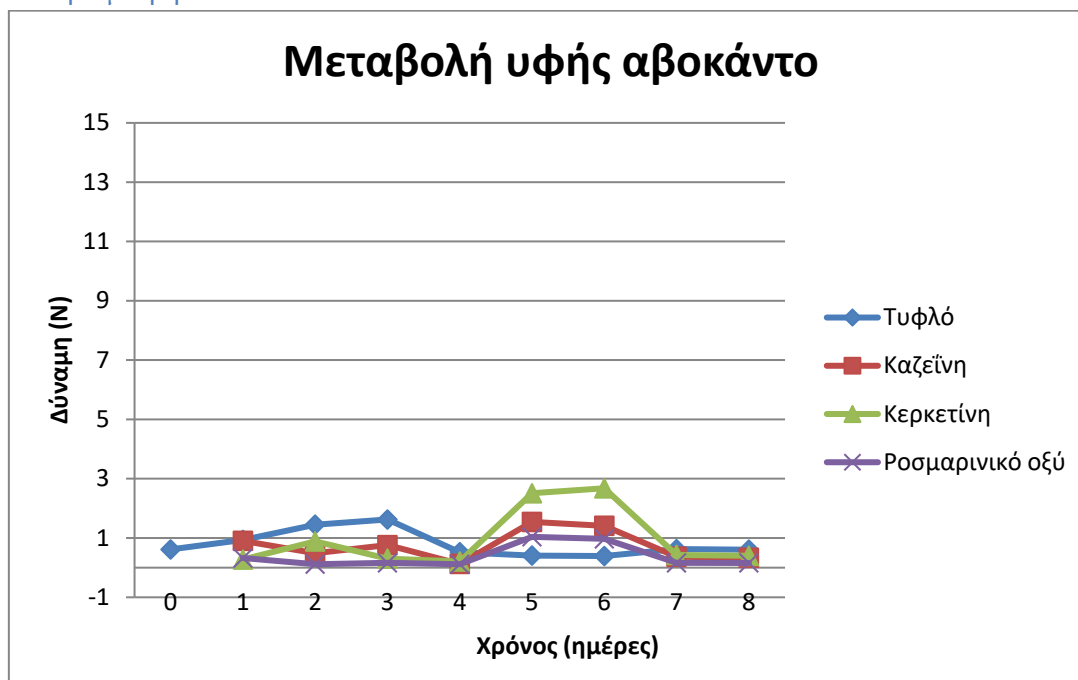
1^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 15. Μεταβολή υφής κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και αντιοξειδωτικά.

Αναμένεται γενικά μείωση της σκληρότητας των δειγμάτων με το χρόνο, ανεξάρτητα από το είδος της εδώδιμης μεμβράνης. Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι με κάποιες διακυμάνσεις, τα δείγματα με πηκτίνη και κερκετίνη και αυτά με πηκτίνη και ροσμαρινικό οξύ, έχουν περίπου ίδια σκληρότητα κατά την έναρξη και το πέρας των πειραμάτων. Αντίθετα το τυφλό δείγμα αλλά και αυτό με την πηκτίνη παρουσιάζουν μεγαλύτερες τελικές τιμές σκληρότητας. Ενδεχομένως παρουσιάζεται αυτή η αύξηση λόγω της μείωσης της περιεκτικότητας των δειγμάτων σε νερό, η οποία με τη σειρά της αυξάνει την σκληρότητα.

2^η Σειρά μετρήσεων

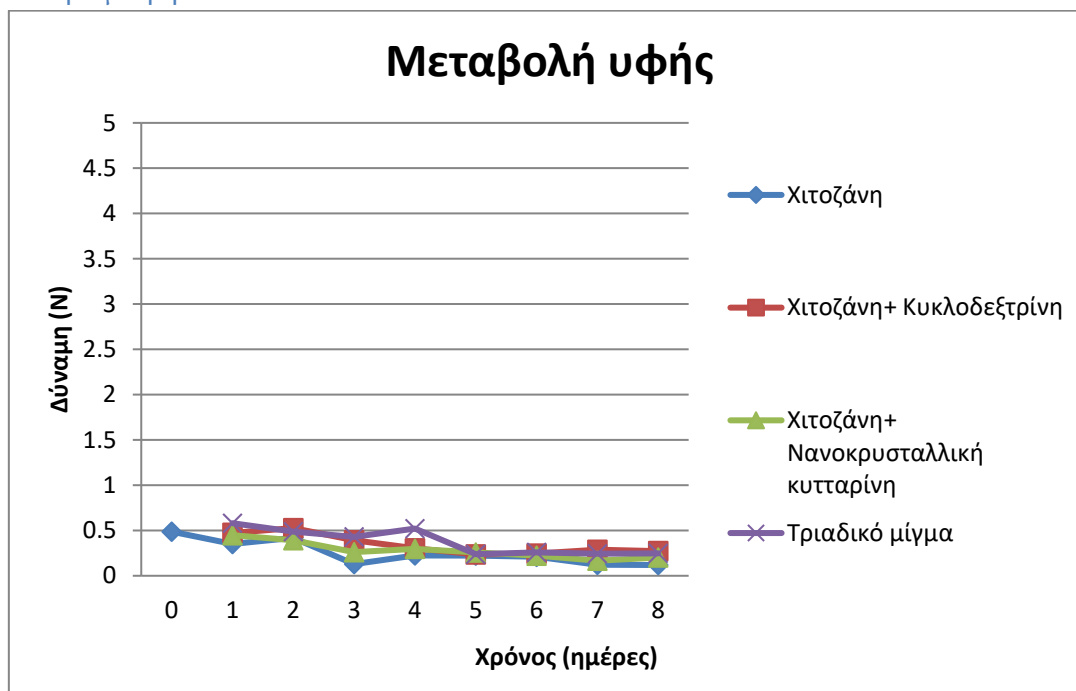


Διάγραμμα 16. Μεταβολή υφής κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και αντιοξειδωτικά.

Στο διάγραμμα 16 φαίνεται ότι με κάποιες διακυμάνσεις, τα δείγματα με καζεΐνη και κερκετίνη και αυτά με καζεΐνη και ροσμαρινικό οξύ έχουν περίπου ίδια σκληρότητα κατά την έναρξη και το πέρας των πειραμάτων. Εκτός από το δείγμα με την καζεΐνη και την κερκετίνη, η σκληρότητα των δειγμάτων μειώνεται από την αρχή μέχρι την τελευταία ημέρα των πειραμάτων. Αναμενόμενο αποτέλεσμα, καθώς ανεξάρτητα της εφαρμοζόμενης μεμβράνης, όλα τα δείγματα υποβαθμίζονται ως προς το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

Στατιστικά σημαντική επίδραση στην υφή των δειγμάτων είχε μόνο η χρήση αντιοξειδωτικού, ενώ μεγαλύτερες μεταβολές παρατηρήθηκαν με χρήση πηκτίνης και μικρότερες με χρήση ροσμαρινικού οξέος στη μεμβράνη, η χρήση του οποίου δεν αναμενόταν να επηρεάσει τη σκληρότητα των δειγμάτων.

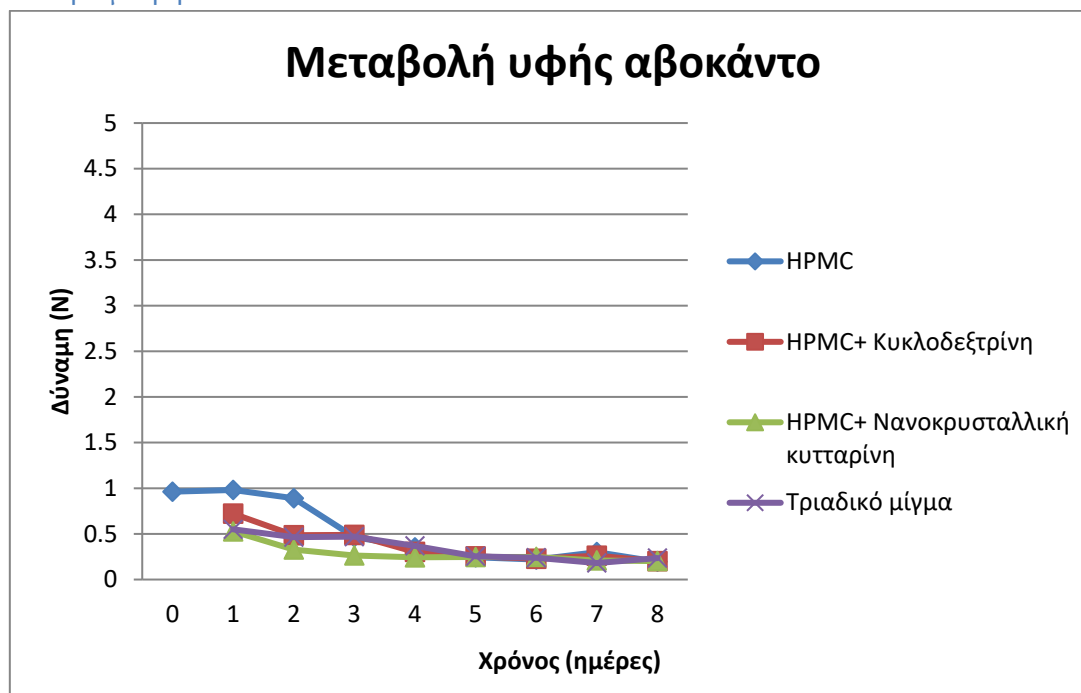
5^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 17. Μεταβολή υφής κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με χιτοζάνη και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

Η σκληρότητα όλων των δειγμάτων παρουσιάζει μια γενική μείωση με το χρόνο, με το δείγμα με την χιτοζάνη να έχει τη μεγαλύτερη και αυτό με την χιτοζάνη και την κυκλοδεξτρίνη τη μικρότερη μεταβολή.

6^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 18. Μεταβολή υφής κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με HPMC και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

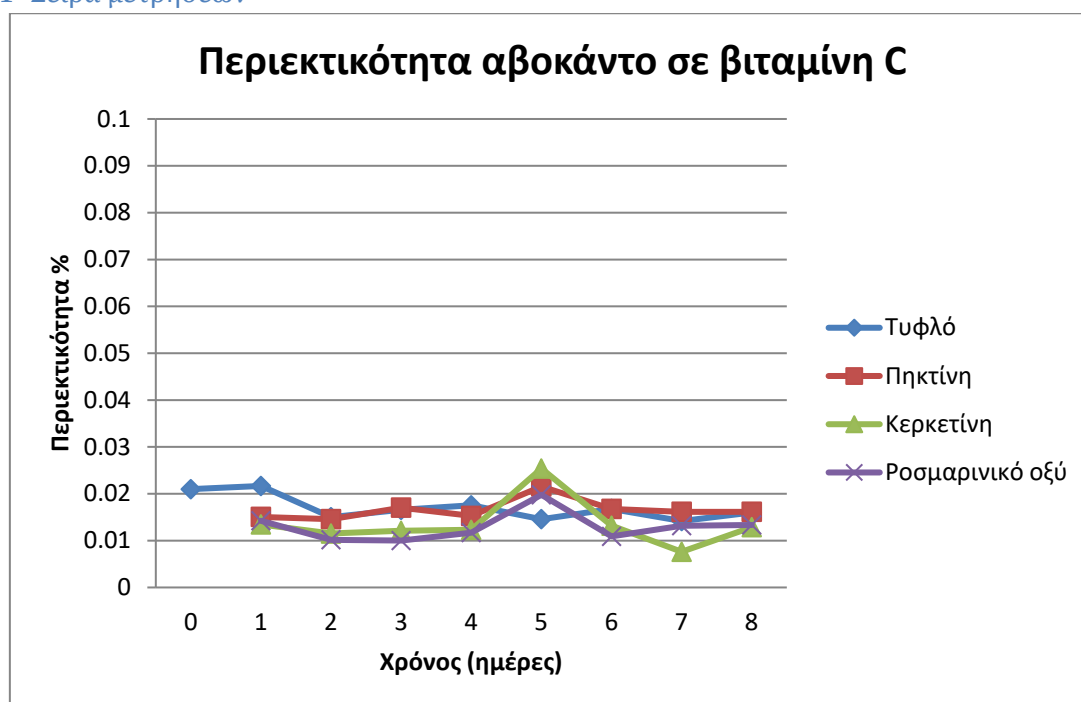
Η μεταβολή της σκληρότητας όλων των δειγμάτων στο διάγραμμα 18 παρουσιάζει μείωση με το χρόνο, με μεγαλύτερη αυτή του δείγματος με HPMC και μικρότερη αυτή του δείγματος με το τριαδικό μίγμα μεμβρανών.

Η στατιστική ανάλυση των σειρών μετρήσεων 5 και 6 έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση του χρόνου αποθήκευσης και του είδους της μεμβράνης. Παρατηρήθηκε μείωση της μεταβολής της υφής με το χρόνο και αύξησή της με χρήση της χιτοζάνης και του τριαδικού μίγματος μεμβρανών.

Ο χρόνος αποθήκευσης δεν έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στην υφή όλων των δειγμάτων, στην οποία επιδρούν όμως το είδος της μεμβράνης και η χρήση του αντιοξειδωτικού. Παρατηρήθηκε επίσης μεγαλύτερη μεταβολή με χρήση πηκτίνης και κερκετίνης.

Περιεκτικότητα δειγμάτων αβοκάντο σε Βιταμίνη C

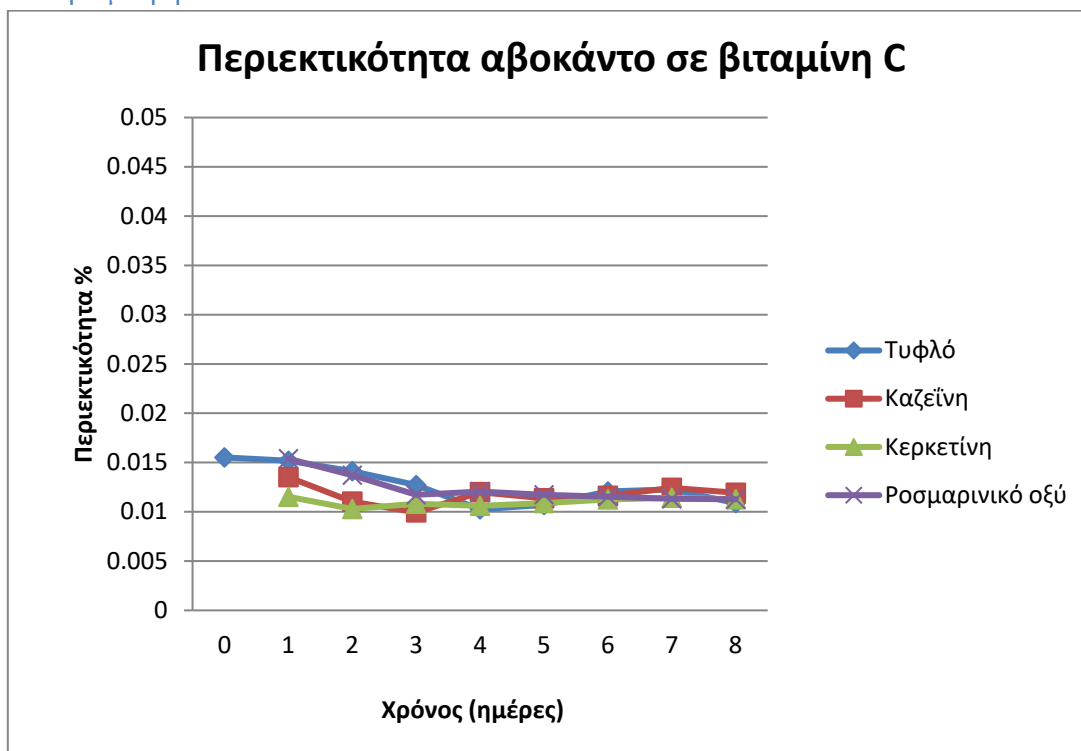
1^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 19. Περιεκτικότητα κύβων αβοκάντο σε βιταμίνη C κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και αντιοξειδωτικά.

Παρατηρείται μία ελαφρώς πτωτική τάση στην περιεκτικότητα των δειγμάτων σε βιταμίνη C, με εξαίρεση τις μετρήσεις την πέμπτη ημέρα αποθήκευσης, στην οποία πλην του τυφλού δείγματος, όλα τα υπόλοιπα παρουσιάζουν μία απότομη αύξηση. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C των δειγμάτων με πηκτίνη φαίνεται να αυξάνεται από την αρχή έως το τέλος των πειραμάτων, κάτι που προφανώς δεν γίνεται. Αναμενόταν η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε βιταμίνη C να παρέμενε πρακτικά σταθερή. Τα παραπάνω πιθανώς να οφείλονται σε διακυμάνσεις των μετρήσεων ή στη μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων κατά την αποθήκευση. Μικρότερη μεταβολή φαίνεται να έχουν τα δείγματα με πηκτίνη και κερκετίνη και μεγαλύτερη το τυφλό δείγμα.

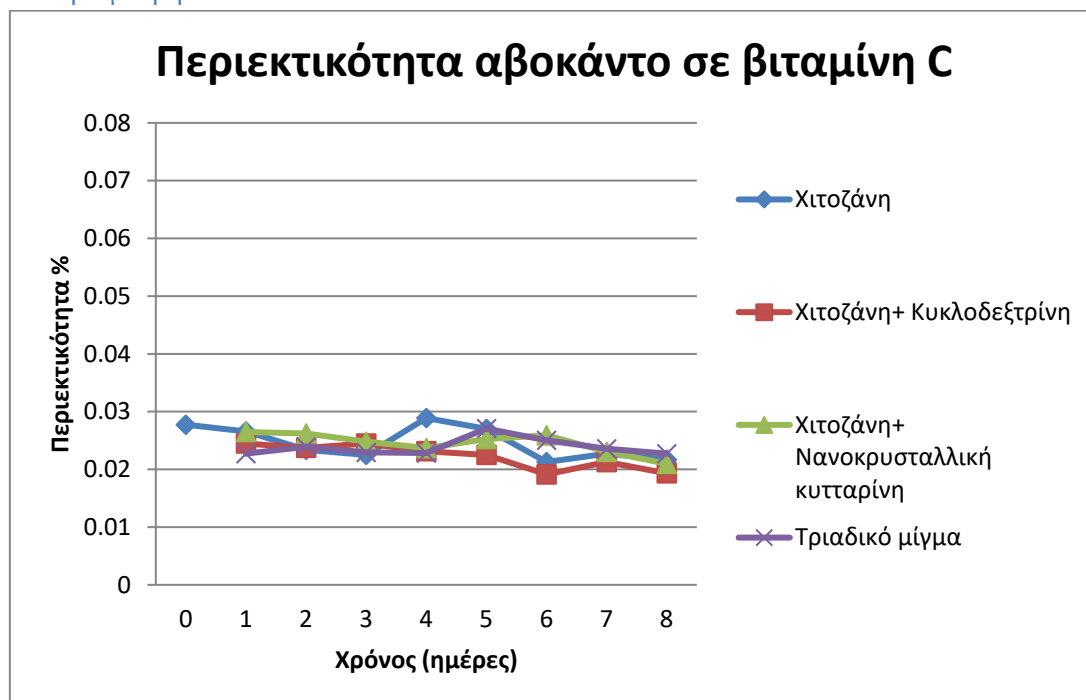
2^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 20. Περιεκτικότητα κύβων αβοκάντο σε βιταμίνη C κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και αντιοξειδωτικά.

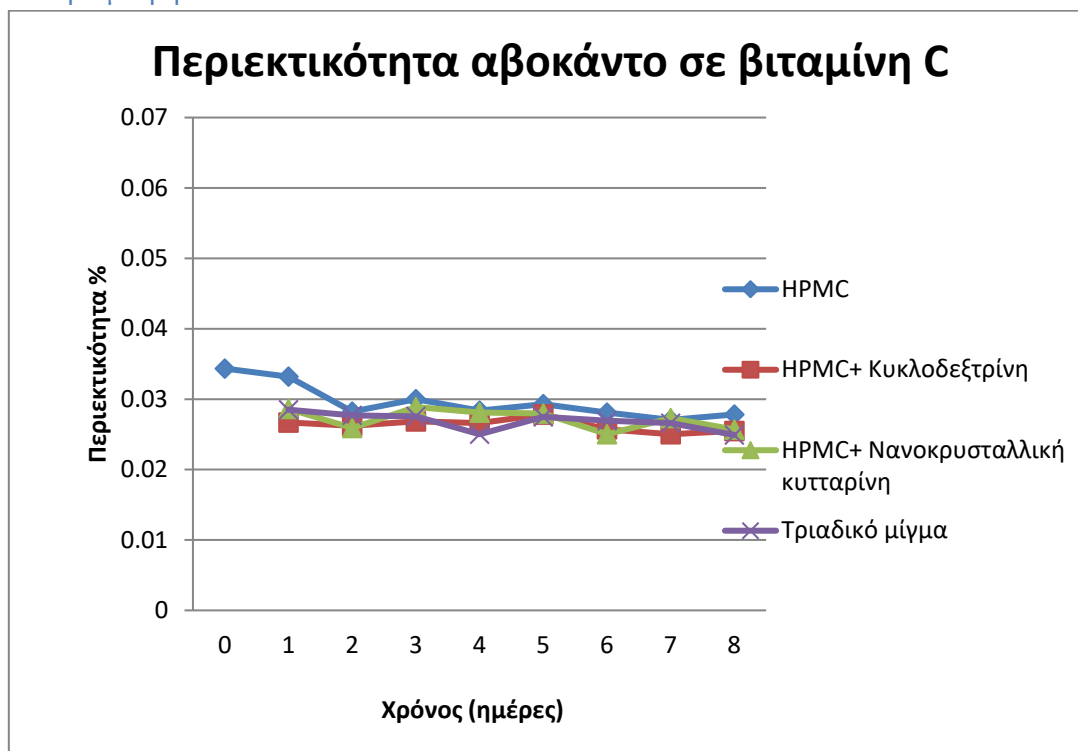
Παρατηρείται μια ελαφρώς πτωτική τάση στην περιεκτικότητα των δειγμάτων σε βιταμίνη C, με εξαίρεση τα δείγματα με καζεΐνη και κερκετίνη που παρουσιάζουν μια ελαφρώς ανοδική τάση. Μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή από την αρχή έως το πέρας των πειραμάτων φαίνεται να έχει το τυφλό δείγμα και μικρότερη αυτό με την καζεΐνη και την κερκετίνη. Η εξήγηση είναι ίδια όπως δόθηκε και προηγουμένως. Πάλι αναμενόταν η συγκέντρωση της βιταμίνης C να παρέμενε σταθερή ή ακόμα και να αυξανόταν ελαφρώς, λόγω της απώλειας υγρασίας των δειγμάτων.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση του είδους της μεμβράνης, με την καζεΐνη να δίνει τις μικρότερες μεταβολές και τη μη χρήση αντιοξειδωτικού τις μεγαλύτερες.



Διάγραμμα 21. Περιεκτικότητα κύβων αβοκάντο σε βιταμίνη C κατά την επικάλυψή τους με χιτοζάνη και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

Παρατηρείται μία πτώση της περιεκτικότητας των δειγμάτων αβοκάντο σε βιταμίνη C με το χρόνο, με μεγαλύτερη μεταβολή να παρουσιάζει το δείγμα με την χιτοζάνη και μικρότερη το δείγμα με το τριαδικό μίγμα μεμβρανών.



Διάγραμμα 22. Περιεκτικότητα κύβων αβοκάντο σε βιταμίνη C κατά την επικάλυψή τους με HPMC και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

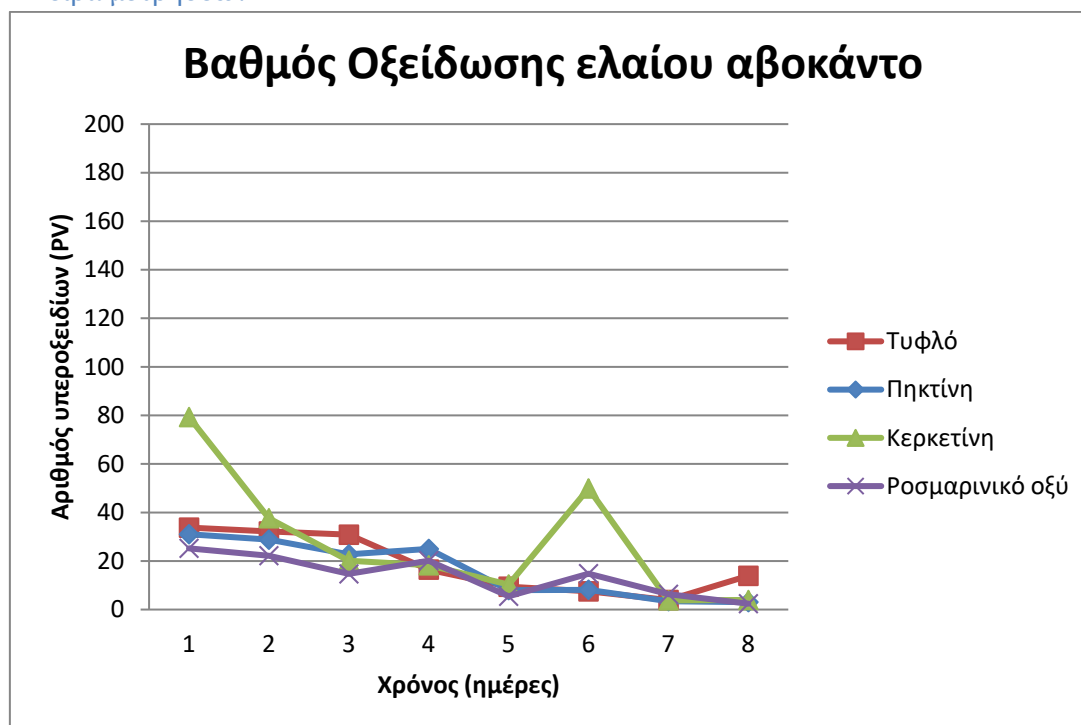
Σε όλα τα δείγματα αβοκάντο στο διάγραμμα 22 φαίνεται μία μείωση της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C, με μεγαλύτερη μεταβολή να έχει το δείγμα με HPMC και μικρότερη αυτό με HPMC και κυκλοδεξτρίνη.

Στατιστικά σημαντική επίδραση για τις σειρές μετρήσεων 5 και 6 είχαν τόσο ο χρόνος αποθήκευσης, όσο και το είδος της μεμβράνης και η χρήση πρόσθετου υλικού μεμβράνης. Παρατηρήθηκε μείωση της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C με το χρόνο και μεγαλύτερες μεταβολές με χρήση HPMC και χωρίς χρήση πρόσθετου υλικού μεμβράνης.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι ο χρόνος αποθήκευσης, το είδος της μεμβράνης και το είδος του αντιοξειδωτικού έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στην περιεκτικότητα των δειγμάτων αβοκάντο σε βιταμίνη C. Το Duncan Test έδειξε ότι, με εξαίρεση την πέμπτη και έκτη ημέρα αποθήκευσης, η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε βιταμίνη C ήταν πρακτικά σταθερή. Επίσης αύξηση παρατηρήθηκε με χρήση HPMC, νανοκρυσταλλικής κυτταρίνης και τριαδικού μίγματος μεμβρανών.

Μεταβολή αριθμού υπεροξειδίων ελαίου δειγμάτων αβοκάντο

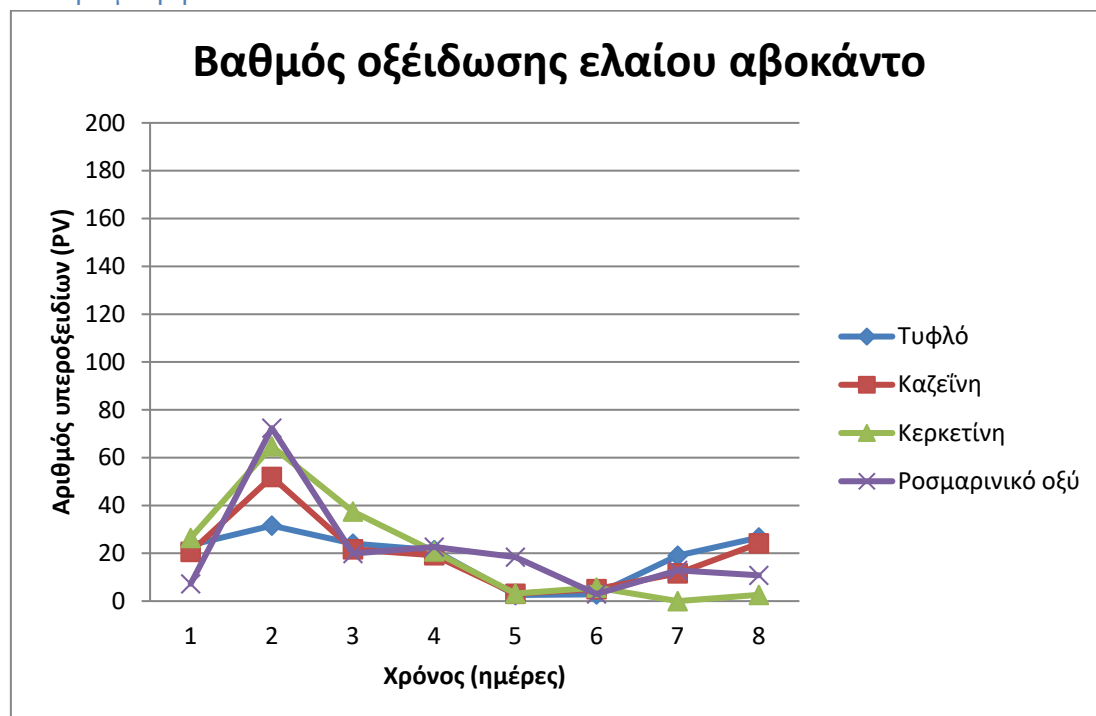
1^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 23. Μεταβολή αριθμού υπεροξειδίων ελαίου των κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και αντιοξειδωτικά.

Στο διάγραμμα 23 παρατηρείται μία γενικά πτωτική πορεία του αριθμού υπεροξειδίων (PV) του ελαίου σε όλα τα είδη δειγμάτων του αβοκάντο. Τα δείγματα με την πηκτίνη και την κερκετίνη φαίνεται να έχουν πιο έντονη μείωση του PV με το χρόνο, ενώ ακολουθούν το τυφλό, αυτό με την πηκτίνη και τέλος αυτό με την πηκτίνη και το ροσμαρινικό οξύ. Προφανώς και πρόκειται για πειραματικό σφάλμα, με τις παραπάνω αυξομειώσεις πιθανότατα να οφείλονται στη διαφορά περιεκτικότητας κάθε δείγματος σε έλαιο. Επίσης σε πειραματικό λάθος οφείλεται και η πολύ μεγάλη αρχική τιμή PV του δείγματος με πηκτίνη και κερκετίνη, η οποία δεν θα έπρεπε να ξεπερνά την τιμή 40- 50. Η μεμβράνη με πηκτίνη και ροσμαρινικό οξύ τέλος, φαίνεται να διατηρεί την τιμή PV χαμηλότερα και άρα να είναι η πιο αποτελεσματική μεμβράνη, όσον αφορά την αυτοοξείδωση του ελαίου των δειγμάτων αβοκάντο.

2^η Σειρά μετρήσεων

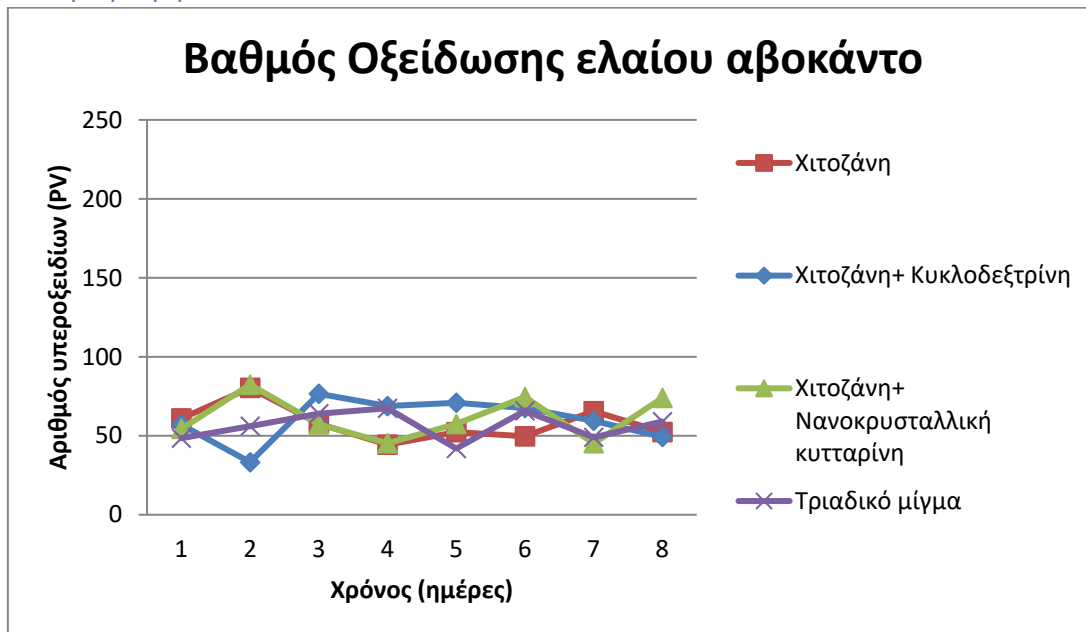


Διάγραμμα 24. Μεταβολή αριθμού υπεροξειδίων ελαίου των κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και αντιοξειδωτικά.

Παρατηρείται μία γενικά πτωτική πορεία του αριθμού υπεροξειδίων (PV) του ελαίου σε όλα τα είδη δειγμάτων του αβοκάντο, με εξαίρεση την δεύτερη, έβδομη και όγδοη ημέρα αποθήκευσης. Τα δείγματα με την πηκτίνη και την κερκετίνη φαίνεται να έχουν μία πιο απότομη μείωση του αριθμού υπεροξειδίων με το χρόνο, ενώ ακολουθούν τα υπόλοιπα, με την καμπύλη του τυφλού να φαίνεται ότι παρουσιάζει μία πιο ομαλή πορεία.

Η στατιστική μελέτη για τις δύο πρώτες σειρές μετρήσεων, έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση του χρόνου αποθήκευσης, με τη χρήση καζεΐνης να έχει μεγαλύτερες μεταβολές και τη χρήση κερκετίνης μικρότερες.

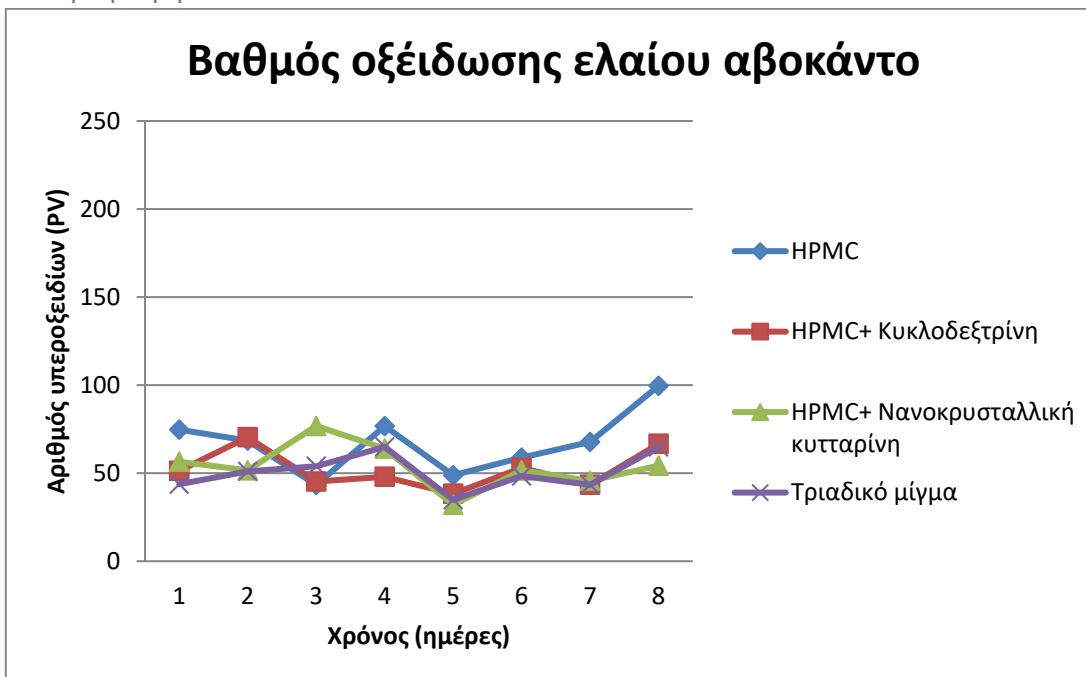
5^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 25. Μεταβολή αριθμού υπεροξειδίων ελαίου των κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με χιτοζάνη και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

Στη διάρκεια των πειραμάτων παρατηρούνται αυξομειώσεις του αριθμού υπεροξειδίων του ελαίου των δειγμάτων αβοκάντο, με τα δύο πρώτα να εμφανίζουν μείωση στο τέλος των πειραμάτων και τα δύο τελευταία αύξηση.

6^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 26. Μεταβολή αριθμού υπεροξειδίων ελαίου των κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με HPMC και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

Οι καμπύλες του αριθμού υπεροξειδίων των δειγμάτων αβοκάντο δεν φαίνεται να ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη πορεία. Οι αυξομειώσεις που παρατηρούνται στα

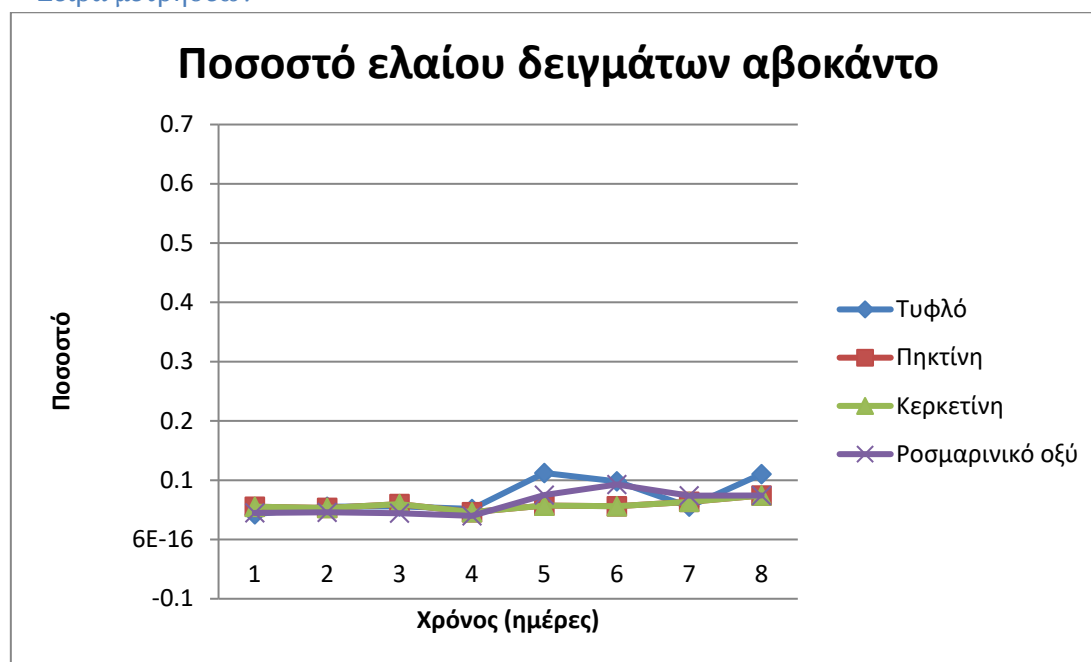
τέσσερα παραπάνω διαγράμματα ενδέχεται να οφείλονται στη συνολική περιεκτικότητα των δειγμάτων σε έλαιο, η οποία δεν είναι σταθερή αλλά εξαρτάται από το σημείο του φρούτου που έχει ληφθεί το κάθε δείγμα. Η μεμβράνη που διατηρεί την οξείδωση του ελαίου των δειγμάτων πιο χαμηλά είναι η πηκτίνη, με ή χωρίς την ταυτόχρονη εφαρμογή αντιοξειδωτικών. Τέλος, αποτελεσματικά όσον αφορά την οξείδωση του ελαίου των δειγμάτων, φαίνεται όπως ήταν αναμενόμενο να έδρασαν τόσο η κερκετίνη, όσο και το ροσμαρινικό οξύ.

Η στατιστική ανάλυση των σειρών 5 και 6 έδειξε ότι κανένας παράγοντας δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στον βαθμό οξείδωσης ελαίου των δειγμάτων, ενώ παρατηρήθηκαν αυξημένες μεταβολές με χρήση χιτοζάνης και όχι πρόσθετων υλικών μεμβράνης.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι ο χρόνος αποθήκευσης και το είδος της μεμβράνης έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στον βαθμό οξείδωσης του ελαίου όλων των δειγμάτων αβοκάντο. Αντιθέτως, η χρήση και το είδος του αντιοξειδωτικού δεν έχει, αποτέλεσμα μη αναμενόμενο. Διέφεραν τα δείγματα με HPMC και χιτοζάνη, όπως και αυτά με κυκλοδεξτρίνη, ναοκρυσταλλική κυτταρίνη και μίγμα αυτών.

Μεταβολή ποσοστού ελαίου δειγμάτων αβοκάντο

1^η Σειρά μετρήσεων

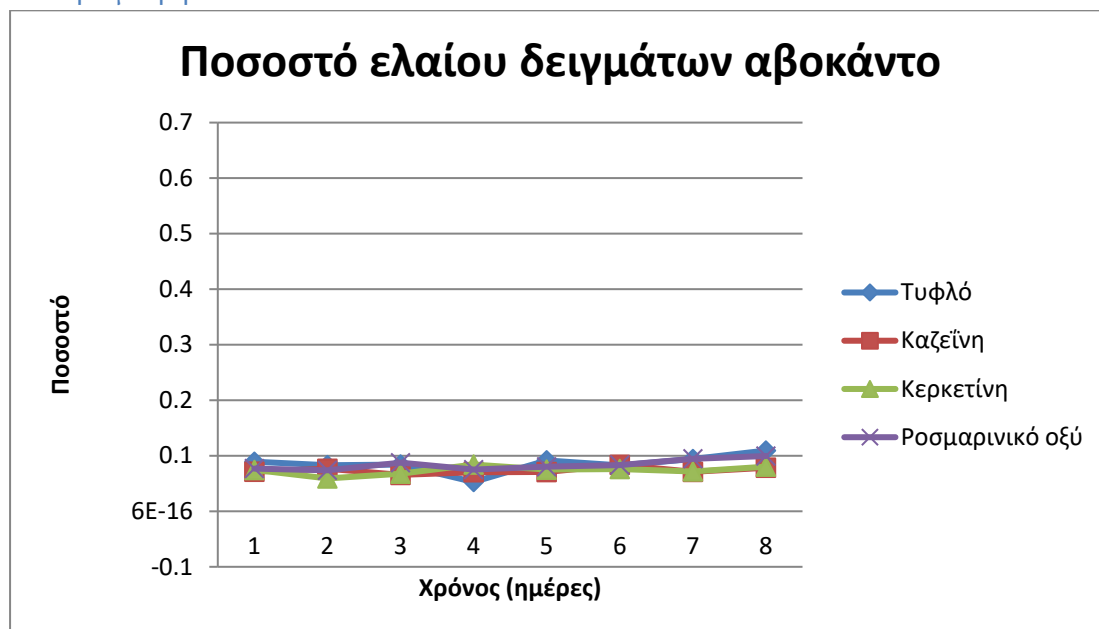


Διάγραμμα 27. Μεταβολή ποσοστού ελαίου κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και αντιοξειδωτικά.

Παρατηρείται μια ελαφρώς αυξητική πορεία του ποσοστού ελαίου όλων των δειγμάτων με το πέρασμα του χρόνου αποθήκευσης, με το τυφλό δείγμα να εμφανίζει κάποιες μη αναμενόμενες διακυμάνσεις από την πέμπτη ημέρα και έπειτα. Πιθανότατα αυτές οι πολύ μεγάλες τιμές ελαίου στο τυφλό δείγμα την πέμπτη, την έκτη και την όγδοη ημέρα οφείλονται σε διακυμάνσεις της σύστασης των δειγμάτων.

Η παραπάνω αύξηση του ποσοστού ελαίου φαίνεται λογική, καθώς αφού το ποσοστό υγρασίας στα δείγματα μειώνεται σταδιακά και η συνολική ποσότητα ελαίου τους παραμένει πρακτικά σταθερή, το ποσοστό τους σε έλαιο θα αυξάνεται. Τα δείγματα με την πηκτίνη και το ροσμαρινικό οξύ φαίνονται να αυξάνουν το ποσοστό τους σε έλαιο με μεγαλύτερο ρυθμό από τα υπόλοιπα.

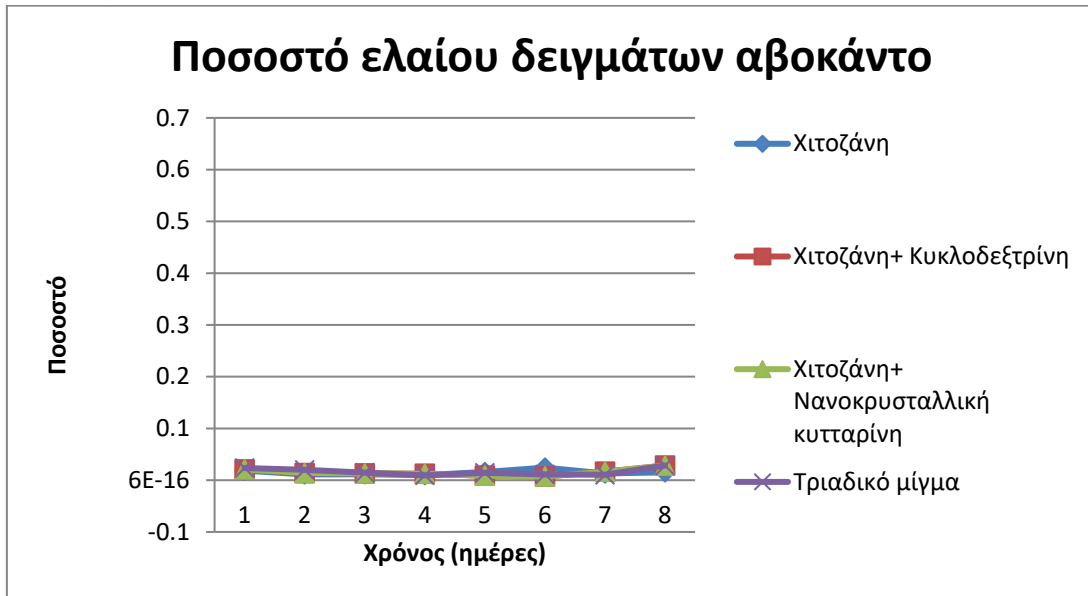
2^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 28. Μεταβολή ποσοστού ελαίου κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και αντιοξειδωτικά.

Παρατηρείται μία ελαφρώς αυξητική πορεία του ποσοστού ελαίου όλων των δειγμάτων με το πέρασμα του χρόνου αποθήκευσης, με το δείγμα με καζεΐνη και ροσμαρινικό οξύ να εμφανίζει ανοδική τάση προς το τέλος των πειραμάτων. Πιθανότατα το παραπάνω οφείλεται στη μείωση υγρασίας των δειγμάτων και στη σχεδόν σταθερή ποσότητα ελαίου τους. Ο ρυθμός αύξησης του ποσοστού ελαίου είναι μεγαλύτερος στο τυφλό δείγμα και μικρότερος σε αυτό με την καζεΐνη.

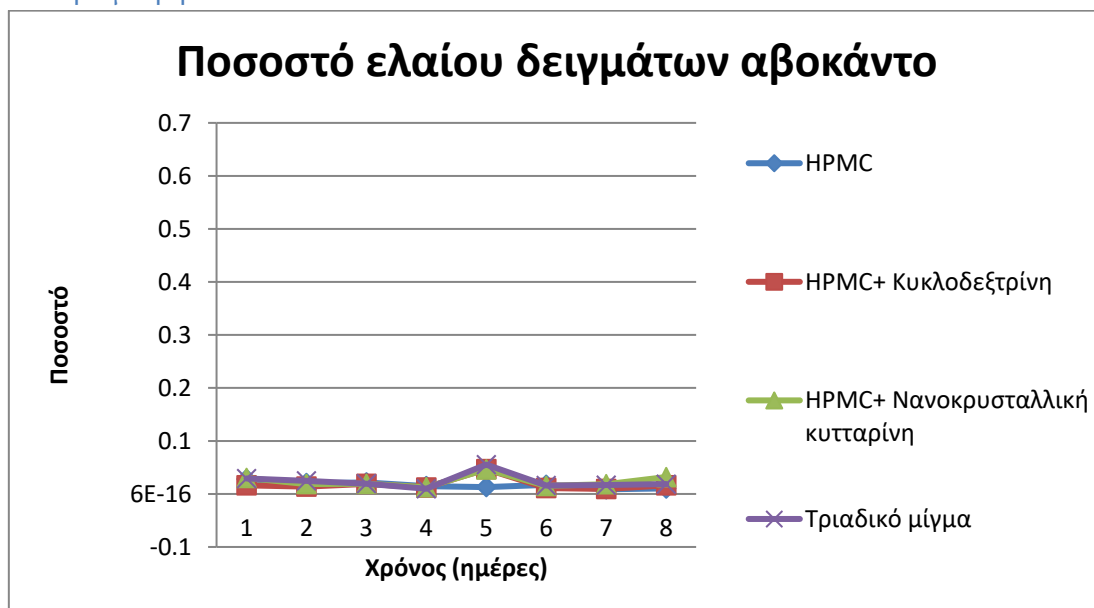
Η στατιστική επεξεργασία έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση του είδους της μεμβράνης για τις δύο πρώτες σειρές πειραμάτων και μεγαλύτερη μεταβολή του ποσοστού ελαίου στο τέλος των πειραμάτων. Επίσης μεγαλύτερη μεταβολή είχαν τα τυφλά δείγματα χωρίς τη χρήση αντιοξειδωτικών.



Διάγραμμα 29. Μεταβολή ποσοστού ελαίου κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με χιτοζάνη και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

Φαίνεται μία γενική αύξηση του ποσοστού ελαίου σε όλα τα δείγματα αβοκάντο, με μεγαλύτερη αυτή του δείγματος με χιτοζάνη και μικρότερη αυτή του δείγματος με χιτοζάνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη. Ενδεχομένως το παραπάνω οφείλεται στη μείωση του βάρους των δειγμάτων αβοκάντο λόγω απώλειας υγρασίας και παράλληλα στη διατήρηση της συνολικής ποσότητας ελαίου τους.

6^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 30. Μεταβολή ποσοστού ελαίου κύβων αβοκάντο κατά την επικάλυψή τους με HPMC και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

Οι καμπύλες του ποσοστού ελαίου των δειγμάτων αβοκάντο φαίνεται να μην έχουν σημαντικές μεταβολές έως την τέταρτη ημέρα αποθήκευσης, ενώ καταλήγουν περίπου στις ίδιες τιμές την όγδοη ημέρα, μετά από μία μεγαλύτερη αύξηση την πέμπτη ημέρα μετρήσεων. Πιθανότατα αυτή η αύξηση να οφείλεται σε πειραματικό λάθος, αφού η συνολική ποσότητα ελαίου στα δείγματα διατηρείται πρακτικά σταθερή.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση του χρόνου αποθήκευσης και του είδους της μεμβράνης. Επίσης παρατηρήθηκε αύξηση της μεταβολής του ποσοστού ελαίου με χρήση HPMC και νανοκρυσταλλικής κυτταρίνης.

Όπως και στον αριθμό οξείδωσης των δειγμάτων αβοκάντο, έτσι και στο συνολικό ποσοστό ελαίου τους, ο χρόνος αποθήκευσης και το είδος της μεμβράνης είχαν στατιστικά σημαντική επίδραση. Αντιθέτως το είδος του αντιοξειδωτικού δεν είχε σημαντική επίδραση. Το Duncan Test έδειξε μικρές μεταβολές του ποσοστού ελαίου των δειγμάτων με το πέρασμα του χρόνου. Παρατηρήθηκε διαφορά στα τυφλά δείγματα και σε αυτά με κερκετίνη, ροσμαρινικό οξύ και χωρίς κάποιο πρόσθετο υλικό μεμβρανών.

Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων αβοκάντο

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου για τα δείγματα αβοκάντο. Ανάλογα με το είδος της εδώδιμης μεμβράνης και τη χρησιμοποίηση ή μη αντιοξειδωτικού και πρόσθετων υλικών μεμβρανών, εξετάστηκαν το χρώμα, η εμφάνιση, η οσμή, η γεύση, η υφή στο χέρι και στο στόμα και η μετάγευση των δειγμάτων.

1η Σειρά μετρήσεων

Πίνακας 9. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τυφλού δείγματος αβοκάντο.

ΤΥΦΛΟ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	9	9	9	9	8	8	8	7	7	
	Αλλοιωμένο	0	0	0	0	0	0	1	1	2	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Λιπαρότητα	2	2	2	2	2	2	1	1	1	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Γεύση	Γλυκιά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	9	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	7	7	7	7	6	6	6	5	5	
	Μαλακή	2	2	2	2	3	3	3	4	4	
	Λιπαρή	1	1	1	2	2	2	3	3	3	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	6	6	6	6	6	6	5	5	5	
	Μαλακή	7	7	7	7	7	7	8	8	8	
	Λιπαρή	7	7	7	7	8	8	8	8	8	
Μετάγευση		7	7	7	7	7	8	8	8	8	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	9	8	8	8	7	7	

Πίνακας 10. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με κιτρικό οξύ και πηκτίνη.

ΠΗΚΤΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	9	9	8	8	8	7	7	7	6	
	Αλλοιωμένο	0	0	1	1	1	2	2	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	9	8	8	8	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Λιπαρότητα	2	2	2	3	3	3	3	4	4	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Γεύση	Γλυκιά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	9	9	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	7	7	7	7	6	6	6	6	5	
	Μαλακή	2	2	2	2	3	3	3	4	4	
	Λιπαρή	1	1	2	2	2	2	2	3	3	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	6	6	6	5	5	4	4	4	4	
	Μαλακή	7	7	7	8	8	8	8	8	8	
	Λιπαρή	7	7	7	7	7	7	8	8	8	
Μετάγευση		7	7	7	7	7	7	7	7	7	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	9	8	8	8	7	7	

Πίνακας 11. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και κερκετίνη.

ΚΕΡΚΕΤΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	8	7	6	6	5	4	3	3	3	
	Αλλοιωμένο	1	2	3	4	4	5	5	6	6	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	9	9	9	8	
	Λιπαρότητα	2	2	2	3	3	3	3	4	4	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	9	9	9	9	8	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Γεύση	Γλυκιά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	9	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	7	7	6	5	5	5	4	4	3	
	Μαλακή	2	3	4	4	5	6	6	7	8	
	Λιπαρή	2	2	3	3	4	4	5	6	6	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	6	6	5	5	5	5	4	4	4	
	Μαλακή	7	7	7	7	7	8	8	8	8	
	Λιπαρή	7	7	7	7	7	7	8	8	8	
Μετάγευση		7	7	7	7	7	6	6	6	6	

Πίνακας 12. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και ροσμαρινικό οξύ.

ΡΟΣΜΑΡΙΝΙΚΟ ΟΞΥ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	6	5	4	4	3	3	3	2	2	Εμφανής αλλοίωση χρώματος
	Αλλοιωμένο	4	5	6	6	6	7	7	8	8	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	9	9	9	8	
	Λιπαρότητα	4	4	5	5	6	7	7	8	8	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	9	9	9	9	8	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Γεύση	Γλυκιά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	8	8	8	8	7	7	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	6	6	5	5	4	4	4	3	3	
	Μαλακή	3	4	4	5	6	6	7	7	8	
	Λιπαρή	3	3	4	4	4	5	5	5	6	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	6	6	5	5	5	5	4	4	4	
	Μαλακή	7	7	7	7	7	7	8	8	8	
	Λιπαρή	7	7	7	7	7	7	8	8	8	
Μετάγευση		7	7	7	7	7	7	6	6	6	
Συνολική εκτίμηση		6	6	5	5	4	4	4	3	3	

Με βάση τον οργανοληπτικό έλεγχο, είναι εμφανής η υποβάθμιση του δείγματος με ροσμαρινικό οξύ και λιγότερο αυτού με κερκετίνη. Αντίθετα, το τυφλό και το δείγμα με πηκτίνη φαίνονται να διατηρούν πιο αποτελεσματικά τα χαρακτηριστικά τους. Στο δείγμα με ροσμαρινικό οξύ ειδικότερα, είναι εμφανής η χρωματική υποβάθμισή του.

2^η Σειρά μετρήσεων

Πίνακας 13. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τυφλού δείγματος αβοκάντο.

ΤΥΦΛΟ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	8	8	8	8	7	7	7	6	6	
	Αλλοιωμένο	1	1	2	2	2	2	3	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Λιπαρότητα	2	2	2	2	1	1	1	1	1	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Γεύση	Γλυκιά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	9	9	9	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	8	8	8	7	7	7	7	6	6	
	Μαλακή	1	1	2	2	2	2	3	3	3	
	Λιπαρή	2	2	2	3	3	3	3	3	3	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	8	8	8	8	8	7	7	7	7	
	Μαλακή	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
	Λιπαρή	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Μετάγευση		8	8	8	8	8	8	7	7	7	
Συνολική εκτίμηση		8	8	8	8	7	7	7	6	6	

Πίνακας 14. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με κιτρικό οξύ και καζείνη.

ΚΑΖΕΪΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	8	7	7	6	6	6	6	5	5	
	Αλλοιωμένο	1	2	2	2	3	3	3	3	4	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Λιπαρότητα	3	3	3	2	2	2	2	2	2	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Γεύση	Γλυκιά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	9	9	9	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	8	8	7	7	7	7	6	6	6	
	Μαλακή	1	1	1	2	2	3	3	3	3	
	Λιπαρή	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	7	7	7	6	6	6	6	6	6	
	Μαλακή	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
	Λιπαρή	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Μετάγευση		8	8	8	8	8	8	8	7	7	
Συνολική εκτίμηση		8	8	7	7	7	7	7	6	6	

Πίνακας 15. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και κερκετίνη.

ΚΕΡΚΕΤΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	8	8	7	7	6	6	6	5	5	
	Αλλοιωμένο	1	2	2	2	2	3	3	4	4	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Ομοιογενής	9	9	9	8	8	8	8	8	8	
	Λιπαρότητα	3	3	3	3	2	2	2	2	2	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	9	9	9	8	8	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
Γεύση	Γλυκιά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	7	7	6	6	6	5	5	5	5	
	Μαλακή	2	2	2	3	3	4	4	4	4	
	Λιπαρή	2	2	2	3	3	3	3	4	4	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	7	7	7	7	7	6	6	6	6	
	Μαλακή	2	2	2	3	3	3	3	3	3	
	Λιπαρή	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Μετάγευση		7	7	7	7	7	7	7	6	6	
Συνολική εκτίμηση		8	8	7	7	6	6	6	5	5	

Πίνακας 16. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και ροσμαρινικό οξύ.

ΡΟΣΜΑΡΙΝΙΚΟ ΟΞΥ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	7	6	6	6	5	5	5	4	4	
	Αλλοιωμένο	3	3	4	4	4	4	4	5	5	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Ομοιογενής	9	9	9	8	8	8	8	8	8	
	Λιπαρότητα	3	3	3	2	2	2	2	2	2	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	9	9	8	8	8	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
Γεύση	Γλυκιά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	7	7	6	6	6	6	6	5	5	
	Μαλακή	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
	Λιπαρή	1	1	2	2	2	3	3	3	3	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	6	6	6	5	5	5	5	5	5	
	Μαλακή	3	3	3	3	4	4	4	4	4	
	Λιπαρή	3	3	3	3	4	4	4	4	4	
Μετάγευση		7	7	7	7	7	7	6	6	6	
Συνολική εκτίμηση		7	7	7	6	6	5	5	5	4	

Όπως και στην 1^η σειρά μετρήσεων, είναι εμφανής η υποβάθμιση του δείγματος με ροσμαρινικό οξύ και λιγότερο αυτού με κερκετίνη. Αντίθετα, το τυφλό και το δείγμα με καζείνη φαίνονται να διατηρούν πιο αποτελεσματικά τα χαρακτηριστικά τους.

5^η Σειρά μετρήσεων

Πίνακας 17. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με χιτοζάνη.

ΧΙΤΟΖΑΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	9	9	8	8	7	6	6	5	5	
	Αλλοιωμένο	0	1	1	2	2	3	3	4	4	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
	Ομοιογενής	9	9	8	8	8	8	7	7	7	
	Λυταρότητα	2	2	3	3	3	4	4	5	5	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
Γεύση	Γλυκιά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	7	7	7	6	6	6	5	5	5	
	Μαλακή	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
	Λυταρή	1	1	2	2	2	3	3	3	3	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	7	7	7	6	6	6	5	5	5	
	Μαλακή	2	2	3	3	3	3	3	4	4	
	Λυταρή	1	1	2	2	2	2	3	3	3	
Μετάγευση		7	7	7	7	7	7	6	6	6	
Συνολική εκτίμηση		9	9	8	8	7	7	7	6	6	

Πίνακας 18. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με χιτοζάνη και κυκλοδεξτρίνη.

ΚΥΚΛΟΔΕΞΤΡΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	9	9	8	7	7	6	6	5	5	
	Αλλοιωμένο	0	1	2	2	3	3	3	4	4	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Ομοιογενής	9	9	9	8	8	8	8	8	8	
	Λυταρότητα	2	2	2	2	3	3	3	4	4	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
Γεύση	Γλυκιά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	9	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	7	7	7	6	6	6	6	6	6	
	Μαλακή	2	2	2	2	2	3	3	3	3	
	Λυταρή	1	1	1	2	2	2	2	3	3	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	7	7	7	7	7	6	6	6	6	
	Μαλακή	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
	Λυταρή	1	1	1	2	2	2	3	3	3	
Μετάγευση		7	7	7	6	6	6	5	5	5	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	8	8	7	7	7	7	

Πίνακας 19. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με χιτοζάνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

ΝΑΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	9	9	8	8	7	6	6	5	5	
	Αλλοιωμένο	0	1	2	2	2	3	3	4	4	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	9	8	8	8	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Λιπαρότητα	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
Γεύση	Γλυκιά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	7	7	7	6	6	6	6	5	5	
	Μαλακή	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
	Λιπαρή	1	1	2	2	3	3	3	4	4	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	7	7	7	7	6	6	6	6	6	
	Μαλακή	2	2	3	3	3	3	4	4	4	
	Λιπαρή	2	2	2	2	2	3	3	3	3	
Μετάγευση		7	7	7	6	6	6	6	5	5	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	9	8	8	7	7	7	

Πίνακας 20. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με χιτοζάνη, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

ΤΡΙΑΔΙΚΟ ΜΙΓΜΑ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	9	9	8	8	7	7	6	6	5	
	Αλλοιωμένο	0	1	1	2	2	3	3	4	4	
Εμφάνιση	Επίπεδη	8	8	8	8	8	7	7	7	7	
	Ομοιογενής	8	8	8	8	7	7	7	7	7	
	Λιπαρότητα	3	3	3	3	4	4	4	4	4	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
Γεύση	Γλυκιά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	7	7	6	6	6	5	5	5	5	
	Μαλακή	2	2	3	3	3	3	4	4	4	
	Λιπαρή	1	1	2	2	2	3	3	4	4	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	7	7	7	7	6	6	6	6	6	
	Μαλακή	2	2	2	3	3	3	3	4	4	
	Λιπαρή	2	2	2	2	3	3	3	4	4	
Μετάγευση		7	7	7	6	6	6	5	5	5	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	8	8	7	7	7	7	

Σύμφωνα με τον οργανοληπτικό έλεγχο, όλα τα δείγματα διατήρησαν τα χαρακτηριστικά τους και περισσότερο τα τρία είδη δειγμάτων που περιείχαν πρόσθετα. Αντίθετα, το δείγμα με χιτοζάνη φαίνεται να εμφανίζει μεγαλύτερη υποβάθμιση.

6^η Σειρά μετρήσεων

Πίνακας 21. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με ΗΡΜC.

ΗΡΜC		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	9	9	9	8	8	7	7	6	6	
	Αλλοιωμένο	0	0	1	1	2	2	2	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
	Λυταρότητα	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
Γεύση	Γλυκά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	1	1	1	2	2	2	2	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	7	7	7	6	6	6	5	5	5	
	Μαλακή	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
	Λυταρή	1	1	2	2	2	3	3	3	3	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	7	7	7	6	6	6	5	5	5	
	Μαλακή	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
	Λυταρή	1	1	1	2	2	3	3	3	3	
Μετάγευση		6	6	6	6	5	5	5	5	5	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	8	8	8	7	7	7	

Πίνακας 22. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με ΗΡΜC και κυκλοδεξτρίνη.

ΚΥΚΛΟΔΕΞΤΡΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	9	9	8	8	8	7	7	6	6	
	Αλλοιωμένο	0	0	1	1	2	2	2	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
	Λυταρότητα	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
Γεύση	Γλυκά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	1	1	2	2	2	2	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	7	7	7	7	6	6	6	6	6	
	Μαλακή	2	2	2	2	2	3	3	3	3	
	Λυταρή	1	1	2	2	2	2	3	3	3	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	7	7	7	7	7	6	6	6	6	
	Μαλακή	2	2	2	3	3	3	3	4	4	
	Λυταρή	1	1	1	2	2	2	3	3	3	
Μετάγευση		6	6	6	5	5	5	4	4	4	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	8	8	8	8	7	7	

Πίνακας 23. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με ΗΡΜC και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

ΝΑΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	9	9	8	8	8	7	7	7	6	
	Αλλοιωμένο	0	1	1	2	2	2	3	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
	Λυταρότητα	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
Γεύση	Γλυκά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	1	1	1	2	2	2	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	7	7	7	7	6	6	6	5	5	
	Μαλακή	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
	Λυταρή	1	1	2	2	2	3	3	4	4	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	7	7	7	7	7	6	6	6	6	
	Μαλακή	2	2	3	3	3	3	4	4	4	
	Λυταρή	1	1	1	2	2	2	3	3	3	
Μετάγευση		6	6	6	5	5	5	4	4	4	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	9	8	8	7	7	7	

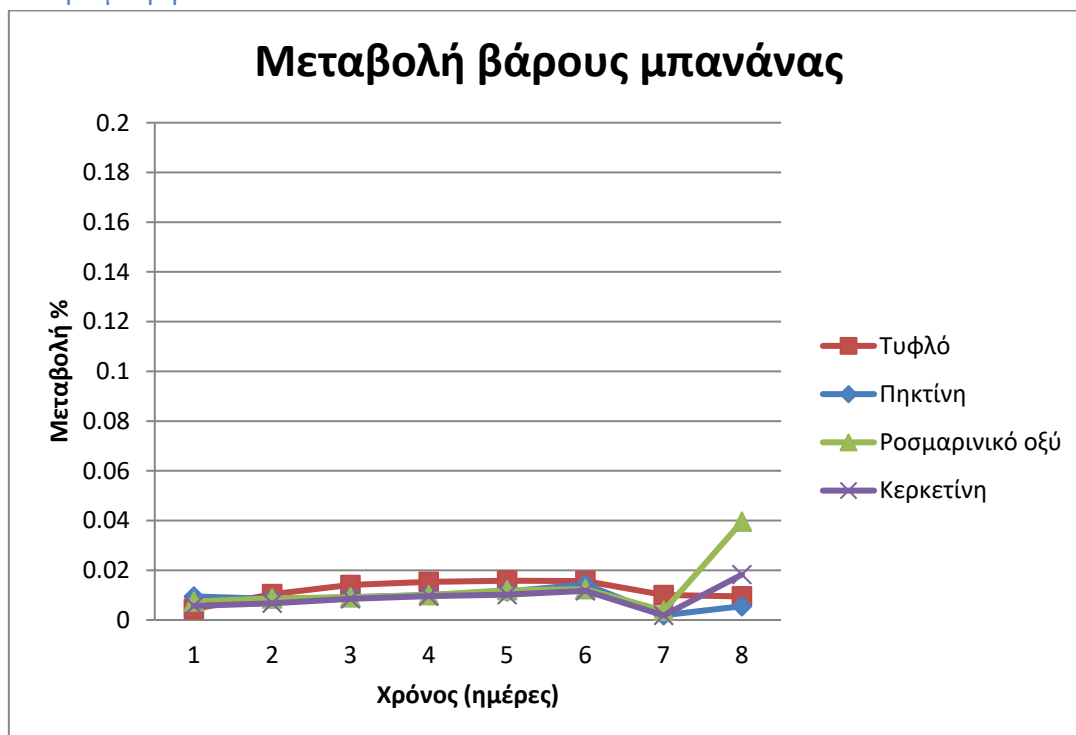
Πίνακας 24. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος αβοκάντο με ΗΡΜC, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

ΤΡΙΑΔΙΚΟ ΜΙΓΜΑ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Πράσινο (κανονικό)	9	9	8	8	7	7	7	6	6	
	Αλλοιωμένο	0	0	1	1	2	2	3	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
	Λυταρότητα	2	2	3	3	3	3	4	4	5	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
Γεύση	Γλυκά	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Πικρή	0	0	0	1	1	1	2	2	2	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	7	7	7	6	6	6	5	5	5	
	Μαλακή	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
	Λυταρή	1	1	1	1	2	2	3	3	4	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	7	7	7	6	6	6	6	6	6	
	Μαλακή	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
	Λυταρή	1	1	1	2	2	2	3	3	3	
Μετάγευση		6	6	6	5	5	5	5	4	4	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	8	8	8	7	7	7	

Σύμφωνα με τον οργανοληπτικό έλεγχο, όλα τα δείγματα διατήρησαν τα χαρακτηριστικά τους σε ικανοποιητικό βαθμό. Γίνεται επίσης αντιληπτή η ελαφρώς πικρή γεύση των δειγμάτων αβοκάντο με επικάλυψη HPMC.

Μεταβολή βάρους δειγμάτων μπανάνας

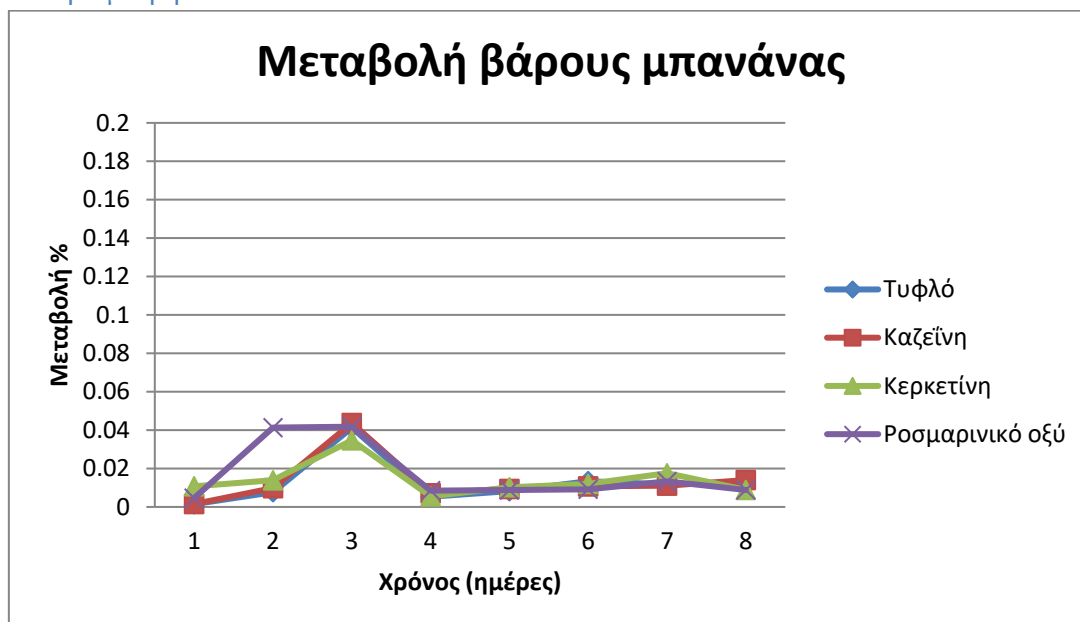
3^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 31. Ποσοστιαία μεταβολή βάρους δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και αντιοξειδωτικά.

Παρατηρείται μία ελαφρώς ανοδική τάση της ποσοστιαίας μεταβολής του βάρους των δειγμάτων μπανάνας έως και την έκτη ημέρα αποθήκευσης, κάτι μη αναμενόμενο. Γενικά όμως, το βάρος των δειγμάτων διατηρείται πρακτικά σταθερό. Στη συνέχεια επέρχεται μείωση μέχρι την έβδομη ημέρα, με απότομη αύξηση την όγδοη για όλα τα δείγματα πλην του τυφλού, κάτι που πιθανότατα οφείλεται σε διακυμάνσεις της σύστασης των δειγμάτων ή σε πειραματικό σφάλμα.

4^η Σειρά μετρήσεων

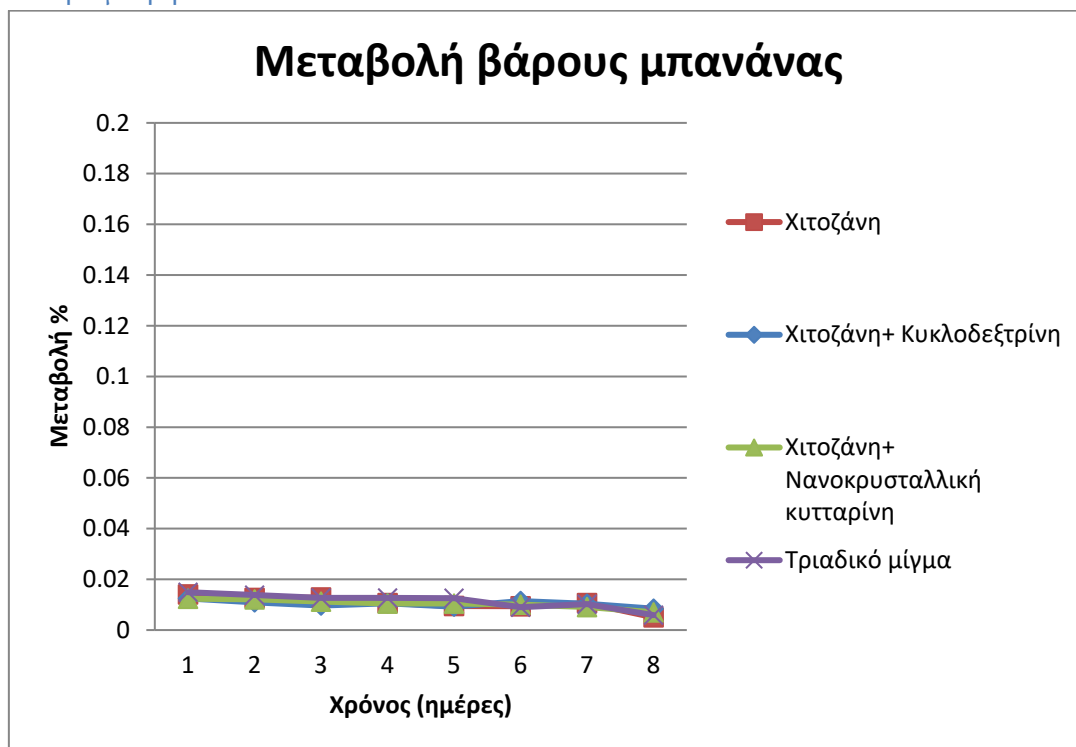


Διάγραμμα 32. Ποσοστιαία μεταβολή βάρους δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και αντιοξειδωτικά.

Με εξαίρεση την απότομη αύξηση της ποσοστιαίας μεταβολής βάρους την τρίτη ημέρα αποθήκευσης, η οποία πιθανότατα οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα, γενικά παρατηρείται μια ανοδική τάση της μεταβολής όλων των δειγμάτων μπανάνας. Το παραπάνω δεν ήταν αναμενόμενο, καθώς αναμενόταν μεγαλύτερη απώλεια βάρους στις πρώτες ημέρες του πειράματος.

Η στατιστική ανάλυση για τις σειρές 3 και 4 έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση μόνο του χρόνου αποθήκευσης στη μεταβολή του βάρους των δειγμάτων.

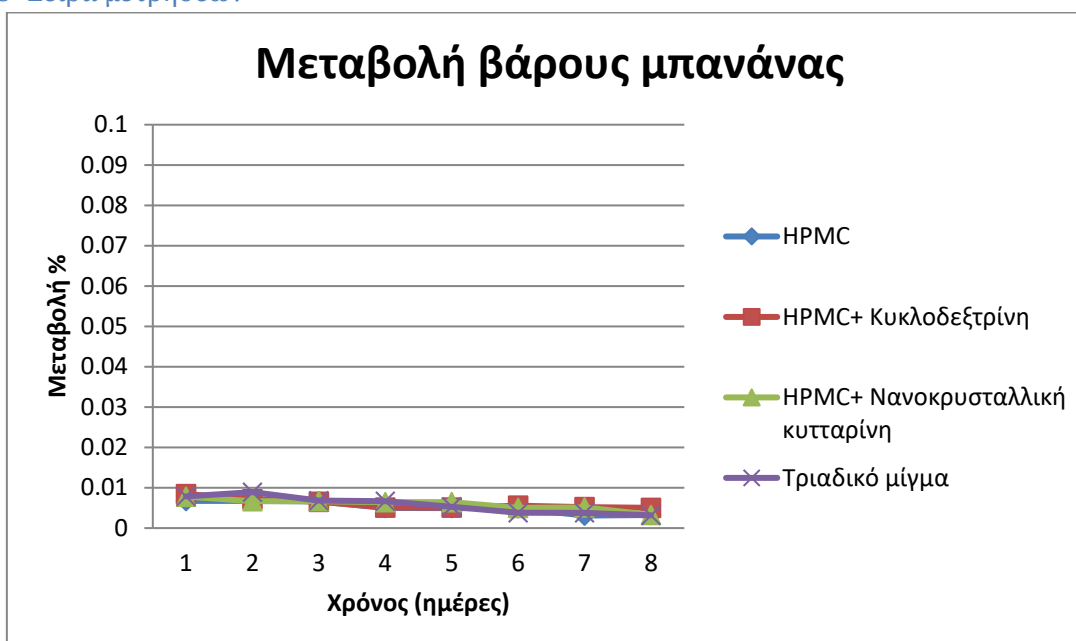
7^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 33. Ποσοστιαία μεταβολή βάρους δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με χιτοζάνη, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

Η ποσοστιαία μεταβολή του βάρους όλων των δειγμάτων μπανάνας παρουσιάζει μικρή μείωση με το χρόνο. Μεγαλύτερη μείωση παρουσιάζει το δείγμα με χιτοζάνη και αυτό με το τριαδικό μίγμα μεμβρανών.

8^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 34. Ποσοστιαία μεταβολή βάρους δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με HPMC, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

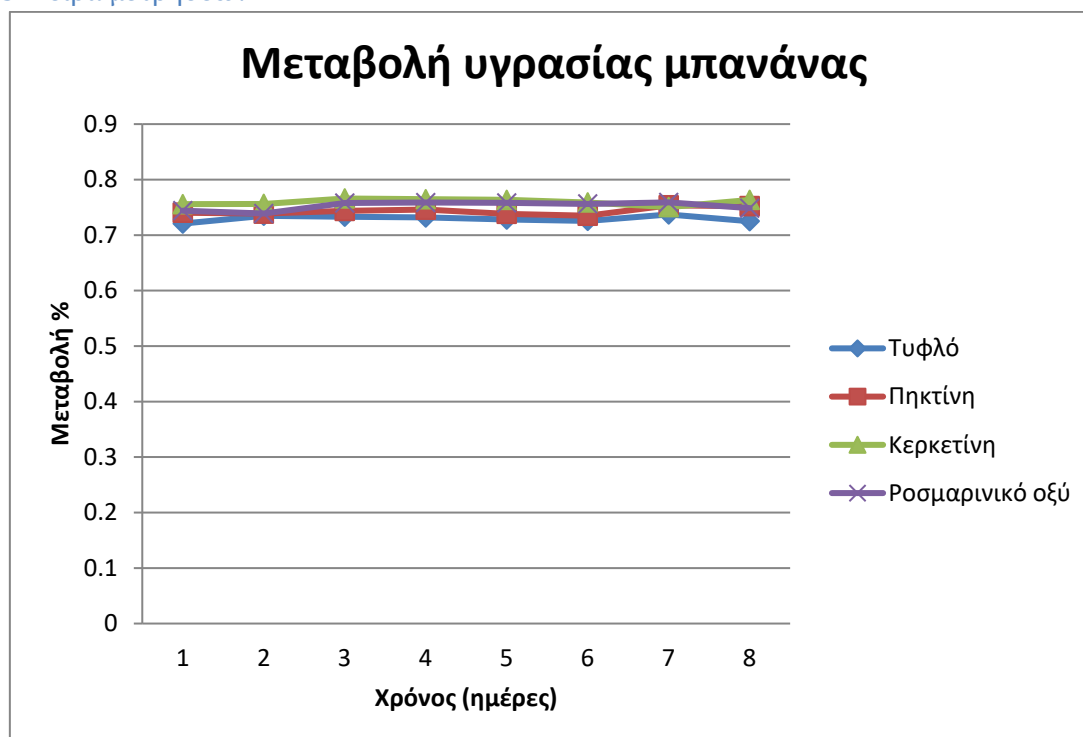
Η ποσοστιαία μεταβολή βάρους των δειγμάτων μπανάνας παρουσιάζει γενικά μείωση σε όλη τη διάρκεια των πειραμάτων, με τα δύο τελευταία δείγματα να παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη μεταβολή και το δείγμα με HPMC τη μικρότερη.

Η στατιστική επεξεργασία για τις σειρές 7 και 8 έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση στην ποσοστιαία μεταβολή του βάρους, τόσο του χρόνου αποθήκευσης, όσο και του είδους της μεμβράνης. Επίσης παρατηρήθηκε μείωση της μεταβολής με το χρόνο και αύξηση με χρήση χιτοζάνης.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του χρόνου αποθήκευσης και του είδους της μεμβράνης στην ποσοστιαία μεταβολή του βάρους όλων των δειγμάτων μπανάνας. Αντιθέτως η χρήση ή μη και το είδος του αντιοξειδωτικού δεν επιδρά σημαντικά στη μεταβολή του βάρους των δειγμάτων. Τα δείγματα με χρήση HPMC διέφεραν, παρουσιάζοντας μεγαλύτερη μεταβολή, όπως και αυτά με ροσμαρινικό οξύ, κερκετίνη ή χωρίς πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

Μεταβολή υγρασίας δειγμάτων μπανάνας

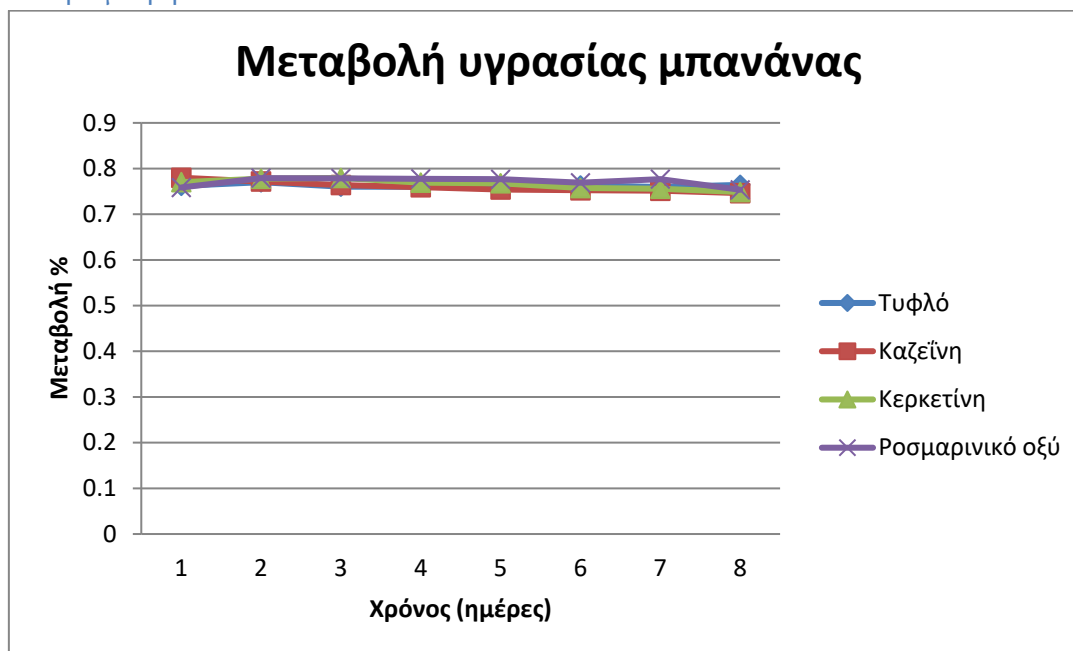
3^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 35. Ποσοστιαία μεταβολή υγρασίας δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και αντιοξειδωτικά.

Αναφορικά με την ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων μπανάνας, φαίνεται μία σχετικά καθοδική τάση της από κάποιο χρονικό σημείο και έπειτα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι για όλα τα είδη δειγμάτων, η τελική ποσοστιαία μεταβολή είναι μεγαλύτερη της αρχικής, γεγονός που φαίνεται να οφείλεται σε διακυμάνσεις της σύστασης των δειγμάτων ή σε πειραματικό λάθος, αφού αναμένεται μεγαλύτερος ρυθμός απώλειας υγρασίας τις πρώτες ημέρες αποθήκευσης.

4^η Σειρά μετρήσεων

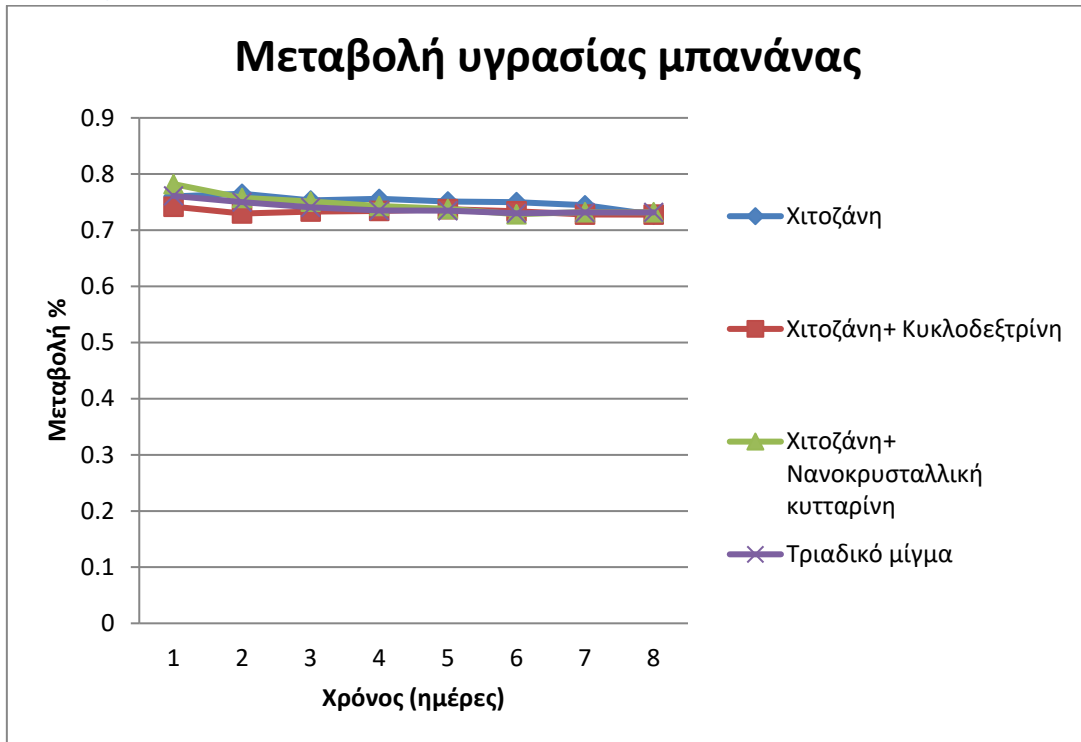


Διάγραμμα 36. Ποσοστιαία μεταβολή υγρασίας δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και αντιοξειδωτικά.

Η ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας για όλα τα είδη δειγμάτων μπανάνας, παρουσιάζει μια πτωτική πορεία, όπως αναμενόταν. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το δείγμα που περιέχει κιτρικό οξύ και καζεΐνη, έχοντας πιο ομαλή καμπύλη και την μικρότερη ποσοστιαία μεταβολή την όγδοη ημέρα αποθήκευσης.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή της υγρασίας, τόσο του είδους της μεμβράνης, όσο και της χρήσης του αντιοξειδωτικού. Επίσης διέφεραν το δεύτερο τυφλό δείγμα και αυτό με την καζεΐνη, τα οποία είχαν αυξημένη μεταβολή, αλλά και αυτό χωρίς αντιοξειδωτικό, το οποίο παρουσίαζε μειωμένη μεταβολή.

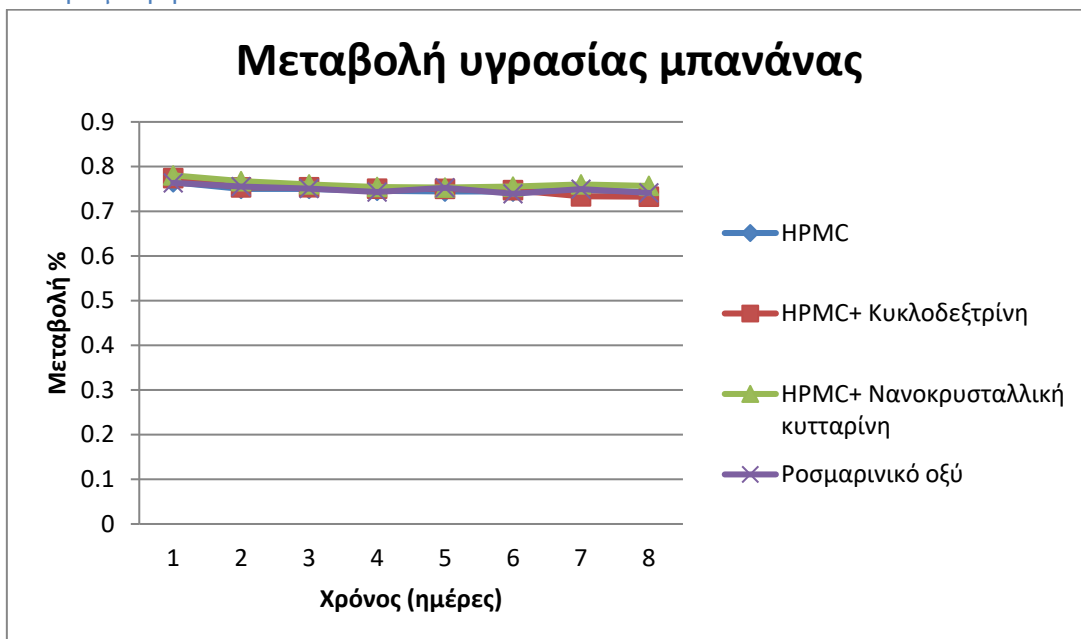
7^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 37. Ποσοστιαία μεταβολή υγρασίας δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με χιτοζάνη, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

Η ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας όλων των δειγμάτων μπανάνας παρουσιάζει γενικά μείωση με το χρόνο, με την καμπύλη του δείγματος με χιτοζάνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη να έχει την μεγαλύτερη κλίση.

8^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 38. Ποσοστιαία μεταβολή υγρασίας δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με HPMC, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

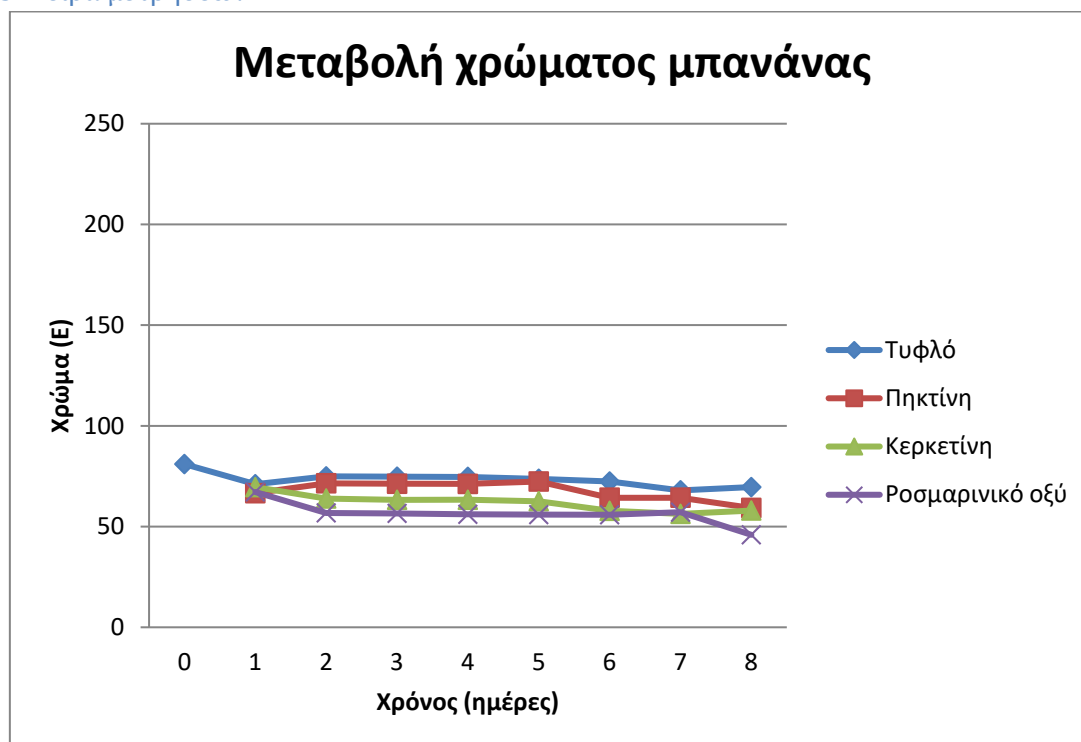
Η ποσοστιαία μεταβολή υγρασίας των δειγμάτων μπανάνας παρουσιάζει γενικά μείωση σε όλη τη διάρκεια των πειραμάτων, με το δείγμα με HPMC και κυκλοδεξτρίνη να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη και αυτό με HPMC τη μικρότερη ποσοστιαία μεταβολή.

Αναφορικά με τις σειρές μετρήσεων 7 και 8, υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του χρόνου αποθήκευσης, του είδους της μεμβράνης και της χρήσης πρόσθετων υλικών μεμβρανών στη μεταβολή του βάρους. Παρατηρήθηκε μείωση της μεταβολής με το χρόνο αποθήκευσης και αύξηση με χρήση HPMC και ναοκρυσταλλικής κυτταρίνης.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση και των τριών εξεταζόμενων παραμέτρων στη μεταβολή της υγρασίας όλων των δειγμάτων μπανάνας. Το Duncan Test έδειξε σημαντική αύξηση της ποσοστιαίας μεταβολής της υγρασίας των δειγμάτων μεταξύ πρώτης και όγδοης ημέρας αποθήκευσης. Η χρήση καζεΐνης έδειξε μεγαλύτερες μεταβολές, όπως επίσης και η χρήση ροσμαρινικού οξέος και κερκετίνης.

Μεταβολή αντικειμενικού χρώματος δειγμάτων μπανάνας

3^η Σειρά μετρήσεων

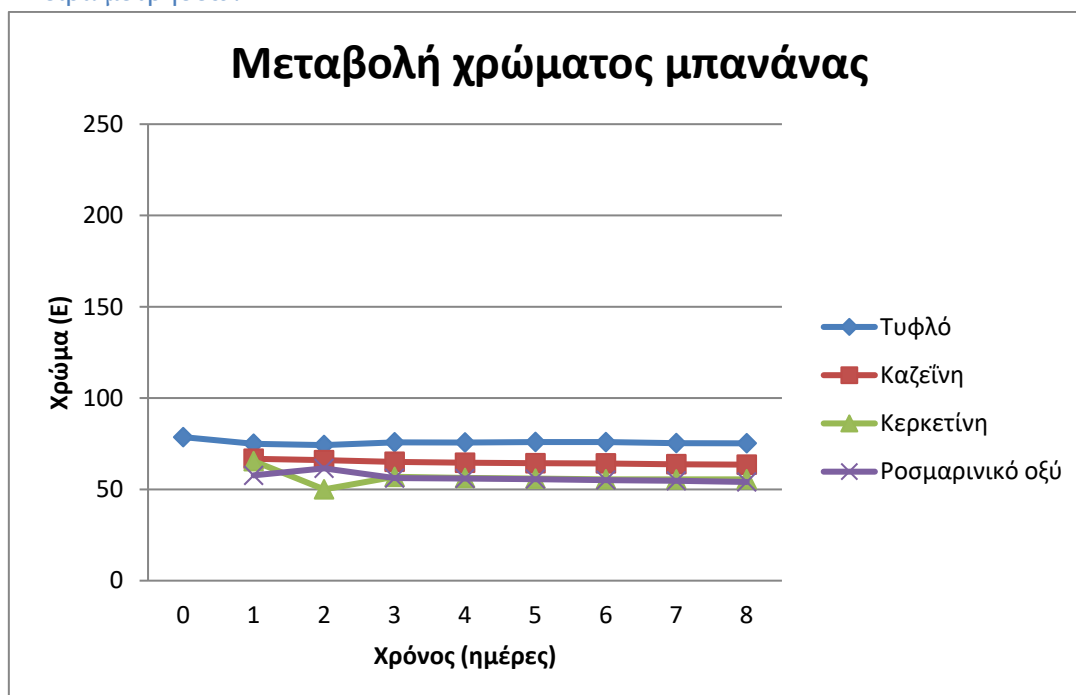


Διάγραμμα 39. Ολική μεταβολή χρώματος δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και αντιοξειδωτικά.

Γίνεται αντιληπτή η καθοδική πορεία του χρώματος των δειγμάτων μπανάνας σχεδόν σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης. Μεγαλύτερη μεταβολή χρώματος από την αρχή έως την όγδοη ημέρα μετρήσεων παρουσιάζει το δείγμα με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και ροσμαρινικό οξύ, ενώ μικρότερη αυτό που περιέχει κιτρικό οξύ και

πηκτίνη. Αναμενόμενο αποτέλεσμα για το δείγμα με πηκτίνη και ροσμαρινικό οξύ, αφού και κατά τη διάρκεια των πειραμάτων φαινόταν το πιο σκούρο χρώμα του.

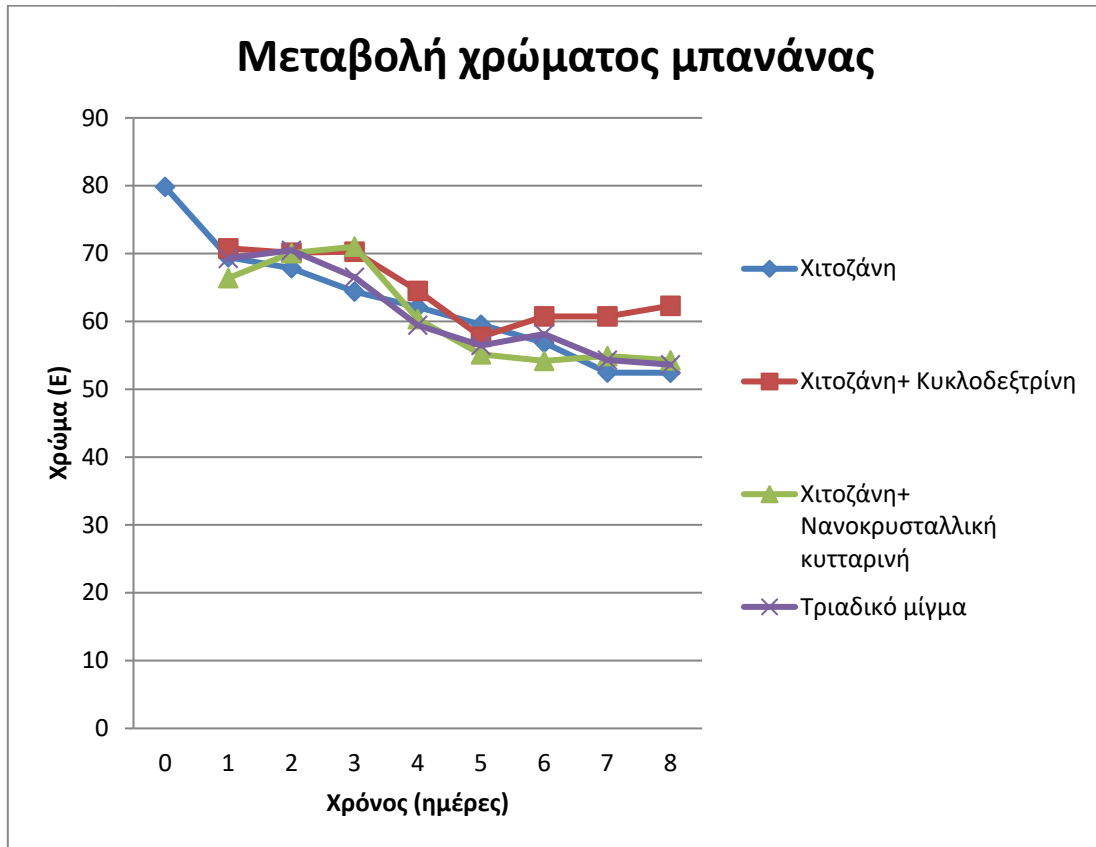
4^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 40. Ολική μεταβολή χρώματος δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και αντιοξειδωτικά.

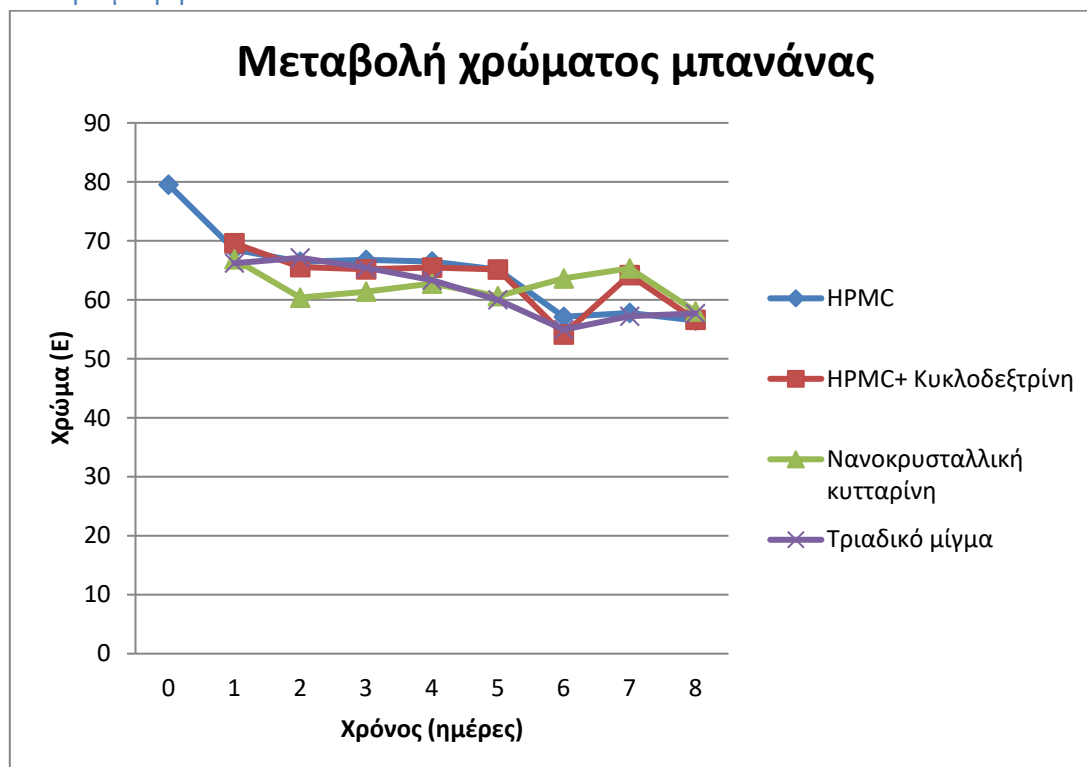
Παρατηρείται μια υποβάθμιση του χρώματος των δειγμάτων μπανάνας, με το δείγμα με καζεΐνη και κερκετίνη να έχει τη μεγαλύτερη μεταβολή έως το πέρας των πειραμάτων και το τυφλό τη μικρότερη.

Στατιστικά σημαντική επίδραση στο χρώμα των δειγμάτων για τις σειρές μετρήσεων 3 και 4, είχαν τόσο ο χρόνος αποθήκευσης, όσο και το είδος της μεμβράνης και του αντιοξειδωτικού. Η μεταβολή μειώνεται με το χρόνο αποθήκευσης και με χρήση της μεμβράνης καζεΐνης. Αντίθετα, παρατηρείται μείωση χωρίς τη χρήση κάποιου αντιοξειδωτικού.



Διάγραμμα 41. Ολική μεταβολή χρώματος δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με χιτοζάνη, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

Η μεταβολή του χρώματος όλων των δειγμάτων μπανάνας παρουσιάζει μείωση με το χρόνο, με εξαίρεση το δείγμα με χιτοζάνη και κυκλοδεξτρίνη, του οποίου η καμπύλη μετά την πέμπτη ημέρα αποθήκευσης έχει ανοδική πορεία. Ενδεχομένως το τελευταίο οφείλεται σε πειραματικό λάθος.



Διάγραμμα 42. Ολική μεταβολή χρώματος δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με HPMC, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

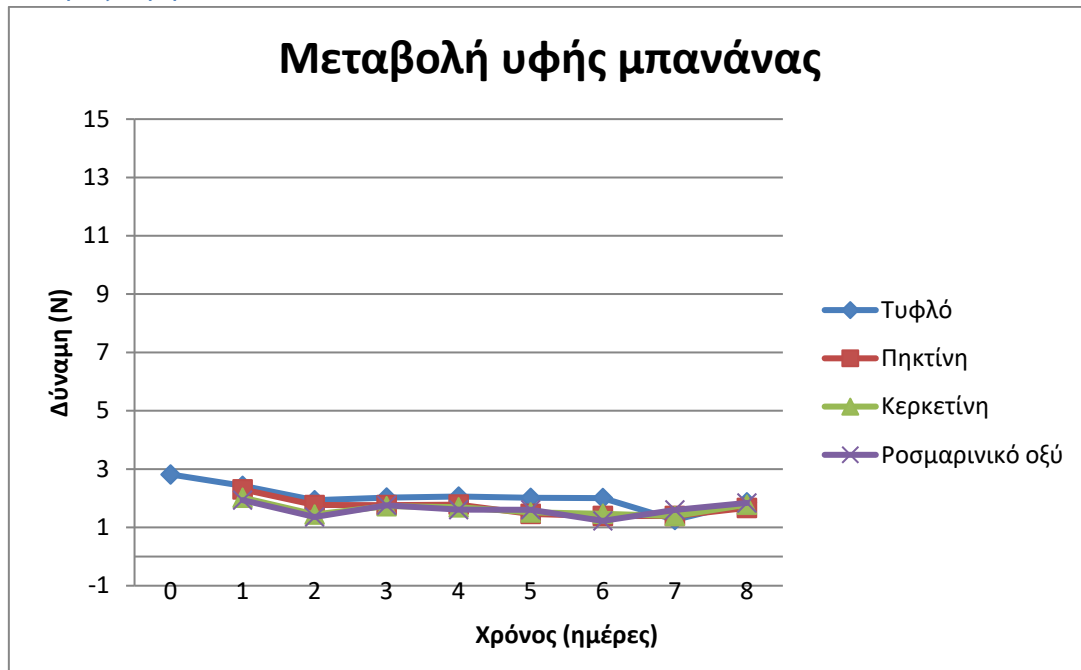
Με εξαίρεση την έβδομη ημέρα πειραμάτων, παρατηρείται μία υποβάθμιση του χρώματος σε όλα τα δείγματα. Μεγαλύτερη μεταβολή παρουσιάζει το δείγμα με HPMC και μικρότερη αυτό με HPMC και κυκλοδεξτρίνη. Η πρώτη μέτρηση του δείγματος με HPMC είναι ιδιαίτερα υψηλή και προφανώς οφείλεται στο συγκεκριμένο δείγμα ή σε πειραματικό λάθος.

Η στατιστική επεξεργασία των σειρών μετρήσεων 7 και 8 έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση στο χρώμα των δειγμάτων μόνο του χρόνου αποθήκευσης. Παρατηρήθηκε μείωση της μεταβολής με τον χρόνο και αύξησή της χωρίς χρήση προσθέτου υλικού μεμβράνης ή με χρήση κυκλοδεξτρίνης.

Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση, υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση στο αντικειμενικό χρώμα όλων των δειγμάτων μπανάνας, τόσο του χρόνου αποθήκευσης των δειγμάτων, όσο και του είδους της μεμβράνης και του αντιοξειδωτικού που χρησιμοποιείται. Το Test Duncan έδειξε μείωση της μεταβολής του χρώματος των δειγμάτων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Τα τυφλά δείγματα όπως και αυτά χωρίς πρόσθετα υλικά μεμβρανών διέφεραν, έχοντας μεγαλύτερη μεταβολή χρώματος.

Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων μπανάνας

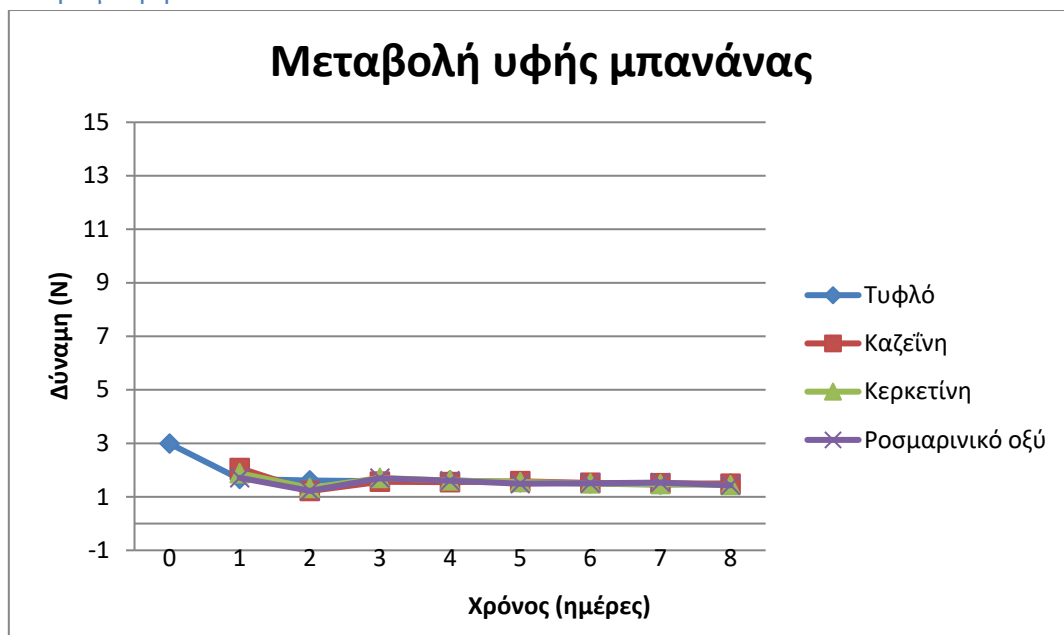
3^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 43. Μεταβολή υφής δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και αντιοξειδωτικά.

Η σκληρότητα των δειγμάτων μπανάνας παρουσιάζει μία μικρή μείωση, με εξαίρεση την όγδοη ημέρα, στην οποία υπάρχει μία απότομη αύξηση, πιθανότατα οφειλόμενη σε διακύμανση της σύστασης των δειγμάτων ή σε πειραματικό σφάλμα.

4^η Σειρά μετρήσεων

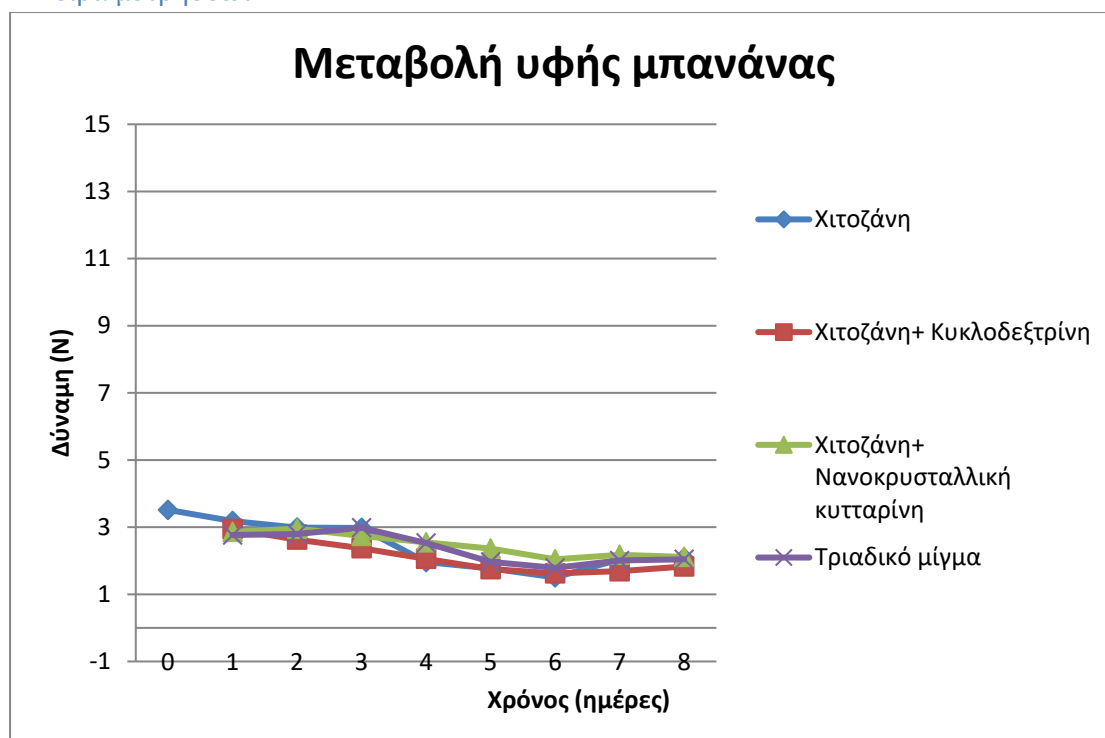


Διάγραμμα 44. Μεταβολή υφής δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και αντιοξειδωτικά.

Παρατηρείται μία ελαφρώς καθοδική τάση της τιμής της σκληρότητας των δειγμάτων μπανάνας, με εξαίρεση την τρίτη ημέρα αποθήκευσης για όλα τα δείγματα πλην του τυφλού. Μεγαλύτερη μεταβολή στην υφή παρουσιάζει το τυφλό δείγμα, ενώ αυτό με την καζεΐνη και το ροσμαρινικό οξύ έχει τη μικρότερη έως την όγδοη ημέρα αποθήκευσης. Γενικά φαίνεται ότι η σκληρότητα όλων των δειγμάτων σταθεροποιείται από την πέμπτη ημέρα και έπειτα.

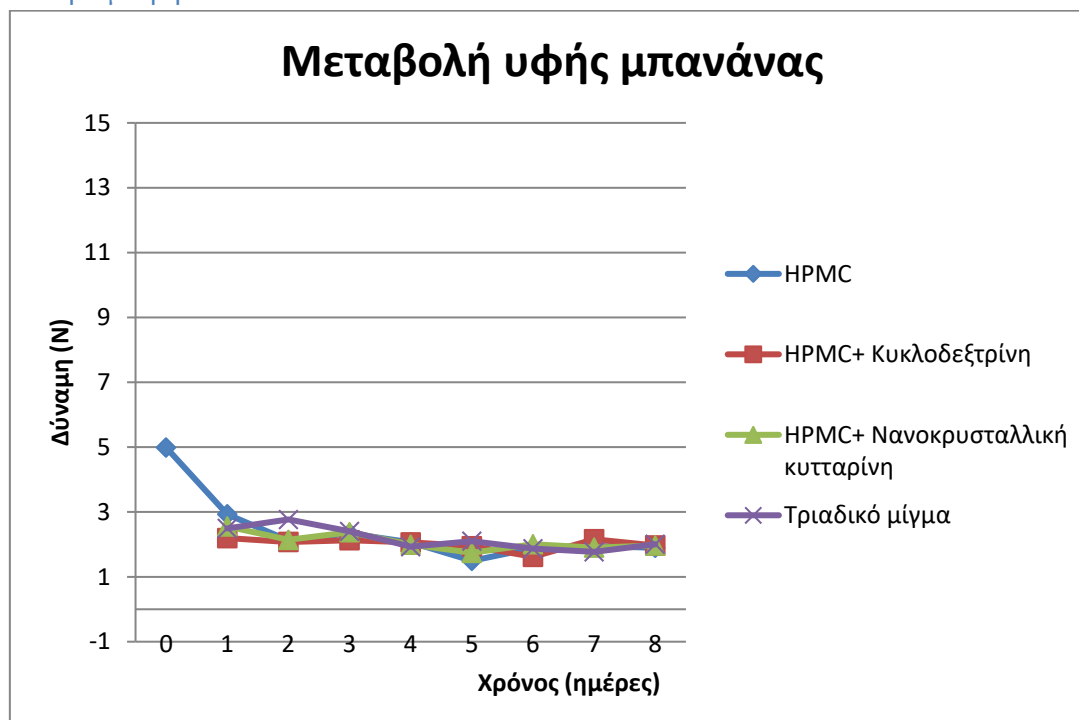
Η στατιστική ανάλυση στις σειρές 3 και 4 έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση του χρόνου αποθήκευσης και του είδους της μεμβράνης στη μεταβολή της υφής των δειγμάτων. Επίσης παρατηρήθηκε αυξημένη μεταβολή την πρώτη ημέρα και στο πρώτο τυφλό δείγμα.

7^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 45. Ολική μεταβολή σκληρότητας των δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με χιτοζάνη, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

Αναφορικά με τη σκληρότητα των δειγμάτων, με βάση το διάγραμμα 45 αυτή μειώνεται με το χρόνο αποθήκευσης, με το δείγμα με χιτοζάνη να έχει τη μεγαλύτερη μεταβολή και αυτό με χιτοζάνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη να έχει τη μικρότερη.



Διάγραμμα 46. Μεταβολή υφής δειγμάτων μπανάνας κατά την επικάλυψή τους με HPMC, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

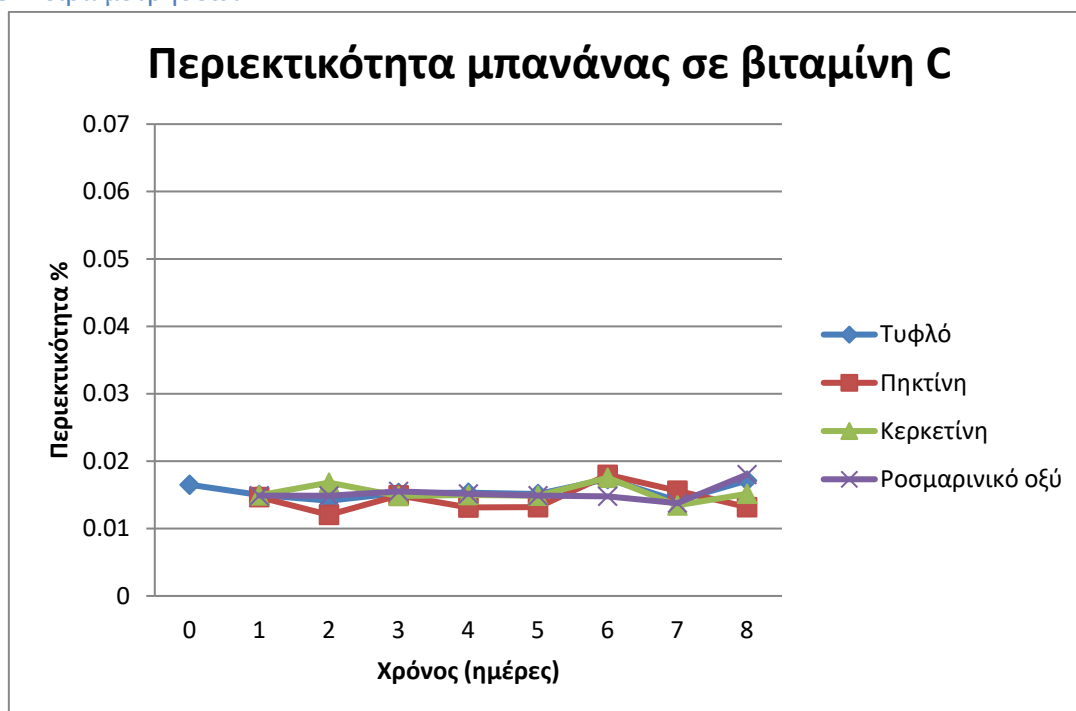
Παρατηρείται μια μικρή μείωση της σκληρότητας όλων των δειγμάτων, με εξαίρεση την απότομη μείωση της σκληρότητας του δείγματος με HPMC την πρώτη ημέρα αποθήκευσης. Η μεγάλη αρχική τιμή σκληρότητας του δείγματος με HPMC πιθανότατα οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα. Μεγαλύτερη μεταβολή παρουσιάζει το δείγμα με HPMC και μικρότερη αυτό με HPMC και κυκλοδεξτρίνη.

Υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση όλων των εξεταζόμενων παραγόντων στην τιμή της υφής των δειγμάτων για τις σειρές μετρήσεων 7 και 8, ενώ παρατηρείται αυξημένη τιμή για χρόνους αποθήκευσης έως τριών ημερών και για χρήση χιτοζάνης.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση στην υφή όλων των δειγμάτων μπανάνας μόνο του χρόνου αποθήκευσης και του είδους της μεμβράνης. Το είδος του αντιοξειδωτικού αντιθέτως, δεν επέδρασε σημαντικά στη μεταβολή της υφής των δειγμάτων. Τα δείγματα με χιτοζάνη παρουσίασαν μεγαλύτερη μεταβολή της υφής, ενώ αυτά με ροσμαρινικό οξύ και κερκετίνη διέφεραν, δείχνοντας μικρότερες μεταβολές.

Περιεκτικότητα δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C

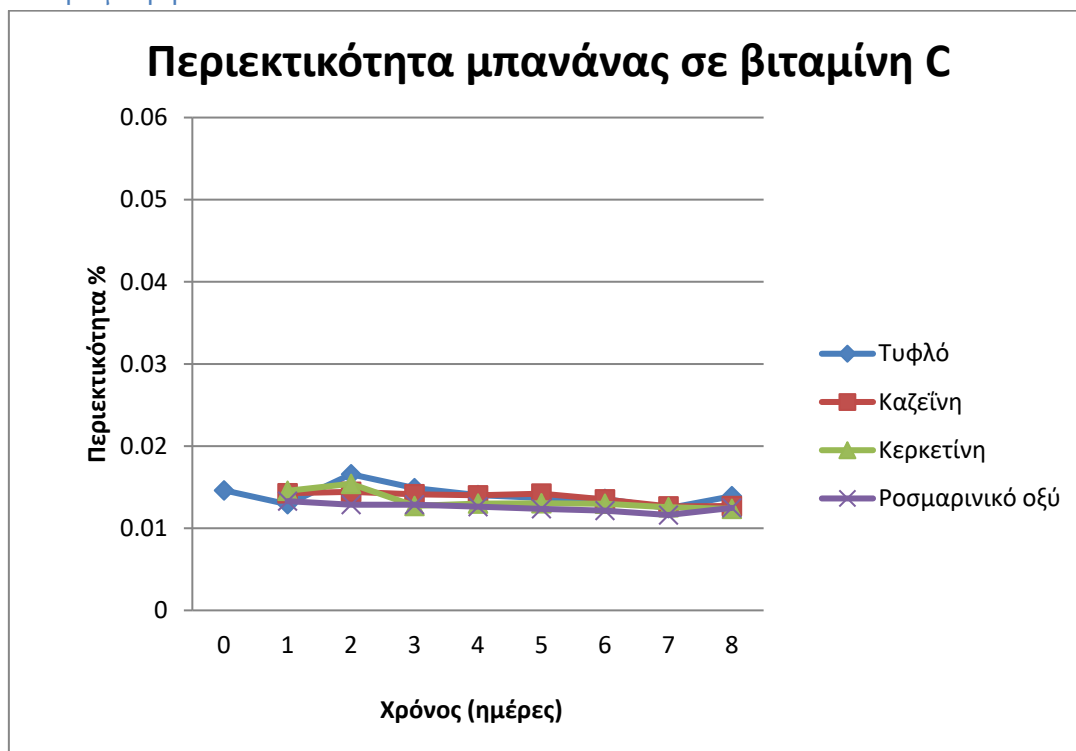
3^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 47. Περιεκτικότητα δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και αντιοξειδωτικά.

Δεν παρατηρούνται ιδιαίτερες διακυμάνσεις στην περιεκτικότητα των δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C. Μεγαλύτερη αύξηση από την αρχή έως το πέρας των μετρήσεων παρουσιάζει το δείγμα με πηκτίνη και ροσμαρινικό οξύ, ενώ μικρότερη αυτό με την πηκτίνη και την κερκετίνη.

4^η Σειρά μετρήσεων

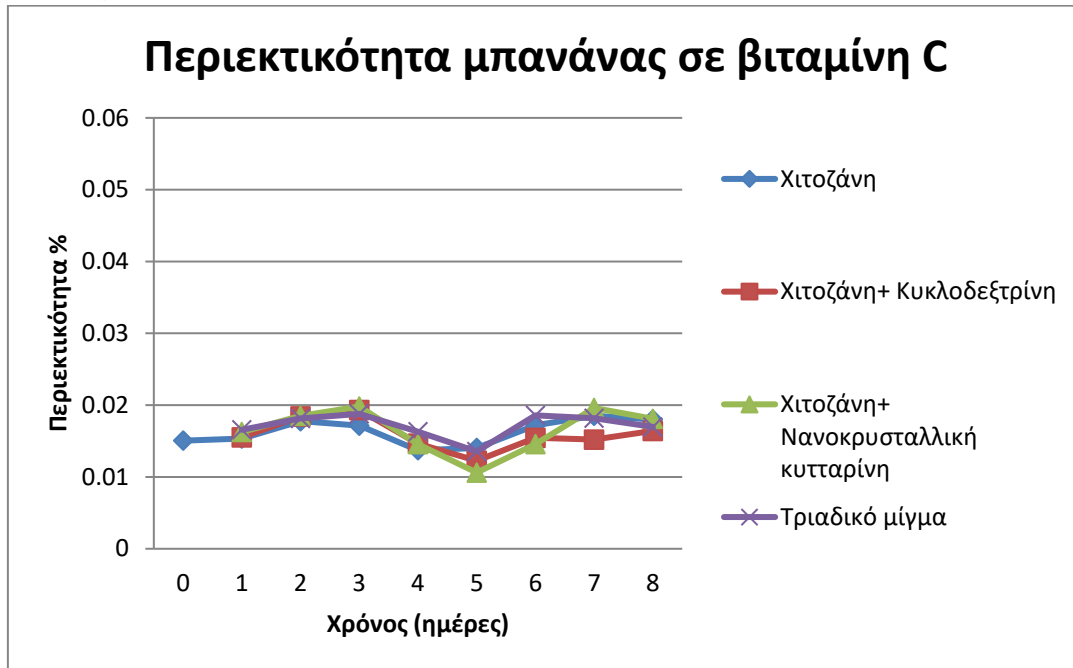


Διάγραμμα 48. Περιεκτικότητα δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C κατά την επικάλυψή τους με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και αντιοξειδωτικά.

Παρατηρείται μια γενική μείωση της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C όλων των δειγμάτων μπανάνας. Μεγαλύτερη μείωση έως το τέλος των μετρήσεων παρουσιάζει το δείγμα με καζεΐνη και κερκεΐνη και μικρότερη το τυφλό δείγμα. Φαίνεται οι μεμβράνες να μη συνέβαλαν ουσιαστικά στη διατήρηση της ποσότητας βιταμίνης C των δειγμάτων.

Για τις δύο παραπάνω σειρές, αναφορικά με την περιεκτικότητα των δειγμάτων σε βιταμίνη C, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση μόνο του είδους της μεμβράνης.

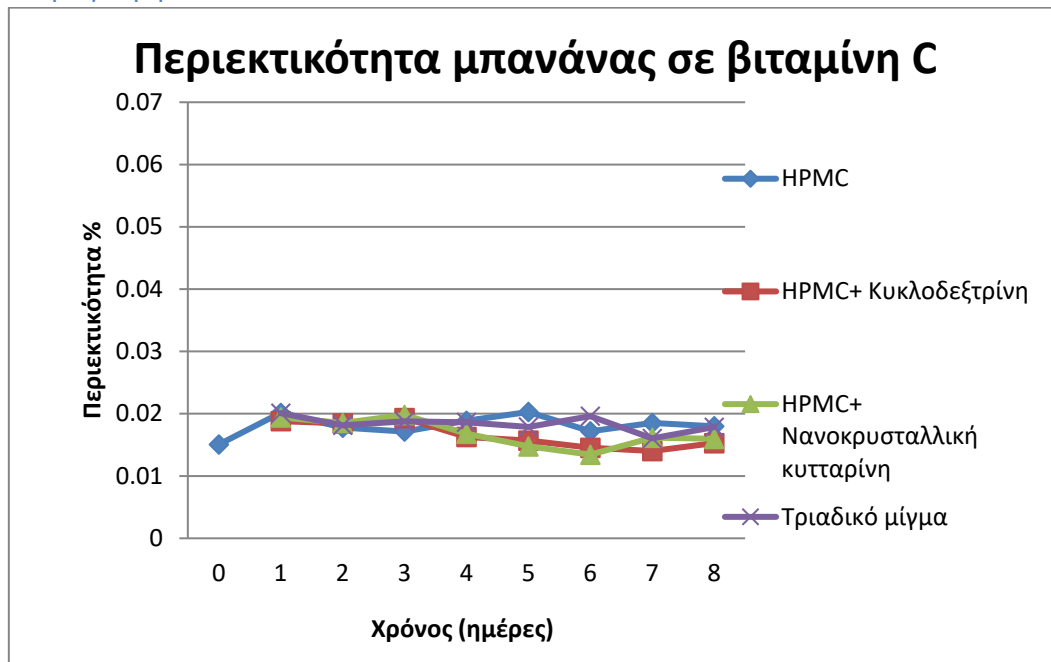
7^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 49. Περιεκτικότητα δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C κατά την επικάλυψή τους με χιτοζάνη, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

Η περιεκτικότητα των δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C παρουσιάζει αρχικά αύξηση έως την τρίτη ημέρα αποθήκευσης, στη συνέχεια μείωση έως την πέμπτη ημέρα και μετά πάλι αύξηση, κάτι που ενδεχομένως αποδίδεται σε διακυμάνσεις της σύστασης των δειγμάτων.

8^η Σειρά μετρήσεων



Διάγραμμα 50. Περιεκτικότητα δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C κατά την επικάλυψή τους με HPMC, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

Με βάση το διάγραμμα 50, η περιεκτικότητα όλων των δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις σε όλη τη διάρκεια των πειραμάτων. Μικρότερη μεταβολή έχει το δείγμα με το τριαδικό μίγμα μεμβρανών και μεγαλύτερη το δείγμα με ΗPMC.

Η στατιστική επεξεργασία των σειρών μετρήσεων 7 και 8, έδειξε στατιστικά σημαντική επίδραση στην περιεκτικότητα των δειγμάτων σε βιταμίνη C, τόσο του χρόνου αποθήκευσης, όσο και του είδους της μεμβράνης. Επίσης παρατηρήθηκαν αυξημένες τιμές με χρήση ΗPMC.

Όπως και στην εξέταση της μεταβολής του βάρους και της σκληρότητας των δειγμάτων μπανάνας, έτσι και σε ό,τι αφορά την περιεκτικότητα σε βιταμίνη C, μόνο το είδος αντιοξειδωτικού δεν επιδρά σημαντικά. Αντιθέτως, ο χρόνος αποθήκευσης και το είδος της μεμβράνης έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση. Το Duncan Test δεν έδειξε μεγάλες μεταβολές στις τιμές της περιεκτικότητας των δειγμάτων σε βιταμίνη C, όπως αναμενόταν. Τα δείγματα με χιτοζάνη και ΗPMC διέφεραν, παρουσιάζοντας μεγαλύτερες τιμές, όπως και αυτά με ροσμαρινικό οξύ και κερκετίνη, τα οποία παρουσίασαν μικρότερες τιμές περιεκτικότητας βιταμίνης C.

Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων μπανάνας

Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου των δειγμάτων μπανάνας με χρησιμοποίηση κιτρικού οξέος, απλών ή σύνθετων μεμβρανών.

3^η Σειρά μετρήσεων

Πίνακας 25. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τυφλού δείγματος μπανάνας.

ΤΥΦΛΟ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	9	8	8	7	7	6	6	5	5	
	Αλλοιωμένο	0	1	1	2	2	3	3	4	4	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	8	8	8	8	8	7	7	7	
	Ομοιογενής	8	7	7	7	7	7	7	7	7	
	Λιπαρότητα	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	8	8	8	8	7	7	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	1	1	1	1	2	2	
Γεύση	Γλυκιά	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	6	6	6	6	6	7	7	7	7	
	Μαλακή	5	5	5	5	4	4	4	4	4	
	Λιπαρή	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	6	6	6	6	6	7	7	7	7	
	Μαλακή	5	5	5	5	5	6	6	6	6	
	Λιπαρή	2	2	2	2	2	3	3	3	3	
Μετάγευση		9	8	8	8	8	7	7	7	7	
Συνολική εκτίμηση		9	8	8	8	7	7	6	6	6	

Πίνακας 26. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με κιτρικό οξύ και πηκτίνη.

ΠΗΚΤΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	9	8	8	7	7	7	6	5	5	
	Αλλοιωμένο	0	1	1	2	2	2	3	4	4	
Εμφάνιση	Επίτεδη	9	8	8	8	7	7	7	6	6	
	Ομοιογενής	8	7	7	7	7	6	6	6	6	
	Λυπαρότητα	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Οσμή	Κανονική	9	8	8	8	8	8	8	8	8	
	Αλλοιωμένη	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
Γεύση	Γλυκιά	9	8	8	8	8	8	8	8	8	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	8	8	8	8	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	6	6	6	6	7	7	7	7	7	
	Μαλακή	5	5	5	5	4	4	4	4	4	
	Λυπαρή	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	Μαλακή	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	Λυπαρή	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
Μετάγευση		9	8	8	8	8	7	7	7	7	
Συνολική εκτίμηση		9	9	8	8	8	7	6	6	6	

Πίνακας 27. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και κερκετίνη.

ΚΕΡΚΕΤΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	9	7	7	6	5	5	4	3	2	
	Αλλοιωμένο	0	2	2	3	4	4	5	6	7	
Εμφάνιση	Επίτεδη	9	8	8	7	7	7	7	6	6	
	Ομοιογενής	8	7	7	6	6	6	5	5	5	
	Λυπαρότητα	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
Οσμή	Κανονική	9	8	7	7	7	6	6	5	5	
	Αλλοιωμένη	0	1	2	2	2	3	3	4	4	
Γεύση	Γλυκιά	8	8	8	7	7	7	7	6	6	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	8	8	8	7	7	6	6	6	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	6	6	6	6	6	5	5	5	5	
	Μαλακή	5	5	5	5	5	6	6	6	6	
	Λυπαρή	3	3	3	3	3	4	4	4	4	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	6	6	6	6	6	5	5	5	5	
	Μαλακή	5	5	5	5	6	6	6	6	6	
	Λυπαρή	2	2	2	2	2	2	3	3	3	
Μετάγευση		9	8	8	8	7	7	7	7	6	
Συνολική εκτίμηση		8	8	7	7	7	6	6	5	5	

Πίνακας 28. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με κιτρικό οξύ, πηκτίνη και ροσμαρινικό οξύ.

ΡΟΣΜΑΡΙΝΙΚΟ ΟΞΥ		Σημειώστε										Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8		
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	7	6	6	5	5	4	3	2	1	Εμφανής αλλοίωση χρώματος	
	Αλλοιωμένο	2	3	3	4	4	5	6	7	8		
Εμφάνιση	Επίπεδη	8	8	8	7	7	6	6	5	5		
	Ομοιογενής	7	7	7	6	6	6	6	5	5		
	Λυπαρότητα	3	3	3	3	4	4	4	4	4		
Οσμή	Κανονική	8	8	6	6	6	6	5	5	5		
	Αλλοιωμένη	1	1	3	3	3	3	4	4	4		
Γεύση	Γλυκιά	9	8	8	8	8	7	7	7	7		
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Όξινη	0	1	1	1	1	1	1	1	1		
	Ευχάριστη	9	8	8	8	7	7	6	5	5		
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
	Μαλακή	6	6	6	6	6	7	7	7	7		
	Λυπαρή	4	4	4	4	5	5	5	6	6		
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	5	5	5	5	5	4	4	4	4		
	Μαλακή	6	6	6	6	6	7	7	7	7		
	Λυπαρή	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
Μετάγευση		8	8	7	7	7	7	7	6	6		
Συνολική εκτίμηση		7	7	6	6	5	5	4	4	4		

Όπως και στον οργανοληπτικό έλεγχο των δειγμάτων αβοκάντο, παρατηρείται υποβάθμιση των χαρακτηριστικών για τα δείγματα με ροσμαρινικό οξύ και κερκετίνη και λιγότερο για το τυφλό και για αυτό με την πηκτίνη. Επίσης στο δείγμα με ροσμαρινικό οξύ φαίνεται περισσότερο η αλλοίωση του χρώματος των δειγμάτων από την αρχή των μετρήσεων.

4^η Σειρά μετρήσεων

Πίνακας 29. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τυφλού δείγματος μπανάνας.

ΤΥΦΛΟ		Σημειώστε										Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8		
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	9	9	8	8	7	6	6	5	5		
	Αλλοιωμένο	0	0	1	1	2	3	3	4	4		
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	8	8	8	8	7	7	7		
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	8	8	8	8		
	Λυπαρότητα	2	2	2	2	2	3	3	3	3		
Οσμή	Κανονική	9	9	9	8	8	8	8	7	7		
	Αλλοιωμένη	0	0	0	1	1	1	1	2	2		
Γεύση	Γλυκιά	9	9	9	9	9	8	8	8	8		
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	8	8	8	8		
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	6	6	6	6	6	7	7	7	7		
	Μαλακή	5	5	5	5	5	4	4	4	4		
	Λυπαρή	3	3	3	2	2	2	2	2	2		
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	6	6	6	7	7	7	7	7	7		
	Μαλακή	5	5	5	5	5	4	4	4	4		
	Λυπαρή	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Μετάγευση		9	9	9	9	8	8	8	8	8		
Συνολική εκτίμηση		9	9	8	8	7	7	6	6	6		

Πίνακας 30. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με κιτρικό οξύ και καζεΐνη.

ΚΑΖΕΪΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	9	9	8	7	7	6	6	5	5	
	Αλλοιωμένο	0	0	1	2	2	3	3	4	4	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
	Ομοιογενής	8	8	8	7	7	7	7	7	7	
	Λυπαρότητα	2	2	2	3	3	3	3	3	3	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
Γεύση	Γλυκιά	9	9	8	8	8	7	7	6	6	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	8	8	7	6	6	6	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	6	6	6	6	6	6	7	7	7	
	Μαλακή	5	5	5	5	5	4	4	4	4	
	Λυπαρή	3	3	3	3	3	3	2	2	2	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	6	6	6	6	6	7	7	7	7	
	Μαλακή	5	5	5	5	5	4	4	4	4	
	Λυπαρή	3	3	3	3	3	3	2	2	2	
Μετάγευση		9	9	9	9	8	8	8	8	8	
Συνολική εκτίμηση		9	8	8	8	7	7	7	6	6	

Πίνακας 31. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και κερκετίνη.

ΚΕΡΚΕΤΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	8	8	7	6	5	4	3	2	1	
	Αλλοιωμένο	1	1	2	3	4	5	6	7	8	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	8	8	8	7	7	7	6	
	Ομοιογενής	8	8	7	7	6	6	6	5	5	
	Λυπαρότητα	3	3	3	3	4	4	4	4	4	
Οσμή	Κανονική	8	7	7	6	6	6	6	5	5	
	Αλλοιωμένη	1	2	2	3	3	3	3	4	4	
Γεύση	Γλυκιά	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	6	6	6	6	6	5	5	5	5	
	Μαλακή	5	5	5	6	6	6	6	6	6	
	Λυπαρή	3	3	3	3	3	4	4	4	4	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	6	6	6	6	6	5	5	5	5	
	Μαλακή	5	5	5	5	6	6	6	6	6	
	Λυπαρή	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Μετάγευση		9	9	8	8	8	8	7	7	7	
Συνολική εκτίμηση		8	7	6	6	5	5	4	4	4	

Πίνακας 32. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με κιτρικό οξύ, καζεΐνη και ροσμαρινικό οξύ.

ΡΟΣΜΑΡΙΝΙΚΟ ΟΞΥ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	8	8	7	6	5	4	3	2	2	
	Αλλοιωμένο	1	1	2	3	4	5	6	7	7	
Εμφάνιση	Επίπεδη	8	8	7	7	6	6	6	5	5	
	Ομοιογενής	8	7	7	6	6	6	6	5	5	
	Λυπαρότητα	3	3	3	3	3	3	4	4	4	
Οσμή	Κανονική	8	8	7	7	7	6	6	6	5	
	Αλλοιωμένη	1	1	2	2	2	3	3	3	4	
Γεύση	Γλυκιά	9	9	8	7	7	6	6	5	5	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	8	8	7	6	6	5	5	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	6	6	6	6	5	5	5	5	5	
	Μαλακή	5	5	5	5	6	6	6	6	6	
	Λυπαρή	3	3	3	3	3	3	4	4	4	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	6	6	6	5	5	5	5	5	5	
	Μαλακή	5	5	5	5	6	6	6	6	6	
	Λυπαρή	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Μετάγευση		9	9	8	8	8	7	7	6	6	
Συνολική εκτίμηση		7	7	6	6	6	5	5	4	4	

Όπως και στην 3^η σειρά μετρήσεων, τα δείγματα με κερκετίνη και ροσμαρινικό οξύ παρουσίασαν μεγαλύτερη αλλοίωση των χαρακτηριστικών τους.

7^η Σειρά μετρήσεων

Πίνακας 33. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με χιτοζάνη.

ΧΙΤΟΖΑΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	9	9	9	8	8	7	7	7	6	
	Αλλοιωμένο	0	1	1	2	2	2	3	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Λυπαρότητα	2	2	2	2	2	3	3	3	3	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
	Αλλοιωμένη	0	0	1	1	1	2	2	2	2	
Γεύση	Γλυκιά	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	8	8	8	8	7	7	7	7	7	
	Μαλακή	1	1	1	1	1	2	2	2	2	
	Λυπαρή	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	8	8	8	8	8	8	7	7	7	
	Μαλακή	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
	Λυπαρή	1	1	1	1	1	2	2	2	2	
Μετάγευση		9	9	9	9	8	8	7	7	7	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	8	8	7	7	7	6	

Πίνακας 34. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με χιτοζάνη και κυκλοδεξτρίνη.

ΚΥΚΛΟΔΕΞΤΡΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	9	9	9	8	8	7	7	7	7	
	Αλλοιωμένο	0	0	1	1	1	2	2	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	8	8	7	7	7	6	6	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
	Λιπαρότητα	2	2	3	3	4	4	4	5	5	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	9	8	8	8	7	7	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	1	1	1	2	2	2	
Γεύση	Γλυκιά	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	8	8	8	7	7	6	6	5	5	
	Μαλακή	1	1	2	2	3	3	4	4	4	
	Λιπαρή	1	1	1	2	2	3	3	4	4	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	8	8	7	7	6	6	5	5	5	
	Μαλακή	1	2	2	3	3	4	4	4	4	
	Λιπαρή	1	1	2	2	2	3	3	4	4	
Μετάγευση		9	9	9	8	8	8	7	7	7	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	8	8	8	8	7	7	

Πίνακας 35. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με χιτοζάνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

ΝΑΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	9	9	8	8	7	7	6	6	6	
	Αλλοιωμένο	0	0	1	1	2	2	2	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	8	8	7	7	7	7	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Λιπαρότητα	2	2	2	2	3	3	4	4	4	
Οσμή	Κανονική	9	9	8	8	8	7	7	6	6	
	Αλλοιωμένη	0	0	1	1	1	2	2	3	3	
Γεύση	Γλυκιά	9	9	9	9	8	8	8	7	7	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	1	1	2	2	2	2	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	8	8	8	7	7	7	6	6	6	
	Μαλακή	1	1	2	2	2	2	2	3	3	
	Λιπαρή	1	1	1	1	2	2	3	3	3	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	8	8	8	7	7	7	7	6	6	
	Μαλακή	1	1	1	1	2	2	3	3	3	
	Λιπαρή	1	1	1	2	2	2	3	3	3	
Μετάγευση		9	9	9	8	8	8	7	7	7	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	8	8	8	7	7	7	

Πίνακας 36. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με χιτοζάνη, κυκλοδεξτρίνη και ναοκρυσταλλική κυτταρίνη.

ΤΡΙΑΔΙΚΟ ΜΙΓΜΑ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	9	9	9	8	8	8	7	7	6	
	Αλλοιωμένο	0	1	1	2	2	2	3	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Λυπαρότητα	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
Οσμή	Κανονική	9	9	8	8	8	8	7	7	7	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	1	1	1	2	2	2	
Γεύση	Γλυκιά	9	9	9	8	8	7	7	6	6	
	Πικρή	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Όξινη	0	0	0	1	1	1	1	2	2	
	Ευχάριστη	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	8	8	8	8	7	7	7	7	7	
	Μαλακή	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
	Λυπαρή	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	8	8	8	8	7	7	7	7	7	
	Μαλακή	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
	Λυπαρή	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
Μετάγευση		9	9	9	8	8	8	7	7	7	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	8	8	8	8	8	8	

Σύμφωνα με τον οργανοληπτικό έλεγχο, το δείγμα με χιτοζάνη, κυκλοδεξτρίνη και ναοκρυσταλλική κυτταρίνη διατήρησε τα χαρακτηριστικά του περισσότερο σε σχέση με τα υπόλοιπα. Μεγαλύτερη υποβάθμιση φαίνεται να είχε το επικαλυμμένο μόνο με χιτοζάνη δείγμα.

8^η Σειρά μετρήσεων

Πίνακας 37. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με HPMC.

HPMC		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	9	9	9	8	8	7	7	6	6	
	Αλλοιωμένο	0	0	1	1	2	2	3	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Λυπαρότητα	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	1	1	1	2	2	2	
Γεύση	Γλυκιά	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
	Πικρή	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	8	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	8	8	8	8	8	7	7	7	6	
	Μαλακή	1	1	1	2	2	2	2	3	3	
	Λυπαρή	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	8	8	8	7	7	7	6	6	6	
	Μαλακή	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
	Λυπαρή	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
Μετάγευση		8	8	8	7	7	7	6	6	6	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	8	8	8	7	7	6	

Πίνακας 38. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με HPMC και κυκλοδεξτρίνη.

ΚΥΚΛΟΔΕΞΤΡΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	9	9	9	8	8	7	7	6	6	
	Αλλοιωμένο	0	0	0	1	1	2	2	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Λυπαρότητα	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	1	1	1	2	2	2	
Γεύση	Γλυκιά	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
	Πικρή	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	8	8	8	7	7	6	6	6	6	
	Μαλακή	1	1	1	2	2	2	3	3	3	
	Λυπαρή	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	8	8	8	7	7	7	6	6	6	
	Μαλακή	1	1	1	1	2	2	2	3	3	
	Λυπαρή	1	1	1	2	2	2	3	3	3	
Μετάγευση		8	8	8	7	7	7	6	6	6	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	9	8	8	7	7	7	

Πίνακας 39. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με HPMC και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

ΝΑΝΟΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	9	9	8	8	7	7	7	6	6	
	Αλλοιωμένο	0	0	1	1	2	2	3	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Λυπαρότητα	2	2	2	2	3	3	3	4	4	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	1	1	1	2	2	2	
Γεύση	Γλυκιά	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
	Πικρή	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9								8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	8	8	8	7	7	6	6	5	5	
	Μαλακή	1	1	2	3	3	3	3	4	4	
	Λυπαρή	1	1	1	2	2	2	3	3	3	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	8	8	7	7	6	6	5	5	5	
	Μαλακή	1	1	1	2	2	2	3	3	3	
	Λυπαρή	1	1	1	2	2	2	3	3	3	
Μετάγευση		8	8	7	7	7	6	6	6	6	
Συνολική εκτίμηση		9	9	9	8	8	8	8	8	8	

Πίνακας 40. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δείγματος μπανάνας με HPMC, κυκλοδεξτρίνη και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη.

ΤΡΙΑΔΙΚΟ ΜΙΓΜΑ		Σημειώστε									Παρατηρήσεις
Οργανοληπτικό χαρακτηριστικό		t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
Χρώμα	Λευκό (κανονικό)	9	9	9	8	7	7	7	6	6	
	Αλλοιωμένο	0	1	1	1	2	2	2	3	3	
Εμφάνιση	Επίπεδη	9	9	9	9	9	8	8	8	8	
	Ομοιογενής	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Λυπαρότητα	2	2	2	2	3	3	3	4	4	
Οσμή	Κανονική	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
	Αλλοιωμένη	0	0	0	1	1	1	2	2	2	
Γεύση	Γλυκιά	9	9	9	9	8	8	7	7	7	
	Πικρή	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
	Όξινη	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ευχάριστη	9								8	
Υφή (στο χέρι)	Σκληρή	8	8	8	8	7	7	6	6	6	
	Μαλακή	1	1	1	2	2	3	3	3	3	
	Λυταρή	1	1	1	2	2	2	2	2	2	
Υφή (στο στόμα)	Σκληρή	8	8	8	7	7	7	6	6	6	
	Μαλακή	1	1	1	1	1	2	2	2	2	
	Λυταρή	1	1	1	1	2	2	3	3	3	
Μετάγευση		8	8	8	7	7	7	6	6	6	

Το δείγμα με HPMC και νανοκρυσταλλική κυτταρίνη διατήρησε τα χαρακτηριστικά του περισσότερο από τα υπόλοιπα, ενώ αντίθετα το δείγμα με HPMC φαίνεται να εμφανίζει μεγαλύτερη υποβάθμιση.

Στατιστική επεξεργασία σειρών 1-4 και 5-8

Πραγματοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία των σειρών μετρήσεων 1-4 και 5-8, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά των δύο εξεταζόμενων φρούτων με χρήση ίδιων μεμβρανών, αντιοξειδωτικών και πρόσθετων υλικών μεμβρανών.

Σειρές μετρήσεων 1,2,3,4

Αναφορικά με τις σειρές 1-4, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή του βάρους των δειγμάτων, τόσο του χρόνου αποθήκευσης, όσο και του είδους του φρούτου. Παρατηρήθηκε επίσης αύξηση την τρίτη ημέρα αποθήκευσης αλλά και στις μετρήσεις των δειγμάτων αβοκάντο. Στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή της υγρασίας είχε μόνο το είδος μεμβράνης, όπου παρατηρήθηκαν διαφορές στα δείγματα με πηκτίνη και καζεΐνη, όπως και σε αυτά χωρίς χρήση αντιοξειδωτικού. Επιπλέον, όλοι οι εξεταζόμενοι παράγοντες είχαν σημαντική επίδραση στο αντικειμενικό χρώμα των δειγμάτων, με μεγαλύτερες μεταβολές στα δείγματα αβοκάντο και χωρίς τη χρήση κάποιου αντιοξειδωτικού. Επίσης παρατηρήθηκε μείωση της μεταβολής του χρώματος με το χρόνο και με τη χρήση καζεΐνης και πηκτίνης. Όσον αφορά την υφή των δειγμάτων, στατιστικά σημαντική επίδραση είχαν το είδος του φρούτου και το αντιοξειδωτικό, με αυξημένη μεταβολή να φαίνεται στα δείγματα μπανάνας και μειωμένη με χρήση ροσμαρινικού οξέος. Τέλος, το είδος του φρούτου και της μεμβράνης είχαν στατιστικά σημαντική επίδραση στην περιεκτικότητα των δειγμάτων σε βιταμίνη C. Τα δείγματα μπανάνας, το πρώτο τυφλό και αυτά χωρίς αντιοξειδωτικό, είχαν μεγαλύτερες τιμές.

Σειρές μετρήσεων 5,6,7,8

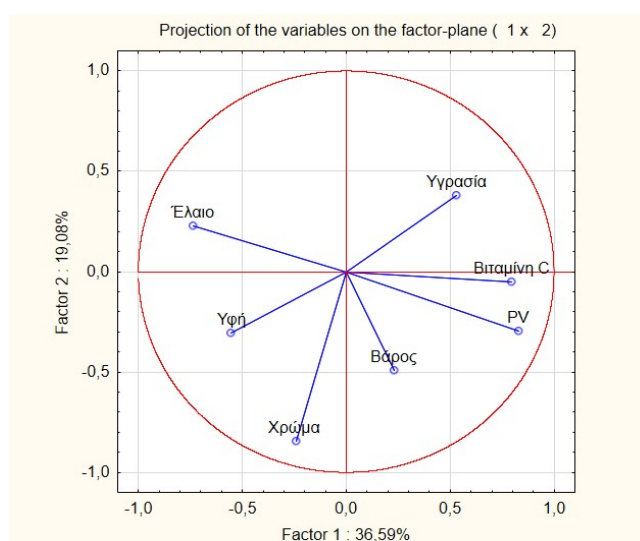
Στις σειρές 5-8, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή του βάρους των δειγμάτων, τόσο του χρόνου αποθήκευσης και του είδους της μεμβράνης, όσο και του είδους του φρούτου και της χρήσης πρόσθετων υλικών μεμβρανών. Παρατηρήθηκε μείωση της μεταβολής με το χρόνο και αύξησή της στα δείγματα αβοκάντο, με χρήση χιτοζάνης και χωρίς χρήση προσθέτων. Στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβολή της υγρασίας είχαν ο χρόνος αποθήκευσης και το είδος του φρούτου, ενώ παρατηρήθηκε μείωση της μεταβολής με τον χρόνο και αύξηση για τα δείγματα αβοκάντο. Επιπλέον, σημαντική επίδραση στο αντικειμενικό χρώμα των δειγμάτων είχε ο χρόνος αποθήκευσης. Παρατηρήθηκε μείωση της μεταβολής του χρώματος με το χρόνο και αύξησή της με χρήση κυκλοδεξτρίνης. Όσον αφορά την υφή των δειγμάτων, στατιστικά σημαντική επίδραση είχαν ο χρόνος αποθήκευσης, το είδος του φρούτου και της μεμβράνης, με αυξημένη μεταβολή να φαίνεται στα δείγματα μπανάνας και με χρήση χιτοζάνης. Τέλος, όλοι οι εξεταζόμενοι παράγοντες είχαν στατιστικά σημαντική επίδραση στην περιεκτικότητα των δειγμάτων σε βιταμίνη C. Τα δείγματα αβοκάντο και αυτά με HPMC είχαν τις μεγαλύτερες τιμές, ενώ η χρήση κυκλοδεξτρίνης έδωσε μικρότερες τιμές περιεκτικότητας σε βιταμίνη C.

Ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA)

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης κύριων συνιστωσών (PCA) για τα δείγματα αβοκάντο και μπανάνας, με χρήση διάφορων μεμβρανών, αντιοξειδωτικών και πρόσθετων υλικών μεμβρανών. Μελετάται η συμπεριφορά του ίδιου φρούτου ανάλογα με το είδος της μεμβράνης, αντιοξειδωτικού ή προσθέτου που χρησιμοποιείται και συγκρίνεται η συμπεριφορά των δύο φρούτων με ίδιες εφαρμοζόμενες μεμβράνες, αντιοξειδωτικά και πρόσθετα υλικά μεμβρανών.

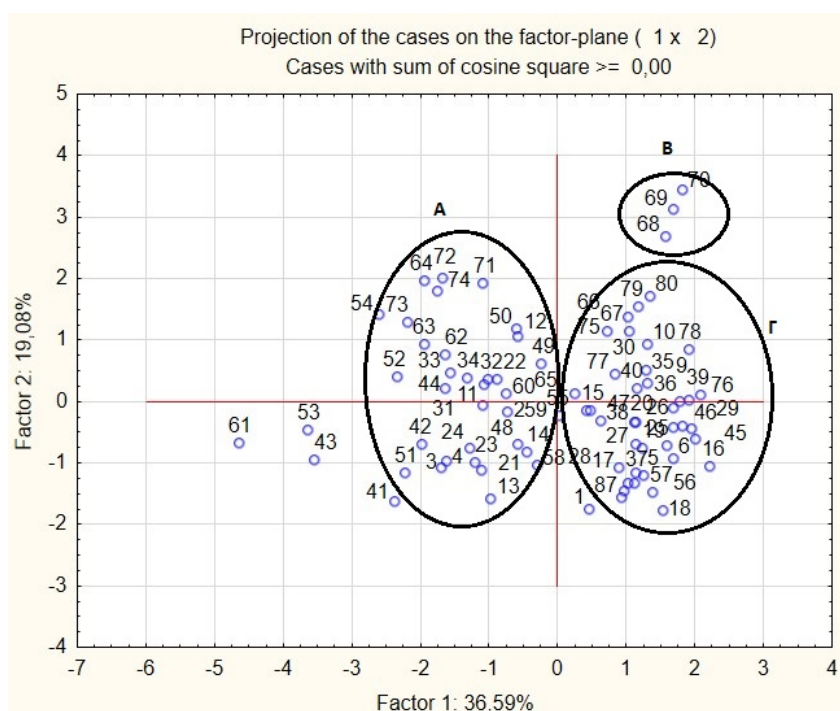
Σειρές μετρήσεων 1,2,5,6

Παρακάτω αναλύονται όλα τα δείγματα αβοκάντο.



Διάγραμμα 51. Διάγραμμα συσχετίσεων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων αβοκάντο με εδώδιμες απλές ή σύνθετες μεμβράνες, με χρήση ή όχι αντιοξειδωτικών και προσθέτων.

Από το διάγραμμα 51 φαίνεται ότι το πείραμα έχει δύο κύριες συνιστώσες, η πρώτη με ποσοστό συνεισφοράς 36,59% και η δεύτερη με 19,08%. Το άθροισμα των ποσοστών των δύο κύριων συνιστωσών είναι 55,67%, η μικρή τιμή του οποίου ίσως να οφείλεται στον μεγάλο αριθμό μετρούμενων ιδιοτήτων- δειγμάτων. Σημαντική συνεισφορά στην πρώτη κύρια συνιστώσα έχει ο αριθμός υπεροξειδίων (θετική) και το συνολικό ποσοστό ελαίου (αρνητική), καθώς και η περιεκτικότητα των δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C (θετική). Το αντικειμενικό χρώμα των δειγμάτων έχει σημαντική συνεισφορά (αρνητική) στη δεύτερη κύρια συνιστώσα. Τα χαρακτηριστικά που βρίσκονται αντιδιαμετρικά στο διάγραμμα έχουν αρνητική συσχέτιση, δηλαδή η συνολική ποσότητα ελαίου με τον αριθμό υπεροξειδίων και η σκληρότητα με την ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας.

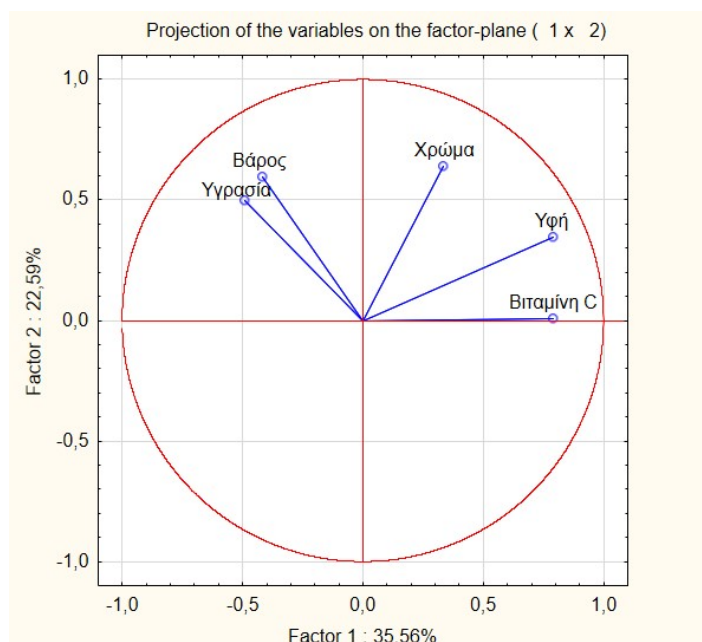


Διάγραμμα 52. Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων αβοκάντο με εδώδιμες απλές ή σύνθετες μεμβράνες, με χρήση ή όχι αντιοξειδωτικών και προσθέτων.

Η ομάδα που διακρίνεται στα αριστερά (A), αποτελείται κυρίως από δείγματα επικαλυμμένα με πηκτίνη και καζεΐνη, με ενσωμάτωση κάποιου αντιοξειδωτικού. Τα παραπάνω εμφανίζουν μικρότερους αριθμούς οξείδωσης ελαίου. Δεξιότερα επάνω, η ομάδα B αποτελείται από δείγματα με επικάλυψη HPMC με ενσωμάτωση κάποιου πρόσθετου υλικού μεμβράνης, ενώ πιο κάτω, η ομάδα Γ αποτελείται από δείγματα με επικάλυψη χιτοζάνης ή HPMC, με ενσωμάτωση κυκλοδεξτρίνης και ναοκρυσταλλικής κυτταρίνης. Τα δείγματα των δύο τελευταίων ομάδων παρουσιάζουν μικρότερες ποσοστιαίες μεταβολές, τόσο στο βάρος, όσο και στην υγρασία τους.

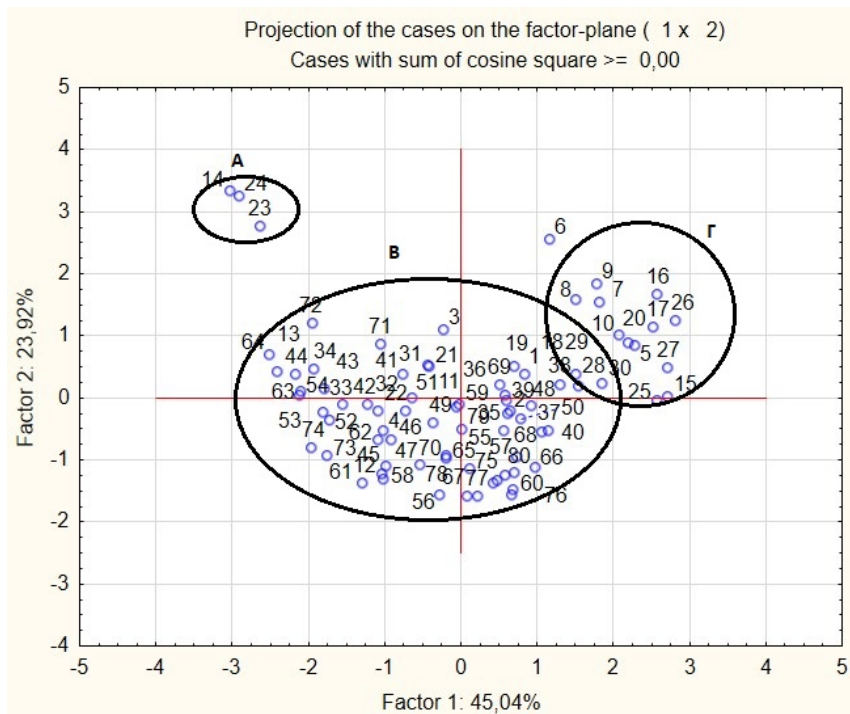
Σειρές μετρήσεων 3,4,7,8

Παρακάτω αναλύονται όλα τα δείγματα μπανάνας.



Διάγραμμα 53. Διάγραμμα συσχετίσεων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων μπανάνας με εδώδιμες απλές ή σύνθετες μεμβράνες, με χρήση ή όχι αντιοξειδωτικών και προσθέτων.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι το πείραμα έχει δύο κύριες συνιστώσες, η πρώτη με ποσοστό συνεισφοράς 35,56% και η δεύτερη με 22,59%. Το άθροισμα των ποσοστών των δύο κύριων συνιστωσών είναι 58,16%. Η υφή και η περιεκτικότητα των δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C, είναι τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται (θετικά) με την πρώτη κύρια συνιστώσα. Θετική συσχέτιση με τη δεύτερη κύρια συνιστώσα, φαίνεται να έχουν η ποσοστιαία μεταβολή του βάρους και το αντικειμενικό χρώμα των δειγμάτων.

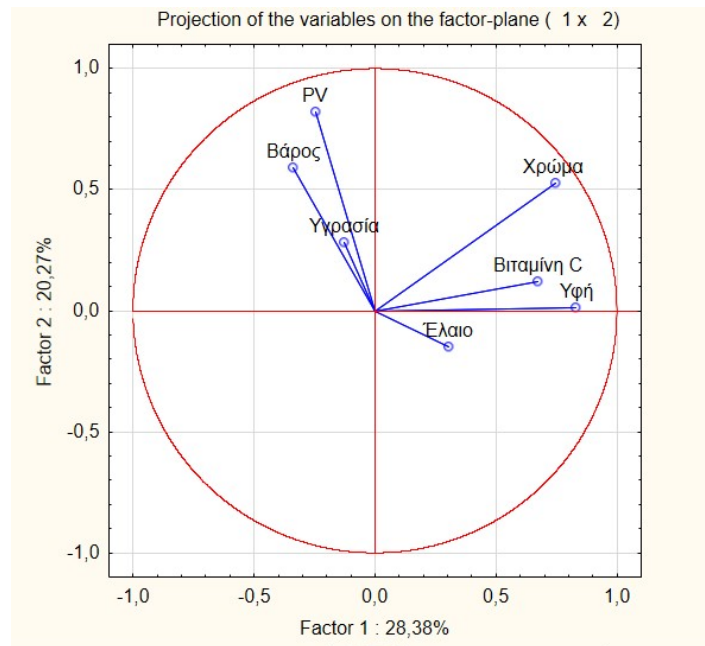


Διάγραμμα 54. Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων μπανάνας με εδώδιμες απλές ή σύνθετες μεμβράνες, με χρήση ή όχι αντιοξειδωτικών και προσθέτων.

Η ομάδα που διακρίνεται πάνω αριστερά (A), αποτελείται από δείγματα επικαλυμμένα με καζεΐνη, με ενσωμάτωση κάποιου αντιοξειδωτικού. Δεξιότερα, η ομάδα B αποτελείται από δείγματα με επικάλυψη HPMC και χιτοζάνης, με ενσωμάτωση κάποιου πρόσθετου υλικού μεμβράνης. Πιο δεξιά, η ομάδα Γ αποτελείται κυρίως από δείγματα με πηκτίνη και καζεΐνη, με ενσωμάτωση αντιοξειδωτικών. Τα δείγματα στις ομάδες A και Γ παρουσιάζουν μικρότερες μεταβολές στην ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας τους, ενώ αυτά της B ομάδας, παρουσιάζουν μεγαλύτερες διακυμάνσεις στην περιεκτικότητά τους σε βιταμίνη C.

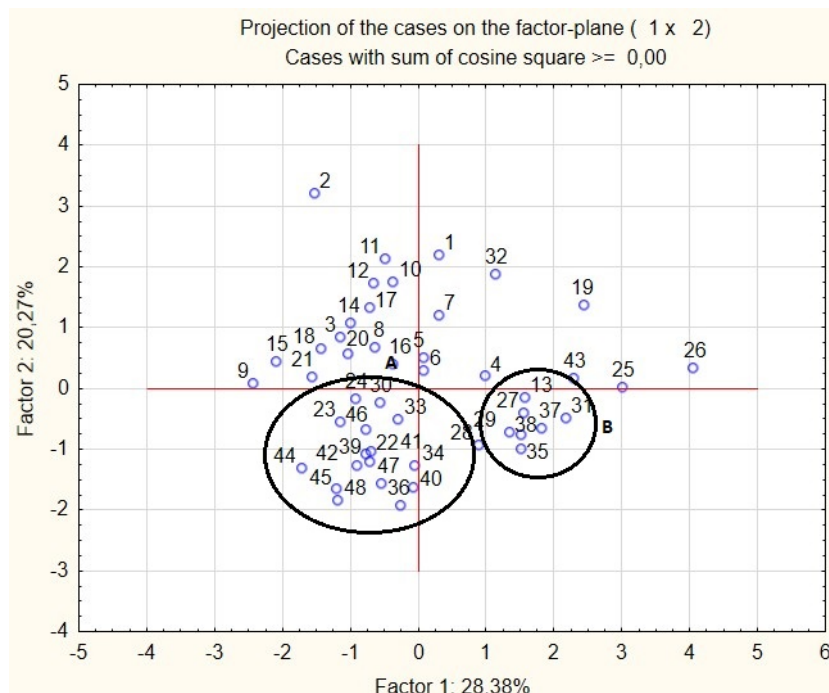
Σειρές μετρήσεων 1,2

Παρακάτω αναλύονται τα δείγματα αβοκάντο με κιτρικό οξύ, με χρήση πηκτίνης ή καζεΐνης και με προσθήκη ή μη αντιοξειδωτικού.



Διάγραμμα 55. Διάγραμμα συσχετίσεων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων αβοκάντο με απλές εδώδιμες μεμβράνες, με χρήση ή όχι αντιοξειδωτικών.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι το πείραμα έχει δύο κύριες συνιστώσες, η πρώτη με ποσοστό συνεισφοράς 28,38% και η δεύτερη με 20,27%. Το άθροισμα των ποσοστών των δύο κύριων συνιστωσών είναι 48,65%, η μικρή τιμή του οποίου ίσως οφείλεται στο μεγάλο αριθμό δειγμάτων/μετρήσεων. Η υφή, σχετίζεται (θετικά) με την πρώτη κύρια συνιστώσα. Ο αριθμός υπεροξειδίων του ελαίου σχετίζεται (θετικά) με την δεύτερη κύρια συνιστώσα.

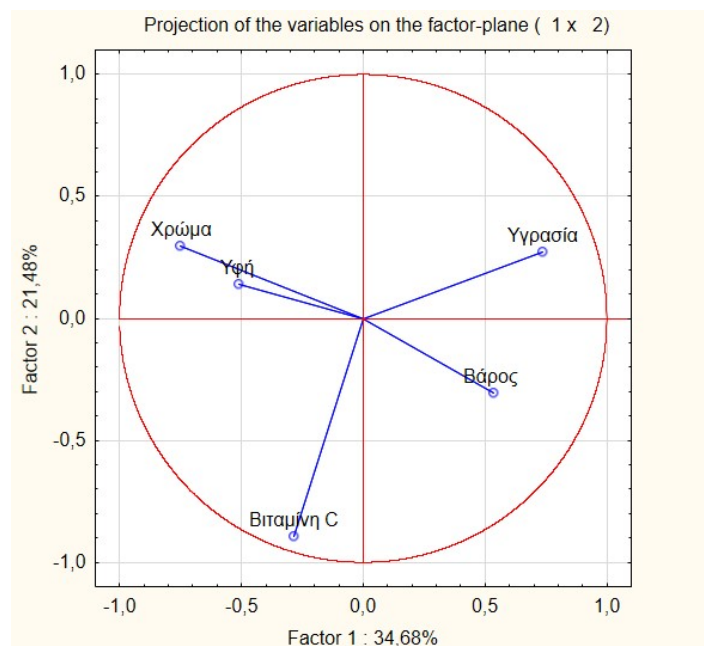


Διάγραμμα 56. Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων αβοκάντο με απλές εδώδιμες μεμβράνες, με χρήση ή όχι αντιοξειδωτικών.

Στο παραπάνω διάγραμμα, η ομάδα που διακρίνεται κάτω αριστερά (A), αποτελείται κυρίως από τα δείγματα αβοκάντο με επικάλυψη καζεΐνης, η οποία συντέλεσε στη σταθερότητα των δειγμάτων όσον αφορά την περιεκτικότητά τους σε βιταμίνη C. Δεξιότερα διακρίνεται η ομάδα B, η οποία αποτελείται από δείγματα με επικάλυψη πηκτίνης, με ενσωμάτωση ή μη αντιοξειδωτικού, τα οποία διατηρούν καλύτερα το αντικειμενικό χρώμα τους και την περιεκτικότητά τους σε βιταμίνη C.

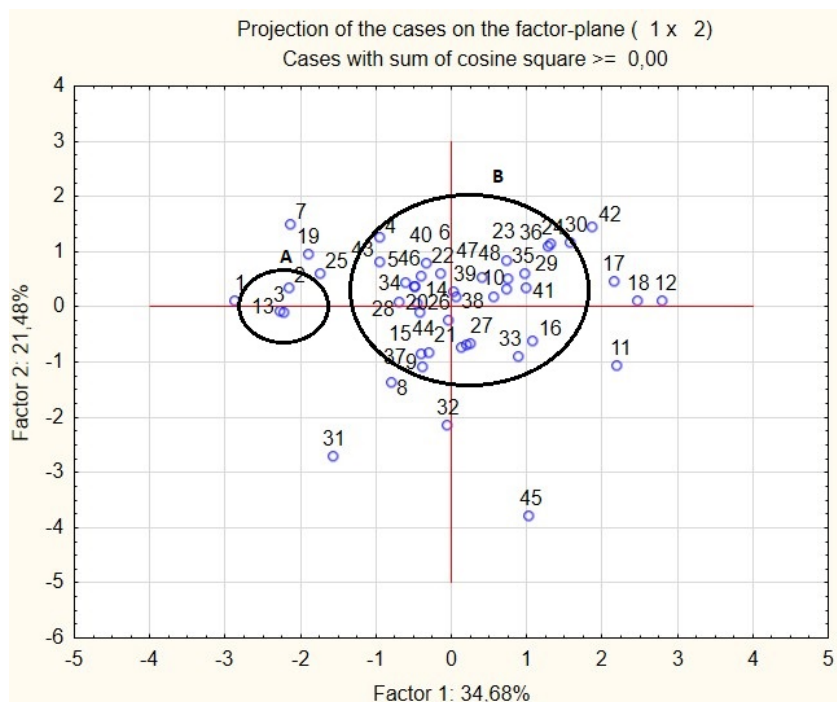
Σειρές μετρήσεων 3,4

Παρακάτω αναλύονται τα δείγματα μπανάνας με κιτρικό οξύ, με χρήση πηκτίνης ή καζεΐνης και με χρήση ή όχι αντιοξειδωτικού.



Διάγραμμα 57. Διάγραμμα συσχετίσεων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων μπανάνας με απλές εδώδιμες μεμβράνες, με χρήση ή όχι αντιοξειδωτικών.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι το πείραμα έχει δύο κύριες συνιστώσες, η πρώτη με ποσοστό συνεισφοράς 34,68% και η δεύτερη με 21,48%. Το άθροισμα των ποσοστών των δύο κύριων συνιστωσών είναι 56,16%. Το αντικειμενικό χρώμα (αρνητική συσχέτιση) και η ποσοστιαία μεταβολή υγρασίας (θετική), είναι τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την πρώτη κύρια συνιστώσα. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε βιταμίνη C σχετίζεται ισχυρά (αρνητικά) με την δεύτερη κύρια συνιστώσα.

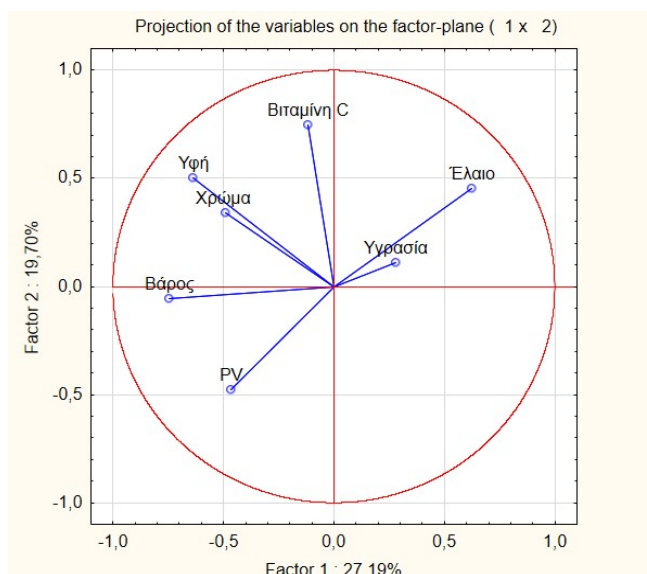


Διάγραμμα 58. Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων μπανάνας με απλές εδώδιμες μεμβράνες, με χρήση ή όχι αντιοξειδωτικών.

Στα αριστερά του παραπάνω διαγράμματος διακρίνεται η ομάδα δειγμάτων Α, η οποία αποτελείται από δείγματα μπανάνας με επικάλυψη πηκτίνης, τα οποία παρουσίασαν μικρότερες μεταβολές στο αντικειμενικό τους χρώμα. Πιο δεξιά, η ομάδα Β αποτελείται από δείγματα με επικάλυψη πηκτίνης και καζεΐνης, με τις δύο μεμβράνες να διατηρούν αποτελεσματικά τη σκληρότητα των δειγμάτων.

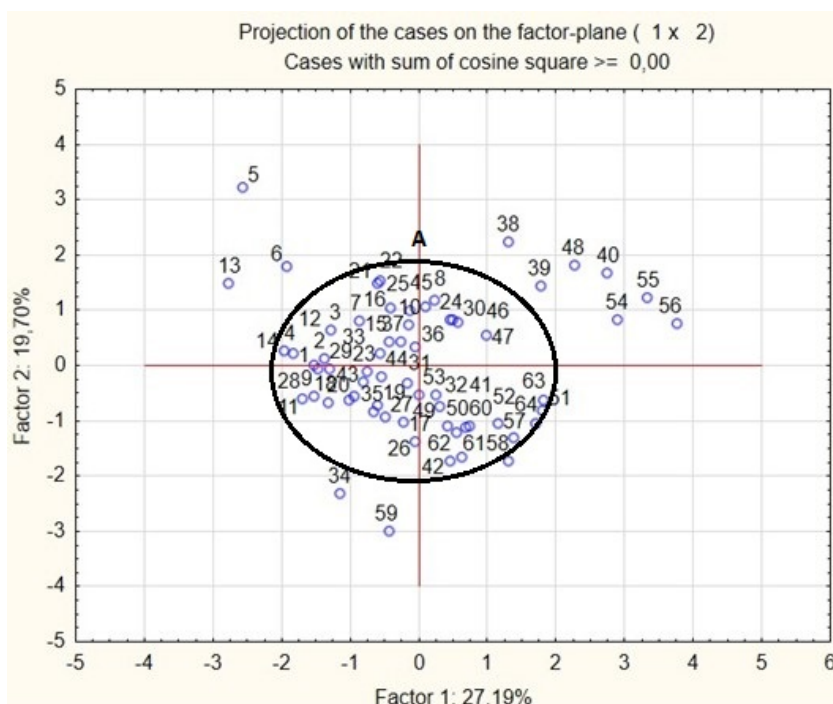
Σειρές μετρήσεων 5,6

Παρακάτω αναλύονται τα δείγματα αβοκάντο με χιτοζάνη ή ΗΡΜC, με χρήση κυκλοδεξτρίνης, ναοκρυσταλλικής κυτταρίνης ή μίγμα αυτών.



Διάγραμμα 59. Διάγραμμα συσχετίσεων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων αβοκάντο με απλές ή σύνθετες εδώδιμες μεμβράνες.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι το πείραμα έχει δύο κύριες συνιστώσες, η πρώτη με ποσοστό συνεισφοράς 27,19% και η δεύτερη με 19,70%. Το άθροισμα των ποσοστών των δύο κύριων συνιστωσών είναι 46,89%. Η ποσοστιαία μεταβολή του βάρους σχετίζεται (αρνητικά) με την πρώτη κύρια συνιστώσα. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε βιταμίνη C σχετίζεται (θετικά) με τη δεύτερη κύρια συνιστώσα. Θετική συσχέτιση φαίνεται να έχουν η υφή και το χρώμα, ενώ η περιεκτικότητα σε έλαιο και ο αριθμός υπεροξειδίων αυτού φαίνεται να μην συσχετίζονται.

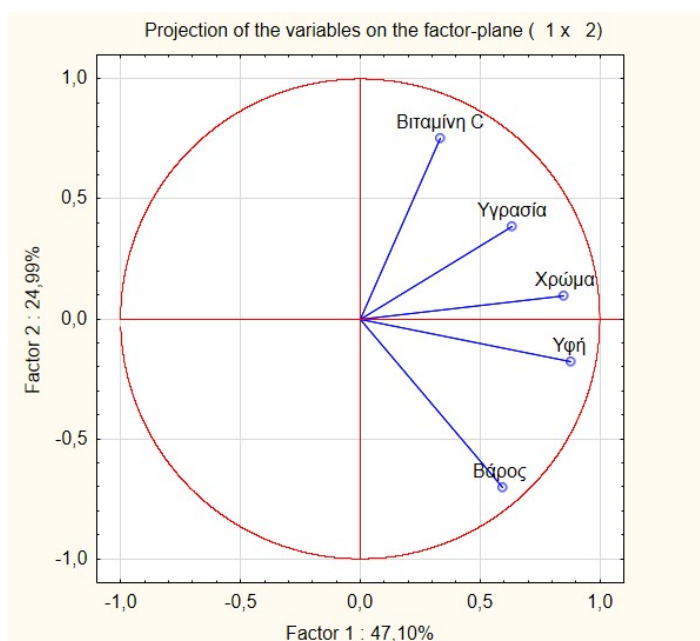


Διάγραμμα 60. Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων αβοκάντο με απλές ή σύνθετες εδώδιμες μεμβράνες.

Διακρίνεται μια ομάδα δειγμάτων στο παραπάνω διάγραμμα, η οποία αποτελείται από δείγματα αβοκάντο με επικάλυψη χιτοζάνης ή HPMC, με ενσωμάτωση προσθέτων. Τα παραπάνω δείγματα εμφάνισαν μικρές μεταβολές στην περιεκτικότητά τους σε βιταμίνη C, αλλά και στη σκληρότητά τους.

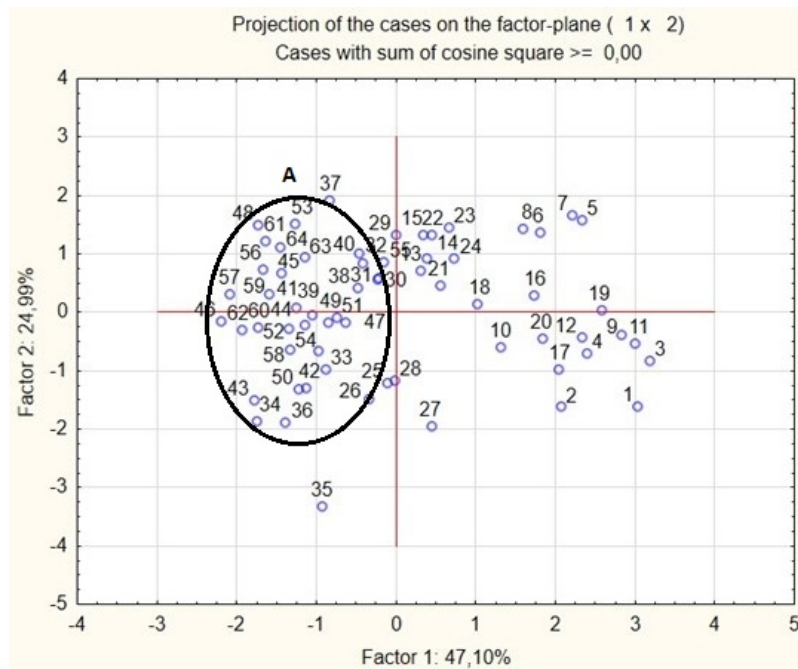
Σειρές μετρήσεων 7,8

Παρακάτω αναλύονται τα δείγματα μπανάνας με χιτοζάνη ή ΗΡΜC, με χρήση κυκλοδεξτρίνης, νανοκρυσταλλικής κυτταρίνης ή μίγμα αυτών.



Διάγραμμα 61. Διάγραμμα συσχετίσεων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων μπανάνας με απλές ή σύνθετες εδώδιμες μεμβράνες.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι το πείραμα έχει δύο κύριες συνιστώσες, η πρώτη με ποσοστό συνεισφοράς 47,10% και η δεύτερη με 24,99%. Το άθροισμα των ποσοστών των δύο κύριων συνιστωσών είναι 72,09%. Το χρώμα και η υφή, είναι τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται (θετικά) με την πρώτη κύρια συνιστώσα. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C σχετίζεται (θετικά) με τη δεύτερη κύρια συνιστώσα.

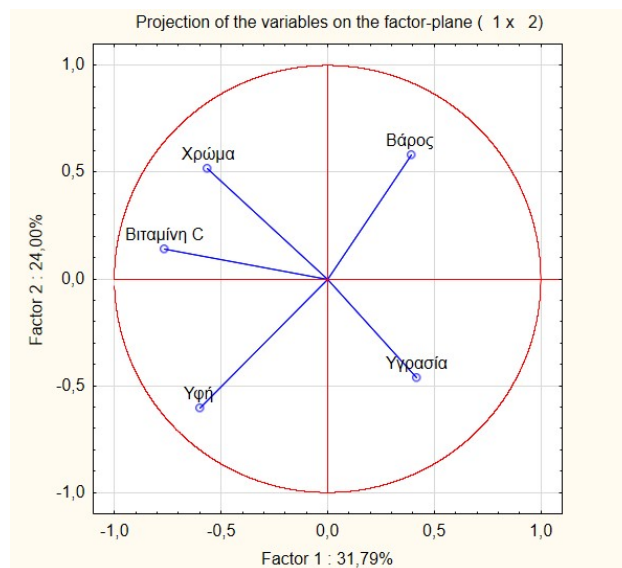


Διάγραμμα 62. Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων μπανάνας με απλές ή σύνθετες εδώδιμες μεμβράνες.

Διακρίνεται μια ομάδα δειγμάτων στο παραπάνω διάγραμμα, η οποία αποτελείται από δείγματα μπανάνας με επικάλυψη χιτοζάνης ή ΗΡΜC, κυρίως με ενσωμάτωση κυκλοδεξτρίνης ή μίγματος κυκλοδεξτρίνης- νανοκρυσταλλικής κυτταρίνης. Τα παραπάνω δείγματα εμφάνισαν μικρές μεταβολές στην περιεκτικότητά τους σε βιταμίνη C, αλλά και στη σκληρότητά τους.

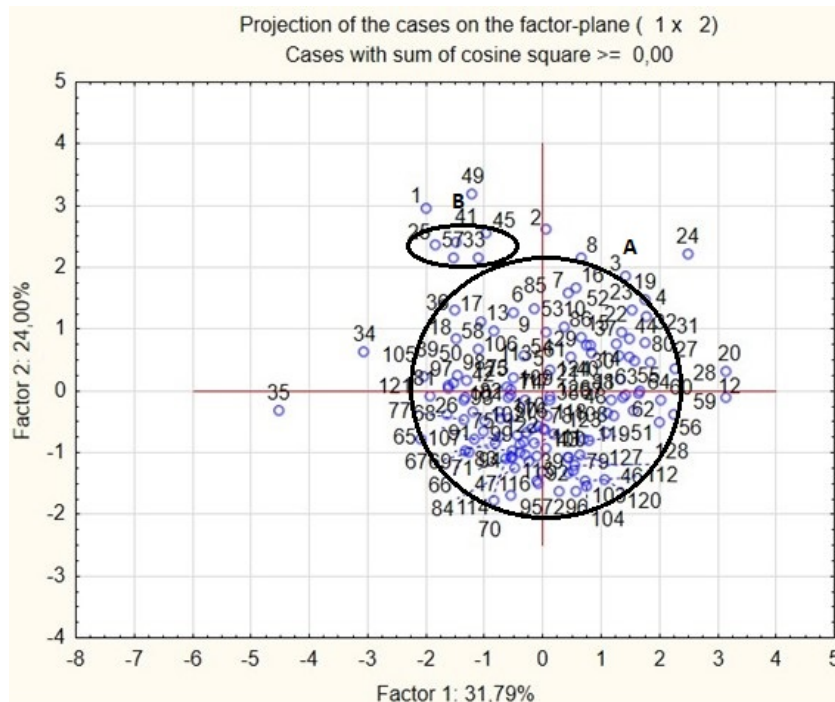
Σειρές μετρήσεων 1,2 και 3,4

Παρακάτω αναλύονται τα δείγματα αβοκάντο και μπανάνας με κίτρικό οξύ, πηκτίνη ή καζεΐνη και με χρήση ή μη αντιοξειδωτικών.



Διάγραμμα 63. Διάγραμμα συσχετίσεων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας με απλές εδώδιμες μεμβράνες με χρήση ή μη αντιοξειδωτικού.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι το πείραμα έχει δύο κύριες συνιστώσες, η πρώτη με ποσοστό συνεισφοράς 31,79% και η δεύτερη με 24,00%. Το άθροισμα των ποσοστών των δύο κύριων συνιστωσών είναι 55,79%. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C είναι το χαρακτηριστικό που σχετίζεται (αρνητικά) με την πρώτη κύρια συνιστώσα. Δεν φαίνεται θετική συσχέτιση μεταξύ μεταβλητών, ενώ αντίθετα φαίνεται αρνητική συσχέτιση μεταξύ μεταβολής χρώματος και μεταβολής υγρασίας και μεταξύ μεταβολής βάρους και υψής.

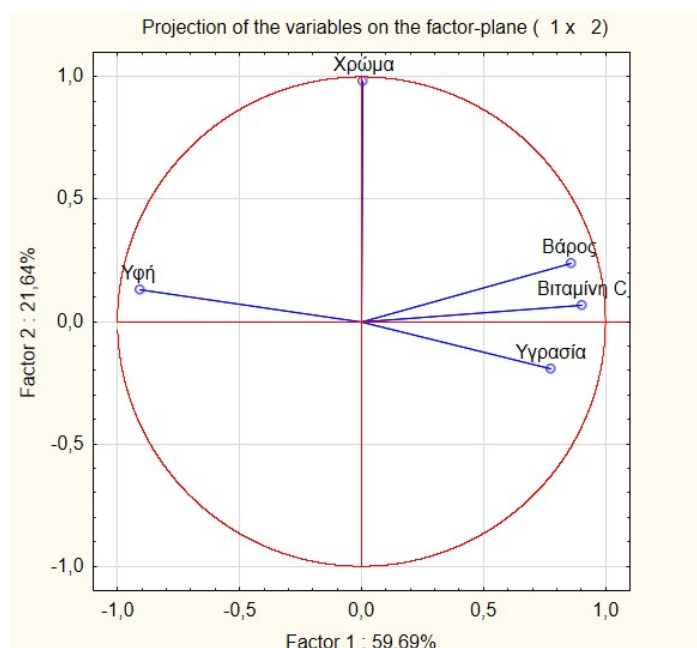


Διάγραμμα 64. Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας με απλές εδώδιμες μεμβράνες με χρήση ή μη αντιοξειδωτικού.

Διακρίνονται δύο ομάδες δειγμάτων στο παραπάνω διάγραμμα, με την πρώτη και μεγαλύτερη (A) να αποτελείται από το σύνολο σχεδόν των δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας και την δεύτερη (B) να αποτελείται από τα τυφλά δείγματα αβοκάντο. Τα τυφλά δείγματα αβοκάντο ήταν αυτά που παρουσίασαν τις μεγαλύτερες μεταβολές στην περιεκτικότητά τους σε έλαιο.

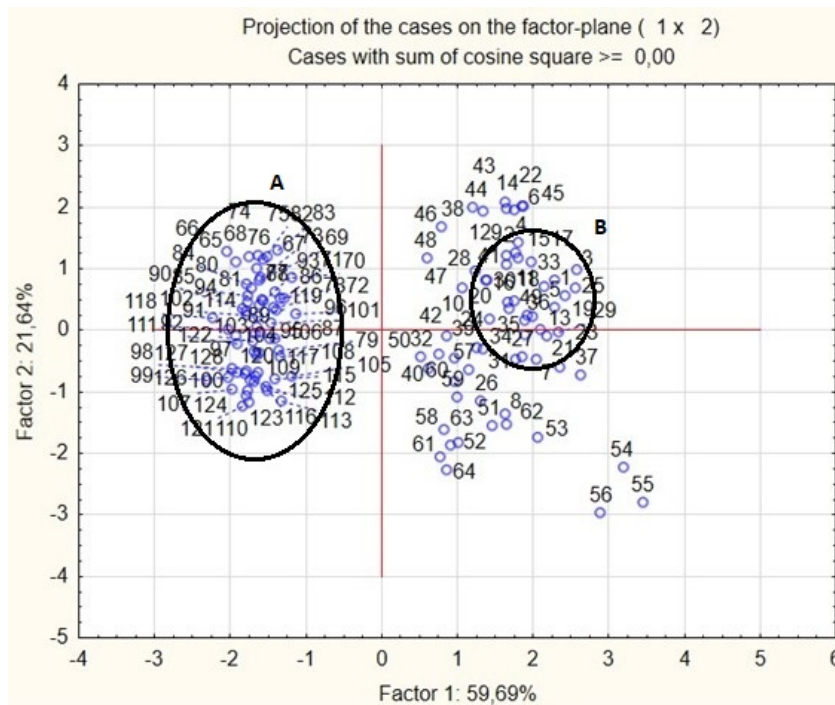
Σειρές μετρήσεων 5,6 και 7,8

Παρακάτω αναλύονται τα δείγματα αβοκάντο και μπανάνας με χιτοζάνη ή ΗΡΜC, κυκλοδεξτρίνη, νανοκρυσταλλική κυτταρίνη ή μίγμα αυτών.



Διάγραμμα 65. Διάγραμμα συσχετίσεων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας με απλές ή σύνθετες εδώδιμες μεμβράνες.

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι το πείραμα έχει δύο κύριες συνιστώσες, η πρώτη με ποσοστό συνεισφοράς 59,69% και η δεύτερη με 21,64%. Το άθροισμα των ποσοστών των δύο κύριων συνιστωσών είναι 81,33%. Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C (θετική συσχέτιση), η μεταβολή βάρους (θετική) και η υφή (αρνητική), είναι τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την πρώτη κύρια συνιστώσα. Το αντικειμενικό χρώμα των δειγμάτων σχετίζεται ισχυρά (θετικά) με τη δεύτερη κύρια συνιστώσα. Αρνητική συσχέτιση φαίνεται μεταξύ υφής και ποσοστιαίας μεταβολής υγρασίας.



Διάγραμμα 66. Διάγραμμα δειγμάτων της ανάλυσης κύριων συνιστωσών για την επικάλυψη δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας με απλές ή σύνθετες εδώδιμες μεμβράνες.

Διακρίνονται δύο ομάδες δειγμάτων στο παραπάνω διάγραμμα, με την πρώτη (A) να αποτελείται από δείγματα μπανάνας και την δεύτερη (B) να αποτελείται από δείγματα αβοκάντο. Τα δείγματα αβοκάντο, εμφάνισαν γενικά μεγαλύτερες μεταβολές στην ποσοστιαία μεταβολή βάρους και υγρασίας, ενώ αυτά της μπανάνας μεγαλύτερες μεταβολές στο αντικειμενικό τους χρώμα.

Συμπεράσματα- προτάσεις για το μέλλον

Συμπεράσματα

Με βάση τη βιβλιογραφία και παλαιότερα πειράματα ήταν αναμενόμενα τα εξής:

- Η μεταβολή του βάρους όλων των δειγμάτων να παρουσιάζει μικρές αλλαγές, τόσο ποσοστιαία όσο και κατ' απόλυτη τιμή.
- Η μεταβολή του ποσοστού υγρασίας όλων των δειγμάτων να μην είναι μεγάλη, σε περιπτώσεις όπου οι εφαρμοζόμενες μεμβράνες ήταν αποτελεσματικές.
- Τα εφαρμοζόμενα αντιοξειδωτικά να μην διαδραματίσουν ρόλο στην ποσοστιαία μεταβολή βάρους και υγρασίας, αλλά και στη μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων.
- Η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C όλων των δειγμάτων να παραμένει σταθερή.
- Η συνολική ποσότητα ελαίου στα δείγματα να διατηρείται πρακτικά σταθερή, ανεξάρτητα από το είδος της μεμβράνης.

Η πειραματική διαδικασία, η στατιστική ανάλυση και η ανάλυση των πειραματικών και οργανοληπτικών μετρήσεων των δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας, επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, αντιοξειδωτικά και πρόσθετα υλικά μεμβρανών, έδειξαν τα εξής:

- Η ποσοστιαία μεταβολή του βάρους παρουσίασε γενικά πτωτική πορεία με το χρόνο αποθήκευσης και για τα δύο φρούτα, αλλά και για το σύνολο των μεμβρανών και αντιοξειδωτικών. Εξαιρέση αποτέλεσαν οι μετρήσεις των 3^{ης} και 4^{ης} σειρών, στις οποίες η ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων παρουσίαζε αύξηση με το χρόνο αποθήκευσης, γεγονός που πιθανότατα οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα. Η επιλεγμένη μεμβράνη επηρέασε σημαντικά την απώλεια βάρους, ενώ η χρήση αντιοξειδωτικών, όπως αναμενόταν, δεν επηρέασε τη μεταβολή. Αναφορικά με τα πρόσθετα υλικά μεμβρανών, τα δείγματα και των δύο φρούτων που περιείχαν χιτοζάνη, παρουσίασαν μεγαλύτερη μεταβολή. Τέλος, το είδος του φρούτου επηρέασε σημαντικά τη μεταβολή του βάρους, τόσο με χρήση απλών μεμβρανών με αντιοξειδωτικά, όσο και σύνθετων. Τα δείγματα αβοκάντο παρουσίασαν μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή στο βάρος τους από την αρχή έως το πέρας των πειραμάτων. Παρατηρείται επίσης ότι η ποσοστιαία μεταβολή του βάρους όλων των δειγμάτων αβοκάντο κυμαίνεται γενικά μεταξύ των τιμών 0-0,04%, ενώ αντίστοιχα για τα δείγματα μπανάνας μεταξύ 0-0,02%. Γίνεται αντιληπτό ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διακυμάνσεις στο παραπάνω χαρακτηριστικό. Πρακτικά λοιπόν, σε ένα προϊόν όπως για παράδειγμα σε μία φρουτοσαλάτα, η παραπάνω μεταβολή με το πέρασμα του χρόνου αποθήκευσης, δύσκολα θα γίνει αντιληπτή από τον καταναλωτή.
- Η ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας όλων των δειγμάτων, παρουσιάζει γενικά σταδιακή μείωση και φαίνεται να σταθεροποιείται προς το τέλος των μετρήσεων. Η μεταβολή φαίνεται να επηρεάζεται από το είδος της μεμβράνης, το χρόνο αποθήκευσης και τη χρήση πρόσθετων υλικών μεμβρανών. Αντίθετα η χρήση κερκετίνης και ροσμαρινικού οξέος φαίνεται να αυξάνει την ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων. Τέλος, το είδος του φρούτου φαίνεται να επηρέασε τη μεταβολή της υγρασίας περισσότερο κατά την επικάλυψη των δειγμάτων με σύνθετες μεμβράνες. Παρατηρείται επίσης ότι η ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας όλων των δειγμάτων αβοκάντο κυμαίνεται γενικά μεταξύ των τιμών 0,7-0,9%, ενώ για τα δείγματα μπανάνας μεταξύ 0,7-0,8%. Όπως και στη μεταβολή του βάρους, δεν υπάρχουν σημαντικές διακυμάνσεις στο παραπάνω χαρακτηριστικό και δύσκολα γίνονται αντιληπτές οι μεταβολές του.
 - Σε όλα τα δείγματα παρατηρήθηκε πιο έντονη μεταβολή του αντικειμενικού χρώματός τους στις πρώτες ημέρες αποθήκευσης, ενώ στη συνέχεια το χρώμα τους φάνηκε να σταθεροποιείται. Ενδιαφέρον παρουσίασε και η εμφανής αλλοίωση του χρώματος και των δύο φρούτων με τη χρήση των δύο αντιοξειδωτικών. Ειδικά τα δείγματα με κερκετίνη και περισσότερο αυτά της μπανάνας, παρουσίαζαν έναν ιδιαίτερο, κίτρινο τόνο. Ο χρόνος, η χρήση αντιοξειδωτικών αλλά και πρόσθετων υλικών μεμβρανών επηρέασε το χρώμα των δειγμάτων, με

τα τυφλά δείγματα αλλά και αυτά χωρίς πρόσθετα να παρουσιάζουν μεγαλύτερες μεταβολές χρώματος. Ειδικά η χρήση ναοκρυσταλλικής κυτταρίνης φάνηκε ότι επέδρασε θετικά στη διατήρηση του χρώματος των δειγμάτων. Τέλος, το είδος του φρούτου φαίνεται να επηρέασε το χρώμα των επικαλυμμένων με απλές μεμβράνες δειγμάτων, με τα δείγματα αβοκάντο να παρουσιάζουν μικρότερες μεταβολές στο χρώμα τους.

- Με εξαίρεση την 1^η σειρά μετρήσεων, η σκληρότητα όλων των δειγμάτων παρουσίασε μείωση με το χρόνο αποθήκευσης και σταδιακή σταθεροποίηση. Η αύξηση στην 1^η σειρά ενδεχομένως οφείλεται στην απώλεια υγρασίας των δειγμάτων αβοκάντο. Γενικά επίσης φαίνεται ότι η χρήση αντιοξειδωτικών μειώνει τη μεταβολή της υφής, με τον σημαντικότερο παράγοντα να είναι ο χρόνος αποθήκευσης των δειγμάτων και να ακολουθεί το είδος της μεμβράνης. Τέλος η χιτοζάνη φαίνεται να μειώνει τη μεταβολή της υφής των δειγμάτων, με το είδος του εξεταζόμενου φρούτου να την επηρεάζει σημαντικά. Τα δείγματα αβοκάντο παρουσίασαν γενικά μεγαλύτερες μεταβολές στην σκληρότητά τους.

- Η περιεκτικότητα όλων των δειγμάτων σε βιταμίνη C δεν παρουσίασε μεγάλες μεταβολές, όπως αναμενόταν. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η πτωτική τάση της περιεκτικότητας, η οποία αναμενόταν να παραμένει σταθερή, γεγονός που ίσως οφείλεται στις διαφορές σύστασης που υπάρχουν μεταξύ των δειγμάτων, ανάλογα με το σημείο του φρούτου από το οποίο προέρχονται. Για τις απλές μεμβράνες, η χρήση καζεΐνης και αντιοξειδωτικού φαίνεται ότι περιορίσαν τις μεταβολές, ενώ αντίθετα η χρήση HPMC τις αύξησε. Επιπλέον, το είδος του φρούτου επηρέασε τα αποτελέσματα σε όλες τις μετρήσεις. Τέλος, σημαντική επίδραση στην υφή όλων των δειγμάτων φαίνεται να είχαν τόσο ο χρόνος αποθήκευσης, όσο και το είδος της εφαρμοζόμενης μεμβράνης.

- Αναφορικά με τον αριθμό υπεροξειδίων ελαίου των δειγμάτων αβοκάντο, η χρήση κερκετίνης και ροσμαρινικού οξέος τον διατήρησαν σε χαμηλά επίπεδα, όπως αναμενόταν. Σημαντική επίδραση σε όλα τα δείγματα φάνηκε να έχουν ο χρόνος αποθήκευσης αλλά και το είδος της μεμβράνης, με την πηκτίνη να περιορίζει πιο αποτελεσματικά την οξειδωση. Τέλος κάποιες αυξημένες τιμές του αριθμού υπεροξειδίων του ελαίου, ενδεχομένως οφείλονται στα διαφορετικά δείγματα και στο σημείο του φρούτου από το οποίο προέρχονταν αυτά. Αναμενόταν ο αριθμός υπεροξειδίων των δειγμάτων να κυμαίνεται μεταξύ 0-40, διάστημα που όμως ξεπερνιέται σε πολλές μετρήσεις.

- Το ποσοστό ελαίου των δειγμάτων αβοκάντο παρουσιάζει αύξηση με το χρόνο αποθήκευσης, γεγονός που οφείλεται πιθανότατα στη μείωση της υγρασίας των δειγμάτων και άρα του βάρους τους. Η συνολική ποσότητα ελαίου στα δείγματα παραμένει σταθερή, αντίθετα με το βαθμό οξειδωσής τους, ο οποίος μεταβάλλεται με το χρόνο αποθήκευσης και ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες. Σημαντική επίδραση στο παραπάνω χαρακτηριστικό φάνηκε να έχει τόσο ο χρόνος

αποθήκευσης, όσο το είδος της μεμβράνης. Η χρήση αντιοξειδωτικών, όπως ήταν αναμενόμενο περιόρισε μεγάλες μεταβολές. Κάποιες διακυμάνσεις στο ποσοστό του ελαίου των δειγμάτων αβοκάντο που παρατηρήθηκαν, ενδεχομένως οφείλονται στη διαφορετική σύσταση των δειγμάτων και στο σημείο του φρούτου από το οποίο προέρχονταν. Προφανώς υπάρχουν διαφορές, ανάλογα με το σημείο του φρούτου, τόσο στην περιεκτικότητα σε έλαιο όσο και στο ποσοστό υγρασίας που αυτό έχει.

- Γενικά παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις στις μετρήσεις των μελετώμενων χαρακτηριστικών, λόγω των διαφορετικών δειγμάτων των φρούτων. Ανάλογα με το φρούτο ή την περιοχή του φρούτου από το οποίο προέρχονταν, είχαν διαφορετική σύσταση, γεγονός που οδηγούσε σε μη αναμενόμενες διακυμάνσεις στις μετρήσεις.

Προτάσεις

Η τεχνολογία εδωδιμων μεμβρανών, αν και αποτελεί αντικείμενο μελέτης για αρκετές δεκαετίες, φαίνεται να είναι στο προσκήνιο και με μεγαλύτερη σημαντικότητα από ποτέ. Η αναγκαιότητα για χρήση φιλικών προς το περιβάλλον υλικών στη βιομηχανία τροφίμων, αλλά και ο σύγχρονος τρόπος ζωής, προωθεί την έρευνα για εφαρμογή νέων υλικών ή τη βελτίωση υπαρχόντων, με στόχο τη δημιουργία μεμβρανών με καλύτερες ιδιότητες. Η χρήση υλικών, φυσικών αντιμικροβιακών και προσθέτων για σχηματισμό σύνθετων μεμβρανών, μπορεί να διατηρήσει και να βελτιώσει σημαντικά τα ποιοτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων, χωρίς παράλληλα να επιβαρύνει το περιβάλλον αλλά και την υγεία των καταναλωτών.

Ορισμένες προτάσεις για την έρευνα και ανάπτυξη του τομέα στο μέλλον παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Μελέτη της επικάλυψης των εξετασμένων σε αυτή την εργασία μεμβρανών, αντιοξειδωτικών και πρόσθετων υλικών μεμβρανών σε διαφορετικές συγκεντρώσεις, μεγαλύτερες ή μικρότερες.
2. Ενσωμάτωση και άλλων ουσιών στις εξετασθείσες μεμβράνες, με αντιοξειδωτικές, αντιμικροβιακές και άλλες ιδιότητες.
3. Μελέτη εφαρμογής των παραπάνω μεμβρανών και με άλλες μεθόδους, πέρα από την εμβάπτιση, λόγω του μεγάλου χρόνου που απαιτείται για να στεγνώσουν τα δείγματα. Στο χρόνο αυτό (15min στην παρούσα μελέτη), είναι πιθανή η μόλυνση των δειγμάτων από μικροοργανισμούς, η ποιοτική και εμφανισιακή υποβάθμισή τους και ορατός ο κίνδυνος οξειδωσής τους. Αντίθετα η δεύτερη πιο συνήθης μέθοδος, ο ψεκασμός, μπορεί να περιορίσει αυτούς τους κινδύνους, με τα δείγματα να στεγνώνουν σημαντικά πιο γρήγορα.
4. Μελέτη της εφαρμογής των μεμβρανών υπό όσο το δυνατό πιο αποστειρωμένες συνθήκες, με σκοπό την αποφυγή μόλυνσης από μικροοργανισμούς.
5. Μελέτη της συντήρησης των εξετασθέντων δειγμάτων με άλλες μεθόδους, όπως για παράδειγμα σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας ή υπό χαμηλότερη θερμοκρασία αποθήκευσης.

6. Μελέτη της επεξεργασίας των δειγμάτων πριν την επικάλυψή τους, για παράδειγμα με ζεμάτισμα, ακτινοβολία ή εφαρμογή τάσης, προκειμένου να διατηρήσουν καλύτερα τα χαρακτηριστικά τους και να αποφευχθεί η μόλυνσή τους από μικροοργανισμούς.
7. Διερεύνηση εναλλακτικών τρόπων εκχύλισης του ελαίου και πιο αποτελεσματικής αφυδάτωσης των δειγμάτων αβοκάντο, καθώς η μικρή ποσότητα λιπαρών δυσχεραίνει τις μετρήσεις για το βαθμό οξείδωσης και τη συνολική τους ποσότητα στα δείγματα.
8. Επανάληψη των μετρήσεων και της πειραματικής διαδικασίας σε μεγαλύτερη κλίμακα, για την εξαγωγή πιο ασφαλών συμπερασμάτων.
9. Επανάληψη των μετρήσεων με αναγωγή όλων των αποτελεσμάτων επί ξηρής βάσης, ώστε να μην επιδρά το ποσοστό υγρασίας των δειγμάτων στα αποτελέσματα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Roberta M. S. Andrade, Mariana S. L. Ferreira, Edira C. B. A. Gonçalves. Development and Characterization of Edible Films Based on Fruit and Vegetable Residues, *Journal of Food Science*, 2016.
2. Συστατικά φρούτων: <https://fdc.nal.usda.gov>
3. McHugh T.H.. Protein- lipid interactions in edible films and coatings, *Food/Nahrung*, 2000.
4. Aruna Dhanapal, Sasikala.P, Lavanya Rajamani, Kavitha.V, Yazhini.G,M.Shakila Banu. Edible films from Polysaccharides, *Food Science and Quality Management*, 2012.
5. Yachuan Zhang, Curtis Rempel, Derek McLaren. Edible Coatings and Film Materials: Carbohydrates, Chapter 12, 2014.
6. Sergio J. Calva-Estrada, Maribel Jiménez-Fernández, Eugenia Lugo-Cervantes. Protein-Based Films: Advances in the Development of Biomaterials Applicable to Food Packaging, *Food Engineering Reviews*, 2019.
7. Thawien Wittay. Protein-Based Edible Films: Characteristics and Improvement of Properties, Structure and Function of Food Engineering, 2012.
8. S. Sanuja, A. Agalya, M. J. Umapathy, *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 2014.
9. Elena Poverenov, Roi Rutenberg, Shani Danino, Batia Horev, Victor Rodov, Gelatin- Chitosan Composite Films and Edible Coatings to Enhance the Quality of Food Products: Layer-by-Layer vs Blended Formulations, *Food Bioprocess Technol*, 2014.
10. Aneela Sabir, Faizah Altaf and Muhammad Shafiq, Synthesis and Characterization and Application of Chitin and Chitosan-Based Eco-friendly Polymer Composites, *Sustainable Polymer Composites and Nanocomposites*, 2019.
11. A. I. Bourbona, A. C. Pinheiroa, M. A. Cerqueiraa, C. M.R. Rochab, M. C. Avides, M.A.C. Quintasa, A. A. Vicent, Physico-chemical characterization of chitosan-based edible films incorporating bioactive compounds of different molecular weight, *Journal of Food Engineering*, 2011.
12. Marguerite Rinaudo, *Chitin and chitosan: Properties and applications*, Science Direct, 2006.
13. Maher Z. Elsabeea, Entsar S. Abdou, Chitosan based ediblefilms and coatings: A review, *Materials Science and Engineering C*, 2013.
14. Patricia Cazona, Gonzalo Velazquez, Jose A. Ramirez, Manuel Vazquez, Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review, *Food Hydrocolloids*, 2016.
15. Sabina Galus, Andrzej Lenart, Development and characterization of composite edible films based on sodiualginate and pectin, *Journal of Food Engineering*, 2012.
16. E. Zavareze, S. L. Mello, R. Marques Silva, A. R. Guerra Dias, C. Prentice-Hernandez, Mechanical, Barrier and Morphological Properties of Biodegradable Films Based on Muscle and Waste proteins from the Whitemouth Croaker (*Micropogonias Furnieri*), *Journal of Food Processing and Preservation*, 2013.
17. Monique Lacroix, Khanh Dang Vu, *Edible Coating and Film Materials: Proteins*, Science Direct, 2014.

18. Xiuxiu Sun, Siyao Sui, Christopher FERENCE, Yifan Zhang, Shi Sun, Ninghui Zhou, Wenjun Zhu, Kequan Zhou, Antimicrobial and Mechanical Properties of β -Cyclodextrin Inclusion with Essential Oils in Chitosan Films, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2014.
19. Carmen Barba, Andoni Eguinoa, Juan Ignacio Mate, Preparation and characterization of β -cyclodextrin inclusion complexes as a tool of a controlled antimicrobial release in whey protein edible films, *LWT - Food Science and Technology*, 2015.
20. Milda E. Embuscado, Kerry C. Huber, *Edible Films and Coatings for Food Applications*, New York, 2009.
21. Pramod Kumar Raghav, Nidhi Agarwal, Mitu Saini, Edible coating of fruits and Vegetables: A Review, *International Journal of Scientific Research and Modern Education (IJSRME)*, 2016.
22. J. H. Han, A. Gennodios, Edible films and coating: A review, In: J. Han, *Innovation in food packaging*, Elsevier sc. and technology books, 2005.
23. S. Guilbert, N Contard, B. Cuq, *Technology and Applications of Edible Protective Films*, Packaging Technology and Science, 1995.
24. Theeranum Janjarasskul, John M. Krochta, *Edible Packaging Materials*, The Annual Review of Food Science and Technology, 2010.
25. S. Caillet, M. Millette, S. Salmieri, M. Lacroix, Combined Effects of Antimicrobial Coating, Modified Atmosphere Packaging, and Gamma Irradiation on *Listeria innocua* Present in Ready-to-Use Carrots (*Daucus carota*), *Journal of Food Protection*, 2006.
26. Ana Guimaraes, Lúís Abrunhosa, Lorenzo M. Pastrana, Miguel A. Cerqueira, *Edible Films and Coatings as Carriers of Living Microorganisms: A New Strategy Towards Biopreservation and Healthier Foods*, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2018.
27. Muzaffar Hasan, Ajesh Kumar V, Chirag Maheshwari and S Mangraj, Biodegradable and edible film: A counter to plastic pollution, *International Journal of Chemical Studies*, 2019.
28. J. Bonilla, L. Atarés, M. Vargas, A. Chiral, Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: Possibilities and limitations, *Journal of Food Engineering*, 2012.
29. Liming Ge, Mingjin Zhu, Xinying Li, Yongbin Xu, Xiaonan Ma, Rong Shi, Defu Li, Changdao Mu, Development of active rosmarinic acid-gelatin biodegradable films with antioxidant and long-term antibacterial activities, *Food Hydrocolloids*, 2018.
30. J. Uranga, A.I. Puertas, A. Etxabide, M.T. Dueñas, P. Guerrero, K. de la Caba, Citric acid-incorporated fish gelatin/chitosan composite films, *Food Hydrocolloids*, 2018.
31. Radoslav Radev, Georgi Dimitrov, Water Vapor Permeability of Edible Films with Different Composition Running title: Water Vapor Permeability of Edible Films with Different Composition, *Scientific Works of University of Good Technologies*, 2019.
32. M. Shafiur Rahman, *Handbook of Food Preservation*, Part 1, Boca Raton, 2007.
33. Skurtys O., Acevedo C., Pedreschi F., Enrione J., Osorio F., Aguilera J. M., *Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings*, New York, 2010.

34. H.-D. Belitz, W Grosch, P. Schieberle, Food Chemistry, 4th Edition, Springer, Heidelberg, 2009.
35. Theodoros Varzakas, Constantina Tzia, Handbook of Food Processing, Chapter 16, Florida, 2016.
36. Carmen A. Campos, Lía N. Gerschenson, Silvia K. Flores, Development of Edible Films and Coatings with Antimicrobial Activity, Food Bioprocess Technology, 2010.
37. Hadar Arnor- Rips, Elena Poverenov, Improving Food Products' Quality and Storability by Using Layer by Layer Edible Coatings, Trends in Food Science and Technology, 2018.
38. Nguyen Thi Minh Nguyet, Nguyen Duy Lam, Pham Anh Tua, Cellulose Nanocrystals: Synthesis, Characteristics and Effect on Hydroxypropylmethylcellulose- Based Composite Films and Coatings, 2016.
39. Cristina Bilbao- Sainz, Julien Bras, Tina Williams, Tangi Senechal, William Orts, HPMC Reinforced with Different Cellulose Nano- Particles, Carbohydrate Polymers, pp. 1549- 1557, 2011.
40. Erika Mascheroni, Riccardo Rampazzo, Marco Aldo Ortenzi, Giulio Piva, Simone Bonetti, Luciano Piergiovann, Comparison of Cellulose Nanocrystals Obtained by Sulfuricacid Hydrolysis and Ammonium Persulfate, to be used as Coating on Flexible Food-packaging Materials, Cellulose, 2016.
41. Zilong Deng, Jooyeoun Jung, John Simonsen, Yan Wang, and Yanyun Zhao, Cellulose Nanocrystal Reinforced ChitosanCoatings for Improving the Storabilityof Postharvest Pears Under Both Ambientand Cold Storages, Journal of Food Science, 2017.
42. Kelvin Adrah, Daniel Ananey-Obiri, Reza Tahergorabi, Physicochemical Changes of Deep-Fat-Fried Chicken Drumsticks Treated with Quercetin-in-Edible Coating during Storage Time, Edible Coatings: New Possible Sources and Uses in Food Industry, 2021.
43. Iris Erlund, Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology, Nutrition Research,2004.
44. MeiliZhang, Leyi Xu, Liyuan Zhang, Yuhuan Guo, Xin Qi, Ling He, Effects of quercetin on postharvest blue mold control in kiwifruit, Scientia Horticulturae, 2018.
45. Χημεία, Μικροβιολογία και Αρχές Συντήρησης Τροφίμων, Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων, Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, 8^ο Εξάμηνο, 2020
46. Nicola Veronese, Marco Solmi, Maria Gabriella Caruso, Gianluigi Giannelli, Alberto R Osella, Evangelos Evangelou, Stefania Maggi, Luigi Fontana, Brendon Stubbs, Ioanna Tzoulaki, Dietary fiber and health outcomes: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses, The American Journal of Clinical Nutrition, 2018.
47. M. Liaudanskas, K. Zymonė, J Viškelis, A. Klevinskas, V Janulis, Determination of the phenolic composition and antioxidant activity of pear extracts, Journal of Chemistry, 2017.
48. Wim Jongen, Fruit and vegetable processing: Improving quality, Cambridge, 2002.

49. C. G. Rao, Engineering for Storage of Fruits and Vegetables, Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage, Elsevier Inc, India, 2015.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

A) Αποτελέσματα για όλες τις σειρές πειραμάτων του αβοκάντο, με σκοπό τη μελέτη της επίδρασης όλων των μεμβρανών και αντιοξειδωτικών.

1) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή βάρους των δειγμάτων αβοκάντο.

Effect	Univariate Tests of Significance for Βάρος (avocado) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,021375	1	0,021375	458,5755	0,000000
Χρόνος αποθήκευσης	0,002613	7	0,000373	8,0075	0,000000
Μεμβράνη	0,003000	5	0,000600	12,8716	0,000000
Αντιοξειδωτικό	0,001059	5	0,000212	4,5441	0,000835
Error	0,005127	110	0,000047		

Duncan test; variable Βάρος (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00005, df = 110,00						
Cell No.	Χρόνος αποθήκευσης	Βάρος Mean	1	2	3	4
8	Ημέρα 8	0,016666	****			
6	Ημέρα 6	0,017599	****			
7	Ημέρα 7	0,018103	****			
5	Ημέρα 5	0,019317	****	****		
4	Ημέρα 4	0,023448		****	****	
2	Ημέρα 2	0,023572		****	****	
3	Ημέρα 3	0,027389			****	****
1	Ημέρα 1	0,029713				****

Duncan test; variable Βάρος (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00005, df = 110,00						
Cell No.	Μεμβράνη	Βάρος Mean	1	2	3	4
3	Τυφλό 2	0,012239				****
4	Καζείνη	0,017919	****			
1	Τυφλό 1	0,018442	****			
6	ΗΡΜC	0,021143	****	****		
2	Πηκτίνη	0,024058		****	****	
5	Χιτοζάνη	0,027607			****	

Duncan test; variable Βάρος (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00005, df = 110,00			
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Βάρος Mean	1
6	Τριαδικό	0,020153	****
2	Κερκετίνη	0,020619	****
1	Χωρίς	0,020631	****
4	Κυκλοδεξτρίνη	0,023909	****
5	Νανοκρυσταλλική	0,024425	****
3	Ροσμαρινικό	0,024807	****

2) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for Υγρασία (avocado) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	33,72325	1	33,72325	21249,69	0,000000
Χρόνος αποθήκευσης	0,02581	7	0,00369	2,32	0,030010
Μεμβράνη	0,06890	5	0,01378	8,68	0,000001
Αντιοξειδωτικό	0,00339	5	0,00068	0,43	0,829003
Error	0,17457	110	0,00159		

Duncan test; variable Υγρασία (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00159, df = 110,00				
Cell No.	Χρόνος αποθήκευσης	Υγρασία Mean	1	2
6	Ημέρα 6	0,760112	****	
5	Ημέρα 5	0,763373	****	
8	Ημέρα 8	0,772971	****	
4	Ημέρα 4	0,778675	****	****
1	Ημέρα 1	0,786810	****	****
3	Ημέρα 3	0,789215	****	****
2	Ημέρα 2	0,790732	****	****
7	Ημέρα 7	0,805506		****

Duncan test; variable Υγρασία (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00159, df = 110,00					
Cell No.	Μεμβράνη	Υγρασία Mean	1	2	3
1	Τυφλό 1	0,707899	****		
3	Τυφλό 2	0,723203	****		
4	Καζεΐνη	0,758222		****	
2	Πηκτίνη	0,771559		****	
5	Χιτοζάνη	0,805295			****
6	HPMC	0,813291			****

Duncan test; variable Υγρασία (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00159, df = 110,00				
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Υγρασία Mean	1	2
1	Χωρίς	0,760656	****	
3	Ροσμαρινικό	0,762496	****	
2	Κερκετίνη	0,771313	****	
6	Τριαδικό	0,805593		****
4	Κυκλοδεξτρίνη	0,806184		****
5	Νανοκρυσταλλική	0,819839		****

3) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for Χρώμα (avocado) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	262799,3	1	262799,3	4855,108	0,000000
Χρόνος αποθήκευσης	3219,9	7	460,0	8,498	0,000000
Μεμβράνη	2180,1	5	436,0	8,055	0,000002
Αντιοξειδωτικό	1821,8	5	364,4	6,731	0,000016
Error	5954,1	110	54,1		

Duncan test; variable Χρώμα (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 54,128, df = 110,00				
Cell No.	Χρόνος αποθήκευσης	Χρώμα Mean	1	2
8	Ημέρα 8	56,59563		****
7	Ημέρα 7	59,16135		****
4	Ημέρα 4	65,31521	****	
5	Ημέρα 5	67,64303	****	
3	Ημέρα 3	67,74994	****	
6	Ημέρα 6	70,37782	****	
1	Ημέρα 1	70,43110	****	
2	Ημέρα 2	70,58340	****	

Duncan test; variable Χρώμα (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 54,128, df = 110,00					
Cell No.	Μεμβράνη	Χρώμα Mean	1	2	3
6	ΗΡΜC	61,06549	****		
5	Χιτοζάνη	63,33786	****		
4	Καζεΐνη	66,58165	****	****	
2	Πηκτίνη	68,98117		****	
3	Τυφλό 2	71,58123		****	
1	Τυφλό 1	79,83187			****

Duncan test; variable Χρώμα (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 54,128, df = 110,00					
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Χρώμα Mean	1	2	3
3	Ροσμαρινικό	59,90281	****		
5	Νανοκρυσταλλική	60,54935	****		
6	Τριαδικό	61,36972	****		
4	Κυκλοδεξτρίνη	64,76412	****	****	
2	Κερκετίνη	69,40154		****	****
1	Χωρίς	70,62332			****

4) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for Υφή (avocado) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	19,61062	1	19,61062	89,63315	0,000000
Χρόνος αποθήκευσης	1,84737	7	0,26391	1,20624	0,305405
Μεμβράνη	5,94681	5	1,18936	5,43615	0,000165
Αντιοξειδωτικό	4,91636	5	0,98327	4,49419	0,000915
Error	24,06663	110	0,21879		

Duncan test; variable Υφή (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,21879, df = 110,00			
Cell No.	Χρόνος αποθήκευσης	Υφή Mean	1
8	Ημέρα 8	0,431217	****
7	Ημέρα 7	0,489100	****
4	Ημέρα 4	0,507802	****
3	Ημέρα 3	0,513046	****
2	Ημέρα 2	0,526238	****
1	Ημέρα 1	0,575485	****
6	Ημέρα 6	0,720308	****
5	Ημέρα 5	0,810894	****

Duncan test; variable Υφή (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,21879, df = 110,00						
Cell No.	Μεμβράνη	Υφή Mean	1	2	3	4
5	Χιτοζάνη	0,305729	****			
6	HPMC	0,362875	****	****		
1	Τυφλό 1	0,599367	****	****	****	
4	Καζεΐνη	0,694636		****	****	****
3	Τυφλό 2	0,819808			****	****
2	Πηκτίνη	0,990226				****

Duncan test; variable Υφή (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,21879, df = 110,00					
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Υφή Mean	1	2	3
5	Νανοκρυσταλλική	0,282125	****		
4	Κυκλοδεξτρίνη	0,354646	****		
6	Τριαδικό	0,360333	****		
3	Ροσμαρινικό	0,394617	****		
1	Χωρίς	0,717404		****	
2	Κερκετίνη	1,030156			****

5) Στατιστικά αποτελέσματα για την περιεκτικότητα των δειγμάτων αβοκάντο σε βιταμίνη C.

Univariate Tests of Significance for Βιταμίνη C (avocado) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,016831	1	0,016831	4001,364	0,000000
Χρόνος αποθήκευσης	0,000143	7	0,000020	4,849	0,000086
Μεμβράνη	0,001994	5	0,000399	94,812	0,000000
Αντιοξειδωτικό	0,000078	5	0,000016	3,728	0,003722
Error	0,000463	110	0,000004		

Duncan test; variable Βιταμίνη C (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 110,00				
Cell No.	Χρόνος αποθήκευσης	Βιταμίνη C Mean	1	2
8	Ημέρα 8	0,018270	****	
7	Ημέρα 7	0,018447	****	
6	Ημέρα 6	0,018824	****	
2	Ημέρα 2	0,019104	****	
4	Ημέρα 4	0,019270	****	
3	Ημέρα 3	0,019306	****	
1	Ημέρα 1	0,021077		****
5	Ημέρα 5	0,021271		****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 110,00							
Cell No.	Μεμβράνη	Βιταμίνη C Mean	1	2	3	4	5
4	Καζεΐνη	0,011694	****				
3	Τυφλό 2	0,012273	****				
2	Πηκτίνη	0,014345		****			
1	Τυφλό 1	0,016533			****		
5	Χιτοζάνη	0,023722				****	
6	HPMC	0,027332					****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 110,00						
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Βιταμίνη C Mean	1	2	3	4
2	Κερκετίνη	0,012282	****			
3	Ροσμαρινικό	0,012628	****			
1	Χωρίς	0,018394				****
4	Κυκλοδεξτρίνη	0,024276		****		
6	Τριαδικό	0,025340		****	****	
5	Νανοκρυσταλλική	0,025862			****	

6) Στατιστικά αποτελέσματα για τον αριθμό υπεροξειδίων ελαίου των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for PV (avocado) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	53970,23	1	53970,23	292,9948	0,000000
Χρόνος αποθήκευσης	6892,79	7	984,68	5,3457	0,000027
Μεμβράνη	21036,72	5	4207,34	22,8409	0,000000
Αντιοξειδωτικό	1118,27	5	223,65	1,2142	0,307281
Error	20262,22	110	184,20		

Duncan test; variable PV (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 184,20, df = 110,00						
Cell No.	Χρόνος αποθήκευσης	PV Mean	1	2	3	4
5	Ημέρα 5	27,31015				****
7	Ημέρα 7	30,02615		****	****	
6	Ημέρα 6	35,37943	****	****	****	
8	Ημέρα 8	37,95820	****	****		
4	Ημέρα 4	40,19496	****	****		
3	Ημέρα 3	41,63169	****			
1	Ημέρα 1	43,37697	****			****
2	Ημέρα 2	52,18520				****

Duncan test; variable PV (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 184,20, df = 110,00				
Cell No.	Μεμβράνη	PV Mean	1	2
1	Τυφλό 1	18,50127	****	
3	Τυφλό 2	18,91984	****	
2	Πηκτίνη	19,35642	****	
4	Καζεΐνη	20,21471	****	
6	ΗΡΜC	55,99334		****
5	Χιτοζάνη	59,00442		****

Duncan test; variable PV (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 184,20, df = 110,00					
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	PV Mean	1	2	3
3	Ροσμαρινικό	17,39843		****	
2	Κερκετίνη	23,99853		****	
1	Χωρίς	33,08218			****
6	Τριαδικό	53,54884	****		
4	Κυκλοδεξτρίνη	56,19593	****		
5	Νανοκρυσταλλική	57,67449	****		

7) Στατιστικά αποτελέσματα για το ποσοστό ελαίου στα δείγματα αβοκάντο.

Effect	Univariate Tests of Significance for Έλαιο (avocado) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3,411843	1	3,411843	5553,355	0,000000
Χρόνος αποθήκευσης	0,015598	7	0,002228	3,627	0,001481
Μεμβράνη	0,044517	5	0,008903	14,492	0,000000
Αντιοξειδωτικό	0,001612	5	0,000322	0,525	0,757162
Error	0,067581	110	0,000614		

Duncan test; variable Έλαιο (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00061, df = 110,00				
Cell No.	Χρόνος αποθήκευσης	Έλαιο Mean	1	2
4	Ημέρα 4	0,218652	****	
1	Ημέρα 1	0,219668	****	
2	Ημέρα 2	0,220965	****	
3	Ημέρα 3	0,223652	****	
8	Ημέρα 8	0,235269	****	****
5	Ημέρα 5	0,235448	****	****
7	Ημέρα 7	0,244637		****
6	Ημέρα 6	0,248760		****

Duncan test; variable Έλαιο (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00061, df = 110,00					
Cell No.	Μεμβράνη	Έλαιο Mean	1	2	3
5	Χιτοζάνη	0,200812	****		
6	HPMC	0,217691	****		
4	Καζεΐνη	0,242678		****	
2	Πηκτίνη	0,243400		****	
3	Τυφλό 2	0,276137			****
1	Τυφλό 1	0,285720			****

Duncan test; variable Έλαιο (avocado) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00061, df = 110,00				
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Έλαιο Mean	1	2
5	Νανοκρυσταλλική	0,201877	****	
6	Τριαδικό	0,211355	****	
4	Κυκλοδεξτρίνη	0,213184	****	
2	Κερκετίνη	0,239499		****
3	Ροσμαρινικό	0,243094		****
1	Χωρίς	0,246014		****

B) Αποτελέσματα για όλες τις σειρές πειραμάτων της μπανάνας, με σκοπό τη μελέτη της επίδρασης όλων των μεμβρανών και αντιοξειδωτικών.

1) ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΒΑΡΟΥΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΜΠΑΝΑΝΑΣ.

Effect	Univariate Tests of Significance for Βάρος (banana) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,007477	1	0,007477	169,7977	0,000000
Ημέρα	0,001010	7	0,000144	3,2762	0,003360
Μεμβράνη	0,000827	5	0,000165	3,7545	0,003545
Αντιοξειδωτικό	0,000145	5	0,000029	0,6604	0,654236
Error	0,004844	110	0,000044		

Cell No.	Duncan test; variable Βάρος (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00004, df = 110,00			
	Ημέρα	Βάρος Mean	1	2
7	Ημέρα 7	0,008046	****	
1	Ημέρα 1	0,008128	****	
4	Ημέρα 4	0,008690	****	
5	Ημέρα 5	0,009356	****	
6	Ημέρα 6	0,009915	****	
8	Ημέρα 8	0,009916	****	
2	Ημέρα 2	0,011633	****	
3	Ημέρα 3	0,017214		****

Cell No.	Duncan test; variable Βάρος (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00004, df = 110,00			
	Μεμβράνη	Βάρος Mean	1	2
6	ΗPMC	0,005725		****
2	Πηκτίνη	0,010253	****	****
5	Χιτοζάνη	0,010696	****	****
1	Τυφλό 1	0,011915	****	
3	Τυφλό 2	0,012756	****	
4	Καζεΐνη	0,014894	****	

Cell No.	Duncan test; variable Βάρος (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00004, df = 110,00			
	Αντιοξειδωτικό	Βάρος Mean	1	2
6	Τριαδικό	0,008064	****	
4	Κυκλοδεξτρίνη	0,008201	****	
5	Νανοκρυσταλλική	0,008700	****	
1	Χωρίς	0,010444	****	****
2	Κερκετίνη	0,011637	****	****
3	Ροσμρινικό	0,014965		****

2) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή υγρασίας των δειγμάτων μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Υγρασία (banana) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	32,49159	1	32,49159	429082,1	0,000000
Ημέρα	0,00327	7	0,00047	6,2	0,000004
Μεμβράνη	0,00848	5	0,00170	22,4	0,000000
Αντιοξειδωτικό	0,00261	5	0,00052	6,9	0,000012
Error	0,00833	110	0,00008		

Duncan test; variable Υγρασία (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00008, df = 110,00							
Cell No.	Ημέρα	Υγρασία Mean	1	2	3	4	5
8	Ημέρα 8	0,743413				****	
6	Ημέρα 6	0,746614	****			****	
7	Ημέρα 7	0,748157	****	****		****	
5	Ημέρα 5	0,750676	****	****	****		
4	Ημέρα 4	0,751819	****	****	****		
3	Ημέρα 3	0,754714		****	****		****
2	Ημέρα 2	0,755975			****		****
1	Ημέρα 1	0,760019					****

Duncan test; variable Υγρασία (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00008, df = 110,00						
Cell No.	Μεμβράνη	Υγρασία Mean	1	2	3	4
1	Τυφλό 1	0,729532				****
5	Χιτοζάνη	0,742273				****
2	Πηκτίνη	0,751966	****			
6	ΗΡΜC	0,752108	****			
3	Τυφλό 2	0,762850		****		
4	Καζεΐνη	0,765656		****		

Duncan test; variable Υγρασία (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00008, df = 110,00						
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Υγρασία Mean	1	2	3	4
4	Κυκλοδεξτρίνη	0,741322	****			
6	Τριαδικό	0,744386	****	****		
1	Χωρίς	0,749211		****	****	
5	Νανοκρυσταλλική	0,753272			****	
3	Ροσμαρινικό	0,761942				****
2	Κερκετίνη	0,762832				****

3) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Χρώμα (banana) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	241030,0	1	241030,0	20566,15	0,000000
Ημέρα	1286,9	7	183,8	15,69	0,000000
Μεμβράνη	1323,4	5	264,7	22,58	0,000000
Αντιοξειδωτικό	890,5	5	178,1	15,20	0,000000
Error	1289,2	110	11,7		

Duncan test; variable Χρώμα (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 11,720, df = 110,00							
Cell No.	Ημέρα	Χρώμα Mean	1	2	3	4	5
8	Ημέρα 8	58,49146	****				
7	Ημέρα 7	59,89189	****	****			
6	Ημέρα 6	60,04230	****	****			
5	Ημέρα 5	62,25058		****			****
4	Ημέρα 4	63,88300			****		****
3	Ημέρα 3	65,66502			****	****	
2	Ημέρα 2	66,05084			****	****	
1	Ημέρα 1	67,89344				****	

Duncan test; variable Χρώμα (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 11,720, df = 110,00						
Cell No.	Μεμβράνη	Χρώμα Mean	1	2	3	4
4	Καζείνη	59,15479		****		
5	Χιτοζάνη	61,76762	****			
2	Πηκτίνη	61,95436	****			
6	ΗPMC	62,54969	****			
1	Τυφλό 1	72,37427			****	
3	Τυφλό 2	75,36610				****

Duncan test; variable Χρώμα (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 11,720, df = 110,00							
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Χρώμα Mean	1	2	3	4	5
3	Ροσμαρινικό	56,37544			****		
2	Κερκετίνη	59,10112	****				
6	Τριαδικό	61,26460	****	****			
5	Νανοκρυσταλλική	61,58035		****			
4	Κυκλοδεξτρίνη	63,92816				****	
1	Χωρίς	67,30628					****

4) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Υφή (banana) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	196,4534	1	196,4534	3595,939	0,000000
Ημέρα	6,7360	7	0,9623	17,614	0,000000
Μεμβράνη	4,4281	5	0,8856	16,211	0,000000
Αντιοξειδωτικό	0,4846	5	0,0969	1,774	0,124048
Error	6,0095	110	0,0546		

Duncan test; variable Υφή (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,05463, df = 110,00							
Cell No.	Ημέρα	Υφή Mean	1	2	3	4	5
6	Ημέρα 6	1,653544	****				
7	Ημέρα 7	1,706067	****				
5	Ημέρα 5	1,743273	****				
8	Ημέρα 8	1,806575	****	****			
4	Ημέρα 4	1,916367		****	****		
2	Ημέρα 2	2,022338			****	****	
3	Ημέρα 3	2,134060				****	
1	Ημέρα 1	2,371477					****

Duncan test; variable Υφή (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,05463, df = 110,00					
Cell No.	Μεμβράνη	Υφή Mean	1	2	3
4	Καζείνη	1,549282	****		
3	Τυφλό 2	1,557713	****		
2	Πηκτίνη	1,645389	****		
1	Τυφλό 1	1,946008		****	
6	HPMC	2,089615		****	
5	Χιτοζάνη	2,315302			****

Duncan test; variable Υφή (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,05463, df = 110,00						
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Υφή Mean	1	2	3	4
3	Ροσμαρινικό	1,569852	****			
2	Κερκετίνη	1,595608	****			
1	Χωρίς	1,859177			****	
4	Κυκλοδεξτρίνη	2,065667				****
6	Τριαδικό	2,264271		****		
5	Νανοκρυσταλλική	2,280771		****		

5) Στατιστικά αποτελέσματα για την περιεκτικότητα των δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C.

Univariate Tests of Significance for Βιταμίνη C (banana) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,013198	1	0,013198	5335,423	0,000000
Ημέρα	0,000059	7	0,000008	3,415	0,002428
Μεμβράνη	0,000170	5	0,000034	13,719	0,000000
Αντιοξειδωτικό	0,000026	5	0,000005	2,077	0,073624
Error	0,000272	110	0,000002		

Duncan test; variable Βιταμίνη C (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 110,00					
Cell No.	Ημέρα	Βιταμίνη C Mean	1	2	3
5	Ημέρα 5	0,014403			****
4	Ημέρα 4	0,015129	****		****
7	Ημέρα 7	0,015152	****		****
6	Ημέρα 6	0,015651	****	****	
8	Ημέρα 8	0,015716	****	****	
1	Ημέρα 1	0,016042	****	****	
2	Ημέρα 2	0,016428		****	
3	Ημέρα 3	0,016577		****	

Duncan test; variable Βιταμίνη C (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 110,00							
Cell No.	Μεμβράνη	Βιταμίνη C Mean	1	2	3	4	5
4	Καζείνη	0,013201	****				
3	Τυφλό 2	0,014003	****	****			
2	Πηκτίνη	0,014963		****	****		
1	Τυφλό 1	0,015428			****	****	
5	Χιτοζάνη	0,016501				****	****
6	HPMC	0,017567					****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (banana) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 110,00						
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Βιταμίνη C Mean	1	2	3	4
3	Ροσμαρικό	0,013882	****			
2	Κερκετίνη	0,014326	****			
1	Χωρίς	0,015410		****		
4	Κυκλοδεξτρίνη	0,016222		****	****	
5	Νανοκρυσταλλική	0,016680			****	
6	Τριαδικό	0,017758				****

C) Αποτελέσματα για την 1^η και 2^η σειρά πειραμάτων, με σκοπό την εξέταση της επίδρασης απλών μεμβρανών και αντιοξειδωτικών στα δείγματα αβοκάντο.

1) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή βάρους των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for Βάρος (avocado_1_2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,012659	1	0,012659	185,9418	0,000000
Ημέρα	0,002373	7	0,000339	4,9787	0,000240
Μεμβράνη	0,000645	3	0,000215	3,1568	0,032512
Αντιοξειδωτικό	0,000426	2	0,000213	3,1288	0,052275
Error	0,003472	51	0,000068		

Duncan test; variable Βάρος (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00007, df = 51,000					
Cell No.	Ημέρα	Βάρος Mean	1	2	3
6	Ημέρα 6	0,013285	****		
5	Ημέρα 5	0,013481	****		
7	Ημέρα 7	0,015172	****		
8	Ημέρα 8	0,016286	****		
2	Ημέρα 2	0,018800	****		
4	Ημέρα 4	0,021254	****	****	
3	Ημέρα 3	0,028102		****	****
1	Ημέρα 1	0,030230			****

Duncan test; variable Βάρος (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00007, df = 51,000				
Cell No.	Μεμβράνη	Βάρος Mean	1	2
3	Τυφλό 2	0,012239	****	
4	Καζείνη	0,017919	****	****
1	Τυφλό 1	0,018442	****	****
2	Πηκτίνη	0,024058		****

Duncan test; variable Βάρος (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00007, df = 51,000				
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Βάρος Mean	1	2
1	Χωρίς	0,016439	****	
2	Κερκετίνη	0,020619	****	****
3	Ροσμαρινικό	0,024807		****

2) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for Υγρασία (avocado_1_2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	17,62919	1	17,62919	22151,69	0,000000
Ημέρα	0,00868	7	0,00124	1,56	0,169481
Μεμβράνη	0,01950	3	0,00650	8,17	0,000155
Αντιοξειδωτικό	0,00101	2	0,00051	0,64	0,533871
Error	0,04059	51	0,00080		

Duncan test; variable Υγρασία (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00080, df = 51,000				
Cell No.	Ημέρα	Υγρασία Mean	1	2
7	Ημέρα 7	0,734974	****	
6	Ημέρα 6	0,741981	****	****
5	Ημέρα 5	0,746003	****	****
8	Ημέρα 8	0,748770	****	****
1	Ημέρα 1	0,751040	****	****
4	Ημέρα 4	0,760281	****	****
3	Ημέρα 3	0,765269	****	****
2	Ημέρα 2	0,772126		****

Duncan test; variable Υγρασία (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00080, df = 51,000				
Cell No.	Μεμβράνη	Υγρασία Mean	1	2
1	Τυφλό 1	0,707899	****	
3	Τυφλό 2	0,723203	****	
4	Καζείνη	0,758222		****
2	Πηκτίνη	0,771559		****

Duncan test; variable Υγρασία (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00080, df = 51,000				
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Υγρασία Mean	1	2
1	Χωρίς	0,738207		****
3	Ροσμαρινικό	0,762496	****	
2	Κερκετίνη	0,771313	****	

3) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for Χρώμα (avocado_1_2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	150655,5	1	150655,5	2490,383	0,000000
Ημέρα	1032,2	7	147,5	2,438	0,031057
Μεμβράνη	363,6	3	121,2	2,004	0,125149
Αντιοξειδωτικό	1661,8	2	830,9	13,735	0,000017
Error	3085,2	51	60,5		

Duncan test; variable Χρώμα (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 60,495, df = 51,000				
Cell No.	Ημέρα	Χρώμα Mean	1	2
8	Ημέρα 8	61,57604		****
7	Ημέρα 7	66,46343	****	****
6	Ημέρα 6	68,86026	****	****
4	Ημέρα 4	69,27788	****	****
3	Ημέρα 3	70,66851	****	
2	Ημέρα 2	73,08660	****	
5	Ημέρα 5	73,43407	****	
1	Ημέρα 1	74,73478	****	

Duncan test; variable Χρώμα (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 60,495, df = 51,000				
Cell No.	Μεμβράνη	Χρώμα Mean	1	2
4	Καζεΐνη	66,58165	****	
2	Πηκτίνη	68,98117	****	
3	Τυφλό 2	71,58123	****	
1	Τυφλό 1	79,83187		****

Duncan test; variable Χρώμα (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 60,495, df = 51,000					
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Χρώμα Mean	1	2	3
3	Ροσμαρινικό	59,90281	****		
2	Κερκετίνη	69,40154		****	
1	Χωρίς	74,87322			****

4) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for Υφή (avocado_1_2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	13,35265	1	13,35265	35,96956	0,000000
Ημέρα	5,32723	7	0,76103	2,05008	0,066397
Μεμβράνη	2,47803	3	0,82601	2,22512	0,096461
Αντιοξειδωτικό	4,85480	2	2,42740	6,53897	0,002965
Error	18,93226	51	0,37122		

Duncan test; variable Υφή (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,37122, df = 51,000				
Cell No.	Ημέρα	Υφή Mean	1	2
2	Ημέρα 2	0,553350	****	
1	Ημέρα 1	0,571763	****	
8	Ημέρα 8	0,653433	****	
3	Ημέρα 3	0,663967	****	
4	Ημέρα 4	0,689188	****	
7	Ημέρα 7	0,757158	****	****
6	Ημέρα 6	1,207200	****	****
5	Ημέρα 5	1,377704		****

Duncan test; variable Υφή (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,37122, df = 51,000			
Cell No.	Μεμβράνη	Υφή Mean	1
1	Τυφλό 1	0,599367	****
4	Καζείνη	0,694636	****
3	Τυφλό 2	0,819808	****
2	Πηκτίνη	0,990226	****

Duncan test; variable Υφή (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,37122, df = 51,000				
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Υφή Mean	1	2
3	Ροσμαρινικό	0,394617		****
1	Χωρίς	0,906054	****	
2	Κερκετίνη	1,030156	****	

5) Στατιστικά αποτελέσματα για την περιεκτικότητα των δειγμάτων αβοκάντο σε βιταμίνη C.

Univariate Tests of Significance for Βιταμίνη C (avocado_1_2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,005531	1	0,005531	891,0084	0,000000
Ημέρα	0,000091	7	0,000013	2,0932	0,061052
Μεμβράνη	0,000157	3	0,000052	8,4530	0,000117
Αντιοξειδωτικό	0,000032	2	0,000016	2,5409	0,088736
Error	0,000317	51	0,000006		

Duncan test; variable Βιταμίνη C (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00001, df = 51,000				
Cell No.	Ημέρα	Βιταμίνη C Mean	1	2
7	Ημέρα 7	0,012320	****	
2	Ημέρα 2	0,012551	****	
3	Ημέρα 3	0,012612	****	
4	Ημέρα 4	0,012715	****	
8	Ημέρα 8	0,012967	****	
6	Ημέρα 6	0,013011	****	
1	Ημέρα 1	0,015000	****	****
5	Ημέρα 5	0,015746		****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00001, df = 51,000					
Cell No.	Μεμβράνη	Βιταμίνη C Mean	1	2	3
4	Καζεΐνη	0,011694	****		
3	Τυφλό 2	0,012273	****		
2	Πηκτίνη	0,014345		****	
1	Τυφλό 1	0,016533			****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00001, df = 51,000				
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Βιταμίνη C Mean	1	2
2	Κερκετίνη	0,012282	****	
3	Ροσμαρινικό	0,012628	****	
1	Χωρίς	0,014276		****

6) Στατιστικά αποτελέσματα για τον αριθμό υπεροξειδίων ελαίου στα δείγματα αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for PV (avocado_1_2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	13006,88	1	13006,88	80,01818	0,000000
Ημέρα	8792,71	7	1256,10	7,72752	0,000002
Μεμβράνη	14,05	3	4,68	0,02881	0,993327
Αντιοξειδωτικό	428,50	2	214,25	1,31806	0,276616
Error	8290,00	51	162,55		

Duncan test; variable PV (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 162,55, df = 51,000						
Cell No.	Ημέρα	PV Mean	1	2	3	4
5	Ημέρα 5	7,54928	****			
7	Ημέρα 7	7,62161	****			
8	Ημέρα 8	10,92794	****	****		
6	Ημέρα 6	12,09597	****	****		
4	Ημέρα 4	20,46456	****	****	****	
3	Ημέρα 3	23,92828		****	****	
1	Ημέρα 1	30,87461			****	****
2	Ημέρα 2	42,67225				****

Duncan test; variable PV (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 162,55, df = 51,000			
Cell No.	Μεμβράνη	PV Mean	1
1	Τυφλό 1	18,50127	****
3	Τυφλό 2	18,91984	****
2	Πηκτίνη	19,35642	****
4	Καζεΐνη	20,21471	****

Duncan test; variable PV (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 162,55, df = 51,000			
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	PV Mean	1
3	Ροσμρινικό	17,39843	****
1	Χωρίς	18,33514	****
2	Κερκετίνη	23,99853	****

7) Στατιστικά αποτελέσματα για το ποσοστό ελαίου των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for Έλαιο (avocado_1_2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2,167218	1	2,167218	2773,143	0,000000
Ημέρα	0,007098	7	0,001014	1,297	0,270585
Μεμβράνη	0,009843	3	0,003281	4,198	0,009913
Αντιοξειδωτικό	0,000395	2	0,000197	0,253	0,777764
Error	0,039857	51	0,000782		

Duncan test; variable Έλαιο (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00078, df = 51,000			
Cell No.	Ημέρα	Έλαιο Mean	1
4	Ημέρα 4	0,239366	****
2	Ημέρα 2	0,242915	****
1	Ημέρα 1	0,243353	****
3	Ημέρα 3	0,245363	****
5	Ημέρα 5	0,256843	****
7	Ημέρα 7	0,259398	****
6	Ημέρα 6	0,262305	****
8	Ημέρα 8	0,270547	****

Duncan test; variable Έλαιο (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00078, df = 51,000				
Cell No.	Μεμβράνη	Έλαιο Mean	1	2
4	Καζείνη	0,242678	****	
2	Πηκτίνη	0,243400	****	
3	Τυφλό 2	0,276137		****
1	Τυφλό 1	0,285720		****

Duncan test; variable Έλαιο (avocado_1_2) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00078, df = 51,000				
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Έλαιο Mean	1	2
2	Κερκετίνη	0,239499	****	
3	Ροσμρινικό	0,243094	****	
1	Χωρίς	0,263726		****

D) Αποτελέσματα για την 3^η και 4^η σειρά πειραμάτων, με σκοπό την εξέταση της επίδρασης απλών μεμβρανών και αντιοξειδωτικών στα δείγματα μπανάνας.

1) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Βάρος (banana_3_4)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,005560	1	0,005560	77,15695	0,000000
Ημέρα	0,001956	7	0,000279	3,87809	0,001862
Μεμβράνη	0,000273	3	0,000091	1,26372	0,296675
Αντιοξειδωτικό	0,000139	2	0,000070	0,96749	0,386900
Error	0,003675	51	0,000072		

Duncan test; variable Βάρος (banana_3_4)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,00007, df = 51,000				
Cell No.	Ημέρα	Βάρος Mean	1	2
1	Ημέρα 1	0,005680	****	
7	Ημέρα 7	0,008905	****	
4	Ημέρα 4	0,008934	****	
5	Ημέρα 5	0,010771	****	
6	Ημέρα 6	0,012437	****	
2	Ημέρα 2	0,013391	****	
8	Ημέρα 8	0,014695	****	
3	Ημέρα 3	0,025298		****

Duncan test; variable Βάρος (banana_3_4)			
Homogenous Groups, alpha = ,05000			
Error: Between MS = ,00007, df = 51,000			
Cell No.	Μεμβράνη	Βάρος Mean	1
2	Πηκτίνη	0,010253	****
1	Τυφλό 1	0,011915	****
3	Τυφλό 2	0,012756	****
4	Καζεΐνη	0,014894	****

Duncan test; variable Βάρος (banana_3_4)			
Homogenous Groups, alpha = ,05000			
Error: Between MS = ,00007, df = 51,000			
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Βάρος Mean	1
2	Κερκετίνη	0,011637	****
1	Χωρίς	0,011727	****
3	Ροσμαρικό	0,014965	****

2) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Υγρασία (banana_3_4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	18,29288	1	18,29288	276598,3	0,000000
Ημέρα	0,00065	7	0,00009	1,4	0,224206
Μεμβράνη	0,00693	3	0,00231	34,9	0,000000
Αντιοξειδωτικό	0,00123	2	0,00062	9,3	0,000353
Error	0,00337	51	0,00007		

Duncan test; variable Υγρασία (banana_3_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00007, df = 51,000				
Cell No.	Ημέρα	Υγρασία Mean	1	2
8	Ημέρα 8	0,750228	****	
6	Ημέρα 6	0,752206	****	****
1	Ημέρα 1	0,753977	****	****
7	Ημέρα 7	0,755518	****	****
5	Ημέρα 5	0,756216	****	****
4	Ημέρα 4	0,758380	****	****
2	Ημέρα 2	0,758406	****	****
3	Ημέρα 3	0,760319		****

Duncan test; variable Υγρασία (banana_3_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00007, df = 51,000					
Cell No.	Μεμβράνη	Υγρασία Mean	1	2	3
1	Τυφλό 1	0,729532		****	
2	Πηκτίνη	0,751966			****
3	Τυφλό 2	0,762850	****		
4	Καζεΐνη	0,765656	****		

Duncan test; variable Υγρασία (banana_3_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00007, df = 51,000				
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Υγρασία Mean	1	2
1	Χωρίς	0,748925		****
3	Ροσμαρινικό	0,761942	****	
2	Κερκετίνη	0,762832	****	

3) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Χρώμα (banana_3_4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	132699,4	1	132699,4	12902,65	0,000000
Ημέρα	271,2	7	38,7	3,77	0,002306
Μεμβράνη	602,1	3	200,7	19,51	0,000000
Αντιοξειδωτικό	820,9	2	410,4	39,91	0,000000
Error	524,5	51	10,3		

Duncan test; variable Χρώμα (banana_3_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 10,285, df = 51,000						
Cell No.	Ημέρα	Χρώμα Mean	1	2	3	4
8	Ημέρα 8	60,77258				****
7	Ημέρα 7	61,22429			****	****
6	Ημέρα 6	62,62132	****		****	****
5	Ημέρα 5	64,53059	****	****	****	
4	Ημέρα 4	64,71330	****	****	****	
2	Ημέρα 2	64,85126	****	****		
3	Ημέρα 3	64,95546	****	****		
1	Ημέρα 1	67,39901		****		

Duncan test; variable Χρώμα (banana_3_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 10,285, df = 51,000						
Cell No.	Μεμβράνη	Χρώμα Mean	1	2	3	4
4	Καζεΐνη	59,15479	****			
2	Πηκτίνη	61,95436		****		
1	Τυφλό 1	72,37427			****	
3	Τυφλό 2	75,36610				****

Duncan test; variable Χρώμα (banana_3_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 10,285, df = 51,000					
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Χρώμα Mean	1	2	3
3	Ροσμαρινικό	56,37544	****		
2	Κερκετίνη	59,10112		****	
1	Χωρίς	70,02867			****

4) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Υφή (banana_3_4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	88,17843	1	88,17843	3945,411	0,000000
Ημέρα	1,75439	7	0,25063	11,214	0,000000
Μεμβράνη	0,83956	3	0,27985	12,522	0,000003
Αντιοξειδωτικό	0,02579	2	0,01289	0,577	0,565283
Error	1,13983	51	0,02235		

Duncan test; variable Υφή (banana_3_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02235, df = 51,000						
Cell No.	Ημέρα	Υφή Mean	1	2	3	4
7	Ημέρα 7	1,450050	****			
2	Ημέρα 2	1,484675	****	****		
6	Ημέρα 6	1,514504	****	****		
5	Ημέρα 5	1,594754	****	****	****	
8	Ημέρα 8	1,625025		****	****	
4	Ημέρα 4	1,688775			****	
3	Ημέρα 3	1,727871			****	
1	Ημέρα 1	2,002079				****

Duncan test; variable Υφή (banana_3_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02235, df = 51,000				
Cell No.	Μεμβράνη	Υφή Mean	1	2
4	Καζεΐνη	1,549282	****	
3	Τυφλό 2	1,557713	****	
2	Πηκτίνη	1,645389	****	
1	Τυφλό 1	1,946008		****

Duncan test; variable Υφή (banana_3_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02235, df = 51,000				
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Υφή Mean	1	2
3	Ροσμαρινικό	1,569852	****	
2	Κερκετίνη	1,595608	****	****
1	Χωρίς	1,689203		****

5) Στατιστικά αποτελέσματα για την περιεκτικότητα των δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C.

Univariate Tests of Significance for Βιταμίνη C (banana_3_4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,006655	1	0,006655	4452,768	0,000000
Ημέρα	0,000015	7	0,000002	1,403	0,224604
Μεμβράνη	0,000049	3	0,000016	10,942	0,000012
Αντιοξειδωτικό	0,000002	2	0,000001	0,542	0,584763
Error	0,000076	51	0,000001		

Duncan test; variable Βιταμίνη C (banana_3_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 51,000				
Cell No.	Ημέρα	Βιταμίνη C Mean	1	2
7	Ημέρα 7	0,013275	****	
5	Ημέρα 5	0,013921	****	****
4	Ημέρα 4	0,014031	****	****
1	Ημέρα 1	0,014314	****	****
8	Ημέρα 8	0,014364	****	****
3	Ημέρα 3	0,014394	****	****
2	Ημέρα 2	0,014639	****	****
6	Ημέρα 6	0,014985		****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (banana_3_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 51,000					
Cell No.	Μεμβράνη	Βιταμίνη C Mean	1	2	3
4	Καζεΐνη	0,013201	****		
3	Τυφλό 2	0,014003	****	****	
2	Πηκτίνη	0,014963		****	****
1	Τυφλό 1	0,015428			****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (banana_3_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 51,000			
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Βιταμίνη C Mean	1
3	Ροσμρινικό	0,013882	****
2	Κερκετίνη	0,014326	****
1	Χωρίς	0,014377	****

Ε) Αποτελέσματα για την 5^η και 6^η σειρά πειραμάτων, με σκοπό την εξέταση της επίδρασης απλών και σύνθετων μεμβρανών στα δείγματα αβοκάντο.

1) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for Βάρος (avocado_5_6) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,038026	1	0,038026	2069,088	0,000000
Ημέρα	0,000939	7	0,000134	7,302	0,000004
Μεμβράνη	0,000668	1	0,000668	36,373	0,000000
Αντιοξειδωτικό	0,000633	3	0,000211	11,481	0,000007
Error	0,000956	52	0,000018		

Duncan test; variable Βάρος (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00002, df = 52,000					
Cell No.	Ημέρα	Βάρος Mean	1	2	3
8	Ημέρα 8	0,017045			****
7	Ημέρα 7	0,021035		****	****
6	Ημέρα 6	0,021913		****	
5	Ημέρα 5	0,025154	****	****	
4	Ημέρα 4	0,025641	****	****	
3	Ημέρα 3	0,026675	****		
2	Ημέρα 2	0,028343	****		
1	Ημέρα 1	0,029195	****		

Duncan test; variable Βάρος (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00002, df = 52,000				
Cell No.	Μεμβράνη	Βάρος Mean	1	2
2	ΗPMC	0,021143	****	
1	Χιτοζάνη	0,027607		****

Duncan test; variable Βάρος (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00002, df = 52,000					
Cell No.	Πρόσθετο	Βάρος Mean	1	2	3
4	Τριαδικό	0,020153		****	
2	Κυκλοδεξτρίνη	0,023909	****		
3	Νανοκρυσταλλική	0,024425	****		
1	Χωρίς	0,029014			****

2) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for Υγρασία (avocado_5_6) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	41,91712	1	41,91712	22392,13	0,000000
Ημέρα	0,05378	7	0,00768	4,10	0,001179
Μεμβράνη	0,00102	1	0,00102	0,55	0,463082
Αντιοξειδωτικό	0,00238	3	0,00079	0,42	0,737123
Error	0,09734	52	0,00187		

Duncan test; variable Υγρασία (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00187, df = 52,000				
Cell No.	Ημέρα	Υγρασία Mean	1	2
6	Ημέρα 6	0,778243	****	
5	Ημέρα 5	0,780743	****	
4	Ημέρα 4	0,797069	****	
8	Ημέρα 8	0,797172	****	
2	Ημέρα 2	0,809337	****	
3	Ημέρα 3	0,813161	****	
1	Ημέρα 1	0,822580	****	
7	Ημέρα 7	0,876037		****

Duncan test; variable Υγρασία (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00187, df = 52,000			
Cell No.	Μεμβράνη	Υγρασία Mean	1
1	Χιτοζάνη	0,805295	****
2	HPMC	0,813291	****

Duncan test; variable Υγρασία (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00187, df = 52,000			
Cell No.	Πρόσθετο	Υγρασία Mean	1
1	Χωρίς	0,805555	****
4	Τριαδικό	0,805593	****
2	Κυκλοδεξτρίνη	0,806184	****
3	Νανοκρυσταλλική	0,819839	****

3) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for Χρώμα (avocado_5_6) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	247619,1	1	247619,1	6158,689	0,000000
Ημέρα	2965,9	7	423,7	10,538	0,000000
Μεμβράνη	82,6	1	82,6	2,055	0,157708
Αντιοξειδωτικό	159,9	3	53,3	1,326	0,275978
Error	2090,7	52	40,2		

Duncan test; variable Χρώμα (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 40,206, df = 52,000					
Cell No.	Ημέρα	Χρώμα Mean	1	2	3
8	Ημέρα 8	51,61521			****
7	Ημέρα 7	51,85927			****
4	Ημέρα 4	61,35253	****		
5	Ημέρα 5	61,85199	****		
3	Ημέρα 3	64,83137	****		
1	Ημέρα 1	66,12742	****	****	
2	Ημέρα 2	68,08020	****	****	
6	Ημέρα 6	71,89538		****	

Duncan test; variable Χρώμα (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 40,206, df = 52,000			
Cell No.	Μεμβράνη	Χρώμα Mean	1
2	ΗPMC	61,06549	****
1	Χιτοζάνη	63,33786	****

Duncan test; variable Χρώμα (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 40,206, df = 52,000			
Cell No.	Πρόσθετο	Χρώμα Mean	1
3	Νανοκρυσταλλική	60,54935	****
4	Τριαδικό	61,36972	****
1	Χωρίς	62,12351	****
2	Κυκλοδεξτρίνη	64,76412	****

4) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for Υφή (avocado_5_6) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	7,152505	1	7,152505	645,8335	0,000000
Ημέρα	1,078622	7	0,154089	13,9134	0,000000
Μεμβράνη	0,052250	1	0,052250	4,7179	0,034432
Αντιοξειδωτικό	0,061562	3	0,020521	1,8529	0,149094
Error	0,575892	52	0,011075		

Duncan test; variable Υφή (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01107, df = 52,000						
Cell No.	Ημέρα	Υφή Mean	1	2	3	4
8	Ημέρα 8	0,209000	****			
7	Ημέρα 7	0,221042	****	****		
6	Ημέρα 6	0,233417	****	****		
5	Ημέρα 5	0,244083	****	****		
4	Ημέρα 4	0,326417		****	****	
3	Ημέρα 3	0,362125			****	
2	Ημέρα 2	0,499125				****
1	Ημέρα 1	0,579208				****

Duncan test; variable Υφή (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01107, df = 52,000				
Cell No.	Μεμβράνη	Υφή Mean	1	2
1	Χιτοζάνη	0,305729	****	
2	HPMC	0,362875		****

Duncan test; variable Υφή (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01107, df = 52,000			
Cell No.	Πρόσθετο	Υφή Mean	1
3	Νανοκρυσταλλική	0,282125	****
1	Χωρίς	0,340104	****
2	Κυκλοδεξτρίνη	0,354646	****
4	Τριαδικό	0,360333	****

5) Στατιστικά αποτελέσματα για την περιεκτικότητα των δειγμάτων αβοκάντο σε βιταμίνη C.

Univariate Tests of Significance for Βιταμίνη C (avocado_5_6) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,041704	1	0,041704	18508,65	0,000000
Ημέρα	0,000081	7	0,000012	5,12	0,000178
Μεμβράνη	0,000209	1	0,000209	92,57	0,000000
Αντιοξειδωτικό	0,000047	3	0,000016	6,93	0,000518
Error	0,000117	52	0,000002		

Duncan test; variable Βιταμίνη C (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 52,000					
Cell No.	Ημέρα	Βιταμίνη C Mean	1	2	3
8	Ημέρα 8	0,023574			****
7	Ημέρα 7	0,024573	****		****
6	Ημέρα 6	0,024638	****		****
2	Ημέρα 2	0,025658	****	****	
4	Ημέρα 4	0,025825	****	****	
3	Ημέρα 3	0,025999	****	****	
5	Ημέρα 5	0,026796		****	
1	Ημέρα 1	0,027153		****	

Duncan test; variable Βιταμίνη C (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 52,000				
Cell No.	Μεμβράνη	Βιταμίνη C Mean	1	2
1	Χιτοζάνη	0,023722	****	
2	HPMC	0,027332		****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 52,000					
Cell No.	Πρόσθετο	Βιταμίνη C Mean	1	2	3
2	Κυκλοδεξτρίνη	0,024276	****		
4	Τριαδικό	0,025340	****	****	
3	Νανοκρυσταλλική	0,025862		****	****
1	Χωρίς	0,026630			****

6) Στατιστικά αποτελέσματα για τον αριθμό υπεροξειδίων ελαίου των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for PV (avocado_5_6) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	211591,7	1	211591,7	1325,447	0,000000
Ημέρα	1771,1	7	253,0	1,585	0,160699
Μεμβράνη	145,1	1	145,1	0,909	0,344866
Αντιοξειδωτικό	689,8	3	229,9	1,440	0,241661
Error	8301,2	52	159,6		

Duncan test; variable PV (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 159,64, df = 52,000				
Cell No.	Ημέρα	PV Mean	1	2
5	Ημέρα 5	47,07102		****
7	Ημέρα 7	52,43070	****	****
1	Ημέρα 1	55,87933	****	****
6	Ημέρα 6	58,66290	****	****
3	Ημέρα 3	59,33510	****	****
4	Ημέρα 4	59,92535	****	****
2	Ημέρα 2	61,69815	****	
8	Ημέρα 8	64,98846	****	

Duncan test; variable PV (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 159,64, df = 52,000			
Cell No.	Μεμβράνη	PV Mean	1
2	ΗPMC	55,99334	****
1	Χιτοζάνη	59,00442	****

Duncan test; variable PV (avocado_5_6) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 159,64, df = 52,000			
Cell No.	Πρόσθετο	PV Mean	1
4	Τριαδικό	53,54884	****
2	Κυκλοδεξτρίνη	56,19593	****
3	Νανοκρυσταλλική	57,67449	****
1	Χωρίς	62,57624	****

7) Στατιστικά αποτελέσματα για το ποσοστό ελαίου των δειγμάτων αβοκάντο.

Univariate Tests of Significance for Έλαιο (avocado_5_6)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2,802315	1	2,802315	6374,488	0,000000
Ημέρα	0,013365	7	0,001909	4,343	0,000750
Μεμβράνη	0,004559	1	0,004559	10,369	0,002210
Πρόσθετο	0,001217	3	0,000406	0,923	0,436395
Error	0,022860	52	0,000440		

Duncan test; variable Έλαιο (avocado_5_6)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,00044, df = 52,000				
Cell No.	Ημέρα	Έλαιο Mean	1	2
1	Ημέρα 1	0,195983	****	
4	Ημέρα 4	0,197937	****	
2	Ημέρα 2	0,199015	****	
8	Ημέρα 8	0,199991	****	
3	Ημέρα 3	0,201941	****	
5	Ημέρα 5	0,214053	****	****
7	Ημέρα 7	0,229877		****
6	Ημέρα 6	0,235215		****

Duncan test; variable Έλαιο (avocado_5_6)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,00044, df = 52,000				
Cell No.	Μεμβράνη	Έλαιο Mean	1	2
1	Χιτοζάνη	0,200812	****	
2	HPMC	0,217691		****

Duncan test; variable Έλαιο (avocado_5_6)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,00044, df = 52,000				
Cell No.	Πρόσθετο	Έλαιο Mean	1	
3	Νανοκρυσταλλική	0,201877	****	
1	Χωρίς	0,210591	****	
4	Τριαδικό	0,211355	****	
2	Κυκλοδεξτρίνη	0,213184	****	

F) Αποτελέσματα για την 7^η και 8^η σειρά πειραμάτων, με σκοπό την εξέταση της επίδρασης απλών και σύνθετων μεμβρανών στα δείγματα μπανάνας.

1) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Βάρος (banana_7_8)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,004315	1	0,004315	3862,862	0,000000
Ημέρα	0,000164	7	0,000023	20,979	0,000000
Μεμβράνη	0,000395	1	0,000395	353,969	0,000000
Αντιοξειδωτικό	0,000006	3	0,000002	1,779	0,162708
Error	0,000058	52	0,000001		

Duncan test; variable Βάρος (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 52,000								
Cell No.	Ημέρα	Βάρος Mean	1	2	3	4	5	6
8	Ημέρα 8	0,005137						****
7	Ημέρα 7	0,007186	****					
6	Ημέρα 6	0,007394	****	****				
5	Ημέρα 5	0,007941	****	****				
4	Ημέρα 4	0,008447		****	****			
3	Ημέρα 3	0,009129			****	****		
2	Ημέρα 2	0,009876				****	****	
1	Ημέρα 1	0,010577						****

Duncan test; variable Βάρος (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 52,000				
Cell No.	Μεμβράνη	Βάρος Mean	1	2
2	ΗPMC	0,005725	****	
1	Χιτοζάνη	0,010696		****

Duncan test; variable Βάρος (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 52,000				
Cell No.	Πρόσθετο	Βάρος Mean	1	2
1	Χωρίς	0,007877	****	
4	Τριαδικό	0,008064	****	****
2	Κυκλοδεξτρίνη	0,008201	****	****
3	Νανοκρυσταλλική	0,008700		****

2) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Υγρασία (banana_7_8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	35,73078	1	35,73078	668680,7	0,000000
Ημέρα	0,00479	7	0,00068	12,8	0,000000
Μεμβράνη	0,00155	1	0,00155	29,0	0,000002
Πρόσθετο	0,00138	3	0,00046	8,6	0,000100
Error	0,00278	52	0,00005		

Duncan test; variable Υγρασία (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00005, df = 52,000							
Cell No.	Ημέρα	Υγρασία Mean	1	2	3	4	5
8	Ημέρα 8	0,736598		****			
7	Ημέρα 7	0,740795	****	****			
6	Ημέρα 6	0,741023	****	****			
5	Ημέρα 5	0,745137	****		****		
4	Ημέρα 4	0,745258	****		****		
3	Ημέρα 3	0,749108			****	****	
2	Ημέρα 2	0,753543				****	
1	Ημέρα 1	0,766061					****

Duncan test; variable Υγρασία (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00005, df = 52,000				
Cell No.	Μεμβράνη	Υγρασία Mean	1	2
1	Χιτοζάνη	0,742273	****	
2	ΗPMC	0,752108		****

Duncan test; variable Υγρασία (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00005, df = 52,000				
Cell No.	Πρόσθετο	Υγρασία Mean	1	2
2	Κυκλοδεξτρίνη	0,741322	****	
4	Τριαδικό	0,744386	****	
1	Χωρίς	0,749781		****
3	Νανοκρυσταλλική	0,753272		****

3) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Χρώμα (banana_7_8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	247276,7	1	247276,7	25085,83	0,000000
Ημέρα	1267,8	7	181,1	18,37	0,000000
Μεμβράνη	9,8	1	9,8	0,99	0,323677
Πρόσθετο	69,7	3	23,2	2,36	0,082537
Error	512,6	52	9,9		

Duncan test; variable Χρώμα (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 9,8572, df = 52,000						
Cell No.	Ημέρα	Χρώμα Mean	1	2	3	4
8	Ημέρα 8	56,21034	****			
6	Ημέρα 6	57,46327	****	****		
7	Ημέρα 7	58,55948	****	****		
5	Ημέρα 5	59,97058		****		****
4	Ημέρα 4	63,05270				****
3	Ημέρα 3	66,37457			****	
2	Ημέρα 2	67,25041			****	
1	Ημέρα 1	68,38787			****	

Duncan test; variable Χρώμα (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 9,8572, df = 52,000			
Cell No.	Μεμβράνη	Χρώμα Mean	1
1	Χιτοζάνη	61,76762	****
2	ΗPMC	62,54969	****

Duncan test; variable Χρώμα (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 9,8572, df = 52,000				
Cell No.	Πρόσθετο	Χρώμα Mean	1	2
4	Τριαδικό	61,26460	****	
3	Νανοκρυσταλλική	61,58035	****	
1	Χωρίς	61,86150	****	****
2	Κυκλοδεξτρίνη	63,92816		****

4) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Υφή (banana_7_8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	310,4527	1	310,4527	6153,659	0,000000
Ημέρα	7,2279	7	1,0326	20,467	0,000000
Μεμβράνη	0,8150	1	0,8150	16,154	0,000189
Πρόσθετο	0,4588	3	0,1529	3,032	0,037398
Error	2,6234	52	0,0505		

Duncan test; variable Υφή (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,05045, df = 52,000					
Cell No.	Ημέρα	Υφή Mean	1	2	3
6	Ημέρα 6	1,792583	****		
5	Ημέρα 5	1,891792	****		
7	Ημέρα 7	1,962083	****	****	
8	Ημέρα 8	1,988125	****	****	
4	Ημέρα 4	2,143958		****	
3	Ημέρα 3	2,540250			****
2	Ημέρα 2	2,560000			****
1	Ημέρα 1	2,740875			****

Duncan test; variable Υφή (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,05045, df = 52,000				
Cell No.	Μεμβράνη	Υφή Mean	1	2
2	ΗPMC	2,089615	****	
1	Χιποζάνη	2,315302		****

Duncan test; variable Υφή (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,05045, df = 52,000				
Cell No.	Πρόσθετο	Υφή Mean	1	2
2	Κυκλοδεξτρίνη	2,065667		****
1	Χωρίς	2,199125	****	****
4	Τριαδικό	2,264271	****	
3	Νανοκρυσταλλική	2,280771	****	

5) Στατιστικά αποτελέσματα για την περιεκτικότητα των δειγμάτων μπανάνας σε βιταμίνη C.

Univariate Tests of Significance for Βιταμίνη C (banana_7_8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,018570	1	0,018570	6242,970	0,000000
Ημέρα	0,000086	7	0,000012	4,115	0,001155
Μεμβράνη	0,000018	1	0,000018	6,109	0,016760
Πρόσθετο	0,000024	3	0,000008	2,697	0,055253
Error	0,000155	52	0,000003		

Duncan test; variable Βιταμίνη C (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 52,000						
Cell No.	Ημέρα	Βιταμίνη C Mean	1	2	3	4
5	Ημέρα 5	0,014884				****
4	Ημέρα 4	0,016227	****			****
6	Ημέρα 6	0,016317	****	****		****
7	Ημέρα 7	0,017029	****	****	****	
8	Ημέρα 8	0,017068	****	****	****	
1	Ημέρα 1	0,017770	****	****	****	
2	Ημέρα 2	0,018217		****	****	
3	Ημέρα 3	0,018761			****	

Duncan test; variable Βιταμίνη C (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 52,000				
Cell No.	Μεμβράνη	Βιταμίνη C Mean	1	2
1	Χιτοζάνη	0,016501	****	
2	ΗPMC	0,017567		****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (banana_7_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 52,000				
Cell No.	Πρόσθετο	Βιταμίνη C Mean	1	2
2	Κυκλοδεξτρίνη	0,016222	****	
3	Νανοκρυσταλλική	0,016680	****	****
1	Χωρίς	0,017476	****	****
4	Τριαδικό	0,017758		****

Γ) Αποτελέσματα για τις 1^η, 2^η, 3^η και 4^η σειρές πειραμάτων, με σκοπό την εξέταση της επίδρασης απλών μεμβρανών και οξειδωτικών στα δείγματα αβοκάντο και μπανάνας.

1) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Βάρος (av_ba_1_4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,017500	1	0,017500	200,6944	0,000000
Ημέρα	0,002559	7	0,000366	4,1928	0,000381
Φρούτο	0,001596	1	0,001596	18,3045	0,000039
Μεμβράνη	0,000075	3	0,000025	0,2859	0,835518
Αντιοξειδωτικό	0,000515	2	0,000257	2,9517	0,056257
Error	0,009940	114	0,000087		

Duncan test; variable Βάρος (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00009, df = 114,00				
Cell No.	Ημέρα	Βάρος Mean	1	2
7	Ημέρα 7	0,012038	****	
5	Ημέρα 5	0,012126	****	
6	Ημέρα 6	0,012861	****	
4	Ημέρα 4	0,015094	****	
8	Ημέρα 8	0,015490	****	
2	Ημέρα 2	0,016096	****	
1	Ημέρα 1	0,017955	****	
3	Ημέρα 3	0,026700		****

Duncan test; variable Βάρος (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00009, df = 114,00				
Cell No.	Φρούτο	Βάρος Mean	1	2
2	Μπανάνα	0,012514	****	
1	Αβοκάντο	0,019576		****

Duncan test; variable Βάρος (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00009, df = 114,00				
Cell No.	Μεμβράνη	Βάρος Mean	1	
3	Τυφλό 2	0,012498	****	
1	Τυφλό 1	0,015178	****	
4	Καζείνη	0,016407	****	
2	Πηκτίνη	0,017155	****	

Duncan test; variable Βάρος (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00009, df = 114,00				
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Βάρος Mean	1	2
1	Χωρίς	0,014083	****	
2	Κερκετίνη	0,016128	****	****
3	Ροσμαρικό	0,019886		****

2) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Υγρασία (av_ba_1_4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	35,91901	1	35,91901	67598,45	0,000000
Ημέρα	0,00620	7	0,00089	1,67	0,123825
Φρούτο	0,00031	1	0,00031	0,58	0,448290
Μεμβράνη	0,01504	3	0,00501	9,44	0,000013
Αντιοξειδωτικό	0,00188	2	0,00094	1,77	0,175669
Error	0,06057	114	0,00053		

Duncan test; variable Υγρασία (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00053, df = 114,00				
Cell No.	Ημέρα	Υγρασία Mean	1	2
7	Ημέρα 7	0,745246	****	
6	Ημέρα 6	0,747093	****	****
8	Ημέρα 8	0,749499	****	****
5	Ημέρα 5	0,751109	****	****
1	Ημέρα 1	0,752509	****	****
4	Ημέρα 4	0,759331	****	****
3	Ημέρα 3	0,762794	****	****
2	Ημέρα 2	0,765266		****

Duncan test; variable Υγρασία (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00053, df = 114,00			
Cell No.	Φρούτο	Υγρασία Mean	1
1	Αβοκάντο	0,752556	****
2	Μπανάνα	0,755656	****

Duncan test; variable Υγρασία (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00053, df = 114,00					
Cell No.	Μεμβράνη	Υγρασία Mean	1	2	3
1	Τυφλό 1	0,718716		****	
3	Τυφλό 2	0,743026			****
2	Πηκτίνη	0,761762	****		
4	Καζεΐνη	0,761939	****		

Duncan test; variable Υγρασία (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00053, df = 114,00				
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Υγρασία Mean	1	2
1	Χωρίς	0,743566		****
3	Ροσμαρινικό	0,762219	****	
2	Κερκετίνη	0,767073	****	

3) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Χρώμα (av_ba_1_4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	283070,1	1	283070,1	7324,845	0,000000
Ημέρα	1123,8	7	160,5	4,154	0,000417
Φρούτο	1106,1	1	1106,1	28,622	0,000000
Μεμβράνη	567,2	3	189,1	4,892	0,003095
Αντιοξειδωτικό	2294,5	2	1147,3	29,687	0,000000
Error	4405,6	114	38,6		

Duncan test; variable Χρώμα (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 38,645, df = 114,00						
Cell No.	Ημέρα	Χρώμα Mean	1	2	3	4
8	Ημέρα 8	61,17431				****
7	Ημέρα 7	63,84386			****	****
6	Ημέρα 6	65,74079	****		****	****
4	Ημέρα 4	66,99559	****	****	****	
3	Ημέρα 3	67,81199	****	****	****	
2	Ημέρα 2	68,96893	****	****		
5	Ημέρα 5	68,98233	****	****		
1	Ημέρα 1	71,06689		****		

Duncan test; variable Χρώμα (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 38,645, df = 114,00				
Cell No.	Φρούτο	Χρώμα Mean	1	2
2	Μπανάνα	63,88348	****	
1	Αβοκάντο	69,76270		****

Duncan test; variable Χρώμα (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 38,645, df = 114,00				
Cell No.	Μεμβράνη	Χρώμα Mean	1	2
4	Καζεϊνή	62,86822	****	
2	Πηκτίνη	65,46777	****	
3	Τυφλό 2	73,47367		****
1	Τυφλό 1	76,10307		****

Duncan test; variable Χρώμα (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 38,645, df = 114,00					
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Χρώμα Mean	1	2	3
3	Ροσμαρινικό	58,13913	****		
2	Κερκετίνη	64,25133		****	
1	Χωρίς	72,45094			****

4) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Υφή (av_ba_1_4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	85,07902	1	85,07902	343,4292	0,000000
Ημέρα	2,51443	7	0,35920	1,4500	0,192381
Φρούτο	21,87231	1	21,87231	88,2895	0,000000
Μεμβράνη	1,26339	3	0,42113	1,6999	0,171013
Αντιοξειδωτικό	2,75358	2	1,37679	5,5575	0,004977
Error	28,24166	114	0,24773		

Duncan test; variable Υφή (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,24773, df = 114,00				
Cell No.	Ημέρα	Υφή Mean	1	2
2	Ημέρα 2	1,019013	****	
7	Ημέρα 7	1,103604	****	****
8	Ημέρα 8	1,139229	****	****
4	Ημέρα 4	1,188981	****	****
3	Ημέρα 3	1,195919	****	****
1	Ημέρα 1	1,286921	****	****
6	Ημέρα 6	1,360852	****	****
5	Ημέρα 5	1,486229		****

Duncan test; variable Υφή (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,24773, df = 114,00				
Cell No.	Φρούτο	Υφή Mean	1	2
1	Αβοκάντο	0,809220	****	
2	Μπανάνα	1,635967		****

Duncan test; variable Υφή (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,24773, df = 114,00				
Cell No.	Μεμβράνη	Υφή Mean	1	
4	Καζείνη	1,121959	****	
3	Τυφλό 2	1,188760	****	
1	Τυφλό 1	1,272688	****	
2	Πηκτίνη	1,317808	****	

Duncan test; variable Υφή (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,24773, df = 114,00				
Cell No.	Αντιοξειδωτικό	Υφή Mean	1	2
3	Ροσμαρικό	0,982234		****
1	Χωρίς	1,297629	****	
2	Κερκετίνη	1,312882	****	

5) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή της περιεκτικότητας των δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας σε βιταμίνη C.

Univariate Tests of Significance for Βιταμίνη C (av_ba_1_4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,012159	1	0,012159	2824,465	0,000000
Ημέρα	0,000051	7	0,000007	1,687	0,119016
Φρούτο	0,000025	1	0,000025	5,695	0,018662
Μεμβράνη	0,000185	3	0,000062	14,320	0,000000
Αντιοξειδωτικό	0,000014	2	0,000007	1,644	0,197663
Error	0,000491	114	0,000004		

Duncan test; variable Βιταμίνη C (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 114,00				
Cell No.	Ημέρα	Βιταμίνη C Mean	1	2
7	Ημέρα 7	0,012798		****
4	Ημέρα 4	0,013373	****	****
3	Ημέρα 3	0,013503	****	****
2	Ημέρα 2	0,013595	****	****
8	Ημέρα 8	0,013666	****	****
6	Ημέρα 6	0,013998	****	****
1	Ημέρα 1	0,014657	****	
5	Ημέρα 5	0,014833	****	

Duncan test; variable Βιταμίνη C (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 114,00				
Cell No.	Φρούτο	Βιταμίνη C Mean	1	2
1	Αβοκάντο	0,013365	****	
2	Μπανάνα	0,014240		****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 114,00					
Cell No.	Μεμβράνη	Βιταμίνη C Mean	1	2	3
4	Καζείνη	0,012447	****		
3	Τυφλό 2	0,013138	****		
2	Πηκτίνη	0,014654		****	
1	Τυφλό 1	0,015980			****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (av_ba_1_4) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 114,00				
Cell No.	Ανποξειδωτικό	Βιταμίνη C Mean	1	2
3	Ροσμαρινικό	0,013255	****	
2	Κερκετίνη	0,013304	****	
1	Χωρίς	0,014326		****

H) Αποτελέσματα για τις 5^η, 6^η, 7^η και 8^η σειρά πειραμάτων, με σκοπό την εξέταση της επίδρασης απλών μεμβρανών και πρόσθετων υλικών μεμβρανών στα δείγματα αβοκάντο και μπανάνας.

1) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή του βάρους των δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Βάρος (av_ba_5_8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,033979	1	0,033979	2551,044	0,000000
Ημέρα	0,000937	7	0,000134	10,050	0,000000
Φρούτο	0,008361	1	0,008361	627,728	0,000000
Μεμβράνη	0,001046	1	0,001046	78,532	0,000000
Πρόσθετο	0,000305	3	0,000102	7,635	0,000106
Error	0,001532	115	0,000013		

Duncan test; variable Βάρος (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00001, df = 115,00							
Cell No.	Ημέρα	Βάρος Mean	1	2	3	4	5
8	Ημέρα 8	0,011091					****
7	Ημέρα 7	0,014111		****			
6	Ημέρα 6	0,014653		****	****		
5	Ημέρα 5	0,016548	****	****	****		
4	Ημέρα 4	0,017044	****		****		
3	Ημέρα 3	0,017902	****			****	
2	Ημέρα 2	0,019109	****			****	
1	Ημέρα 1	0,019886				****	

Duncan test; variable Βάρος (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00001, df = 115,00				
Cell No.	Φρούτο	Βάρος Mean	1	2
2	Μπανάνα	0,008211	****	
1	Αβοκάντο	0,024375		****

Duncan test; variable Βάρος (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00001, df = 115,00				
Cell No.	Μεμβράνη	Βάρος Mean	1	2
2	ΗPMC	0,013434	****	
1	Χιτοζάνη	0,019152		****

Duncan test; variable Βάρος (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00001, df = 115,00					
Cell No.	Πρόσθετο	Βάρος Mean	1	2	3
4	Τριαδικό	0,014109		****	
2	Κυκλοδεξτρίνη	0,016055	****		
3	Νανοκρυσταλλική	0,016563	****		
1	Χωρίς	0,018446			****

2) Στατιστικά αποτελέσματα για την ποσοστιαία μεταβολή της υγρασίας των δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Υγρασία (av_ba_5_8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	77,52449	1	77,52449	69591,48	0,000000
Ημέρα	0,03115	7	0,00445	4,00	0,000603
Φρούτο	0,12342	1	0,12342	110,79	0,000000
Μεμβράνη	0,00254	1	0,00254	2,28	0,133524
Πρόσθετο	0,00321	3	0,00107	0,96	0,414618
Error	0,12811	115	0,00111		

Duncan test; variable Υγρασία (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00111, df = 115,00					
Cell No.	Ημέρα	Υγρασία Mean	1	2	3
6	Ημέρα 6	0,759633	****		
5	Ημέρα 5	0,762940	****		
8	Ημέρα 8	0,766885	****		
4	Ημέρα 4	0,771164	****	****	
3	Ημέρα 3	0,781135	****	****	
2	Ημέρα 2	0,781440	****	****	
1	Ημέρα 1	0,794321		****	****
7	Ημέρα 7	0,808416			****

Duncan test; variable Υγρασία (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00111, df = 115,00				
Cell No.	Φρούτο	Υγρασία Mean	1	2
2	Μπανάνα	0,747190	****	
1	Αβοκάντο	0,809293		****

Duncan test; variable Υγρασία (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00111, df = 115,00			
Cell No.	Μεμβράνη	Υγρασία Mean	1
1	Χιποζάνη	0,773784	****
2	ΗΡΜC	0,782699	****

Duncan test; variable Υγρασία (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00111, df = 115,00			
Cell No.	Πρόσθετο	Υγρασία Mean	1
2	Κυκλοδεξτρίνη	0,773753	****
4	Τριαδικό	0,774990	****
1	Χωρίς	0,777668	****
3	Νανοκρυσταλλική	0,786556	****

3) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή του αντικειμενικού χρώματος των δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Χρώμα (av_ba_5_8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	494895,7	1	494895,7	14789,60	0,000000
Ημέρα	3078,1	7	439,7	13,14	0,000000
Φρούτο	0,1	1	0,1	0,00	0,966516
Μεμβράνη	17,8	1	17,8	0,53	0,467677
Πρόσθετο	214,9	3	71,6	2,14	0,098931
Error	3848,2	115	33,5		

Duncan test; variable Χρώμα (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 33,462, df = 115,00						
Cell No.	Ημέρα	Χρώμα Mean	1	2	3	4
8	Ημέρα 8	53,91278				****
7	Ημέρα 7	55,20938				****
5	Ημέρα 5	60,91128		****		
4	Ημέρα 4	62,20262		****	****	
6	Ημέρα 6	64,67932	****	****	****	
3	Ημέρα 3	65,60297	****		****	
1	Ημέρα 1	67,25765	****			
2	Ημέρα 2	67,66531	****			

Duncan test; variable Χρώμα (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 33,462, df = 115,00			
Cell No.	Φρούτο	Χρώμα Mean	1
2	Μπανάνα	62,15865	****
1	Αβοκάντο	62,20167	****

Duncan test; variable Χρώμα (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 33,462, df = 115,00			
Cell No.	Μεμβράνη	Χρώμα Mean	1
2	ΗPMC	61,80759	****
1	Χιτοζάνη	62,55274	****

Duncan test; variable Χρώμα (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 33,462, df = 115,00				
Cell No.	Πρόσθετο	Χρώμα Mean	1	2
3	Νανοκρυσταλλική	61,06485	****	
4	Τριαδικό	61,31716	****	
1	Χωρίς	61,99251	****	****
2	Κυκλοδεξτρίνη	64,34614		****

4) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας.

Univariate Tests of Significance for Υφή (av_ba_5_8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	205,9249	1	205,9249	4122,608	0,000000
Ημέρα	6,7461	7	0,9637	19,294	0,000000
Φρούτο	111,6802	1	111,6802	2235,834	0,000000
Μεμβράνη	0,2273	1	0,2273	4,550	0,035054
Πρόσθετο	0,1757	3	0,0586	1,173	0,323330
Error	5,7443	115	0,0500		

Duncan test; variable Υφή (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04995, df = 115,00						
Cell No.	Ημέρα	Υφή Mean	1	2	3	4
6	Ημέρα 6	1,013000	****			
5	Ημέρα 5	1,067938	****	****		
7	Ημέρα 7	1,091562	****	****		
8	Ημέρα 8	1,098563	****	****		
4	Ημέρα 4	1,235188		****		
3	Ημέρα 3	1,451188			****	
2	Ημέρα 2	1,529563			****	****
1	Ημέρα 1	1,660042				****

Duncan test; variable Υφή (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04995, df = 115,00				
Cell No.	Φρούτο	Υφή Mean	1	2
1	Αβοκάντο	0,334302	****	
2	Μπανάνα	2,202458		****

Duncan test; variable Υφή (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04995, df = 115,00				
Cell No.	Μεμβράνη	Υφή Mean	1	2
2	ΗPMC	1,226245	****	
1	Χιτοζάνη	1,310516		****

Duncan test; variable Υφή (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04995, df = 115,00				
Cell No.	Πρόσθετο	Υφή Mean	1	
2	Κυκλοδεξτρίνη	1,210156	****	
1	Χωρίς	1,269615	****	
3	Νανοκρυσταλλική	1,281448	****	
4	Τριαδικό	1,312302	****	

5) Στατιστικά αποτελέσματα για τη μεταβολή της περιεκτικότητας των δειγμάτων αβοκάντο και μπανάνας σε βιταμίνη C.

Univariate Tests of Significance for Βιταμίνη C (av_ba_5_8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,057966	1	0,057966	15715,01	0,000000
Ημέρα	0,000081	7	0,000012	3,15	0,004377
Φρούτο	0,002308	1	0,002308	625,75	0,000000
Μεμβράνη	0,000175	1	0,000175	47,43	0,000000
Πρόσθετο	0,000055	3	0,000018	5,01	0,002657
Error	0,000424	115	0,000004		

Duncan test; variable Βιταμίνη C (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 115,00					
Cell No.	Ημέρα	Βιταμίνη C Mean	1	2	3
8	Ημέρα 8	0,020321	****		
6	Ημέρα 6	0,020477	****	****	
7	Ημέρα 7	0,020801	****	****	
5	Ημέρα 5	0,020840	****	****	
4	Ημέρα 4	0,021026	****	****	****
2	Ημέρα 2	0,021937		****	****
3	Ημέρα 3	0,022380			****
1	Ημέρα 1	0,022461			****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 115,00				
Cell No.	Φρούτο	Βιταμίνη C Mean	1	2
2	Μπανάνα	0,017034	****	
1	Αβοκάντο	0,025527		****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 115,00				
Cell No.	Μεμβράνη	Βιταμίνη C Mean	1	2
1	Χιτοζάνη	0,020111	****	
2	ΗΡΜC	0,022450		****

Duncan test; variable Βιταμίνη C (av_ba_5_8) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 115,00				
Cell No.	Πρόσθετο	Βιταμίνη C Mean	1	2
2	Κυκλοδεξτρίνη	0,020249		****
3	Νανοκρυσταλλική	0,021271	****	
4	Τριαδικό	0,021549	****	
1	Χωρίς	0,022053	****	